

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO «VERMELHÃO» DO ALGODOEIRO (*Gossipium herbaceum*)

2.º CONGRESSO PANAMERICANO DE AGRONOMIA
E. S. A. "LUIZ DE QUEIROZ", U. S. P.
Piracicaba, Março-abril de 1954

T. COURY, E. MALAVOLTA, G. RANZANI e
M. O. C. DO BRASIL SOBRINHO

Seção Técnica de Química Agrícola,
E. S. A. "Luiz de Queiroz", U. S. P.
Piracicaba, S. Paulo, Brasil

DEDICATÓRIA — Este trabalho é dedicado à
memória do Prof. R. AVERNA-SACCÁ

ÍNDICE

1 — Introdução	42
2 — Material e Métodos	46
3 — Resultados	53
4 — Discussão	57
5 — Resumo e Conclusões	62
6 — Summary	64
7 — Literatura Citada	65

1 — INTRODUÇÃO

1.1. O Potássio e as plantas.

Ainda que, de vez em quando, se atribua ao potássio importantes papéis no metabolismo vegetal, o mecanismo da sua função em processos biológicos não foi até agora elucidado (MULDER, 1950, p. 10). O potássio permanece como um elemento intrigante para o fisiologista vegetal. COOIL (148) em experimentos com guayule verificou um teor mais alto de ácido cítrico em plantas alimentadas com grandes quantidades de potássio do que naquelas com menos potássio. Uma relação direta foi encontrada entre potássio fornecido e ácido málico na planta. COOIL e SLATTERY (1948) notaram um teor maior de carboidratos, particularmente açúcares redutores como também de compostos nitrogenados (nitrogênio amínico e amídico) nas folhas de guayule deficiente em potássio. Resultados semelhantes foram obtidos por MULDER (1949) em pastagens.

Provas obtidas por STOUT et al. (1947) em estudos com isótopos radiativos serviram de ponto de partida para os trabalhos de OLSEN (1948 a, b) o qual verificou que, ao contrário de idéias aceitas por muito tempo, até 30% do potássio total das folhas está presente em forma combinada — e não como o íon — como um composto de adsorção provavelmente com proteínas. Recentemente HEWITT (1951, p. 25) expressou a opinião de que "potassium, and to some extent calcium in complementary fashion, maintain cell organisation, hidration and permeability and hence directly or indirectly influence many enzyme systems, e. g., the condensation or hydrolysis systems inferred by COOIL and SLATTERY (1948)". Hewitt se refere à descoberta de COOIL e SLATTERY de que a relação nitrogênio orgânico solúvel-nitrogênio proteico é mais elevada em plantas deficientes em K, de acordo, aliás, com uma antiga sugestão de que o potássio tem papel na formação de proteínas a partir de compostos solúveis.

Um importante efeito do potássio é a sua capacidade para garantir formação normal de clorofila quando o ferro é limitante (WALLACE and HEWITT, 1946; JONES and HEWITT, (1950). Aparentemente a utilização de quantidades limitadas de Fe é mais eficiente quando a proporção de potássio é adequada. Um efeito recíproco, em que altos níveis de ferro causam retenção temporária do potássio nas folhas mais velhas impedindo a translocação normal para as partes jovens, em condições de deficiência já foi relatado (JONES and HEWITT,

1950). A possível relação entre esse feito e a natureza do K adsorvido apresenta interesse.

O metabolismo dos carboidratos é perturbado quando o fornecimento de K é inadequado. Há evidência de que a fotossíntese é reduzida e que a respiração aumenta quando há severa deficiência de potássio. Os efeitos de baixos níveis de K são aparentes primeiro no metabolismo desorganizado do nitrogênio, o que, por causa da impossibilidade da síntese de proteínas leva a um acréscimo inicial na quantidade de carboidratos. Continuando a deficiência de potássio há uma diminuição na quantidade de carboidratos provavelmente devido a uma limitação na fotossíntese e acréscimo na respiração.

O potássio é altamente móvel na planta. A redistribuição interna desse elemento ocorre fácil e mais ou menos continuamente durante o ciclo vital. Os tecidos em crescimento mais ativo, aparentemente têm a maior capacidade para acumulação de K em contraste com as células menos ativas fisiologicamente (ARNON and HOAGLAND, 1943). O potássio é usualmente o cátionio monovalente mais abundante nas células vegetais. Ainda que não possa ser substituído inteiramente por nenhum outro elemento, os sintomas de deficiência aparecem mais cedo e são mais severos em cevada na ausência de sódio, do que quando esses cátionics estão presentes na solução nutritiva (MULLISON and MULLISON, 1942). É provável, portanto, que durante os primeiros estágios de crescimento, o potássio pode ser substituído parcialmente por sódio, pelo menos em algumas espécies de plantas. Como respeito a esse problema, LEHR (1949-50) estudou o efeito do NaNO_3 comparado com $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ no crescimento e absorção de cátionics em espinafre cultivado em solo e em misturas artificiais de solo com 3 níveis de potássio. Colheitas muito maiores foram obtidas com as plantas tratadas com sódio, especialmente quando o nível de potássio era baixo, de modo que Lehr concluiu que o sódio pode substituir o potássio em grande extensão.

1.2. O magnésio e as plantas.

O magnésio é um dos elementos essenciais para o crescimento das plantas. Entretanto as suas funções específicas e os mecanismos pelos quais tais funções são desempenhadas ainda não estão totalmente estabelecidas.

O Mg representa 2,7 por cento da molécula de clorofila da qual é um constituinte indispensável (WILLSTATTER und STOLL, 1913). Por essa razão o sintoma característico da carência de Mg é inicialmente uma clorose internerval que começa

nas bordas e gradualmente caminha para o centro à medida que se acentua a deficiência (ZIMMERMAN, 1947). RABINOWITCH (1945) observa que a falta de magnésio afeta desfavoravelmente a formação de clorofila e, de modo indireto, a fotossíntese. MAMELI (1912) estudando o efeito do Mg no desenvolvimento da clorofila em algas, milho, girasol e trigo notou que a quantidade de matéria verde extraída estava em direta proporção com o teor de Mg na solução nutritiva. Como apenas uma pequena porção do Mg foliar está na clorofila (JAVILLIER et GOUDSHAUX, 1940), foi sugerida a seguinte explicação: para impedir o desdobramento da clorofila, a quantidade total de Mg na folha deve ser várias vezes maior do que a presente na clorofila.

Atuando como um vetor para o aníonio fosfato, atribue-se ao Mg um papel na formação de fosfolipídeos e na síntese das nucleo-proteínas (LOW, 1903). Como apóio dessa teoria cita-se que o Mg é abundante nos jovens tecidos meristemáticos, na semente e no fruto. TRUOG et al. (1947) verificaram em ervilha que houve um consistente aumento no P das sementes como resultado da aplicação de doses crescentes de Mg; ainda mais, a ação das doses extras de Mg foi muito mais acentuada do que aquela de quantidades adicionais do próprio P.

Uma ilustração de que o Mg se concentra nas sementes bem como da sua translocação é dada por CIFERRI (sem data) mencionando que o feijoeiro é capaz de executar todo o seu ciclo de vida graças à reserva magnésiana da semente. Com respeito à formação de óleos e proteínas: LOW (1903) verificou uma porcentagem unusually elevada de Mg em sementes oleaginosas quando comparadas com amiláceas, a razão sendo de 5:2.

A literatura sobre as relações solo-planta contém muitos exemplos dos efeitos depressivos das altas concentrações de Ca e K, particularmente do último, na absorção do Mg pelo vegetal. Assim WALSH e CLARKE (1945) notaram que a relação K:Mg no solo determinava o grau de absorção do último pelo tomateiro. Se a relação fosse suficientemente alta, havia o aparecimento de clorose mesmo quando o meio nutritivo tenha uma quantidade elevada de Mg assimilável. WALSH e O'DONOHUE (1945) verificaram que quando batata, fumo, beterraba, etc., mostravam sintomas de carência de Mg havia uma quantidade anormalmente alta de K trocável no solo. De acordo com BARNES (1943), batatas cultivadas em solo ácido tiraram muito pouco benefício da aplicação de K, a menos que o fornecimento de Mg fosse adequado (o grifo é nosso).

Uma importante função genérica do Mg nas plantas é a ativação de enzimas contendo grupos sulfidrilo (SH—) especialmente daquelas implicadas no metabolismo do fósforo e, através deste, na respiração (DIXON, 1949).

Antes de terminar : a primeira observação de sintomas de carência de Mg em condições de campo registrada na literatura foi feita pelo falecido AVERNA-SACCA (1912) quando professor de Botânica na "Luiz de Queiroz".

1.3. O problema.

Durante os anos agrícolas de 1948, 1949 e 1951 ocorreu nas culturas de algodoeiro de várias regiões do estado de S. Paulo um avermelhamento (vermelho púrpura) das folhas muito acentuado. A incidência teve lugar principalmente em solos de baixa fertilidade ou não adubados convenientemente, aparecendo por ocasião da abertura das maçãs; as folhas de situação inferior eram atingidas em primeiro lugar e caíam prematuramente; além disso muitas das maçãs não se abriam e caíam. Houve, como consequência, um decréscimo de produção nas zonas afetadas.

As opiniões dos técnicos tentando explicar a anomalia eram as mais diversas possíveis; para alguns, como SAUER (1950) o avermelhamento das folhas do algodoeiro seria uma consequência do ataque do pulgão; usando-se inseticidas no combate a essa praga, houve menor ocorrência da doença que não chegou a afetar sensivelmente a produção; a explicação proposta foi textualmente, a seguinte : "As lesões causadas pelos insetos nas folhas impedem de maneira parcial a transferência (translocação) dos produtos da assimilação para os caules e as raízes. E' o que sucede principalmente com os açúcares, que se acumulam nas folhas, particularmente nas partes superiores, e não descem para a parte inferior da planta. Como resultado as folhas se avermelham e prejudicam o desenvolvimento do algodoeiro, podendo afetar parcial ou totalmente a produtividade". Para ABRAHÃO et al. (1952) a causa primária da doença seria uma falta de potássio assimilável no solo na ocasião de formação e maturação das maçãs; a "fome de potássio" provocaria então um desequilíbrio fisiológico entre a folhagem e a frutificação; esse autores verificaram ainda haver uma diferença na sensibilidade de diferentes variedades ao "vermelhão"; assim a variedade "Campinas" é mais sujeita que a "Express" em virtude de a folhagem ser muito pouco desenvolvida em relação ao número de maçãs. A opinião de que o potássio era o agente causal foi aceita também por BEMELMANS (1952) e HACKEMANN (1952).

Os membros da Secção Técnica "Química Agrícola" da E. S. A. "Luiz de Queiroz" tiveram oportunidade de percorrer várias culturas, em solos distintos, as quais mostraram o "vermelhão". Material e amostras de terra foram colhidas, trazidas para o laboratório e analisadas. Comparando os sintomas mostrados pelas plantas com a literatura à disposição foi constatada uma grande semelhança entre o "vermelhão e os sinais de carência de magnésio. Assim MC MURTREY (1948), por ex., dá literalmente a seguinte descrição : as folhas mais velhas primeiramente mostram uma clorose atenuada entre as veias, seguida pelo aparecimento duma coloração vermelho púrpura ficando as veias verdes; há queda prematura das folhas. Tal sintomatologia é bastante diferente daquela dada para o potássio por ECKSTEIN, BRUNO e TURRENTINE (1937) : à medida que a carência progride, aumenta a incidência da ferrugem (cotton rust); esta tem uma cor pardacenta fácil de distinguir do vermelho-púrpura que ocorre quando há falta de Mg. Deve-se mencionar ainda a coloração vermelho-alaranjada que sempre aparece nas fôlhas do algodoeiro no fim do ciclo. Segundo COOPER et al. (1934) a ferrugem do algodoeiro é devida largamente à deficiência de potássio, sendo muito mais grave em anos de seca.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

2.1. *Ensaio em vasos.*

2.1.1. *Ensaio com terra da região afetada.*

2.1.1.A. *Terra sem variação no fator água.*

Foi coletada terra na Faz. Sta. Gertrudes, município de Araras, onde a ocorrência do "vermelhão" fôra muito acentuada. A análise feita pelos métodos da Secção de Agrogeologia do Instituto Agronômico do Estado de S. Paulo (Campinas) (PAIVA NETTO et al., 1950) revelou o seguinte :

C %	— 1,38
N %	— 0,118
PO ₄ --- m. e. / 100 g	— 0,46
K+ m. e. / 100 g	— 0,46
Ca++ m. e. / 100 g	— 7,63
Mg++ m. e. / 100 g	— 1,47
S (soma das bases)	— 9,56

As amostras de terra, uniformizadas e peneiradas (peneira de 2 mm) foram postas em vasos de Mitscherlich cada um dos quais recebeu 10 Kg. Os tratamentos foram os seguintes :

QUADRO 1

Tratamento	Vasos	Adubação
1	1, 2, 3, 4	Testemunha
2	5, 6, 7, 8	N—P—Ca sem K e Mg
3	9, 10, 11, 12	N—P—K—Ca sem Mg
4	13, 14, 15, 16	N—P—Ca—Mg sem K
5	17, 18, 19, 20	N—P—K—Ca—Mg completa

Os adubos foram empregados nas seguintes proporções :

Salitre do Chile	— 10 g por vaso
Superfosfato simples	— 40 g por vaso
Calcário	— 10 g por vaso
KCl	— 10 g por vaso
MgSO ₄	— 5 g por vaso

Cada vaso recebeu 8 sementes da variedade "Express" (18-10-49); no desbaste (18-11-49) deixaram-se 2 pés por vaso. A irrigação foi feita do modo preconizado por MITSCHERLICH (1930).

No decorrer do ensaio foram feitas várias pulverizações contra o pulgão.

As seguintes medições foram feitas: altura das plantas, contagem dos capulhos e produção (fibras).

2.1.1.B. Terra com variação no fator água.

O presente ensaio foi conduzido com terra igual à usada em 2.1.1.A. Empregou-se vasos de barro vidrado e esmaltado com um coletor do mesmo material. Cada vaso recebeu 10 quilos de terra; igualou-se o peso dos vasos graças a pedaços de telha e areia lavada. O poder de embebição da terra foi 37,8%. Os tratamentos foram os do Quadro 2 :

A umidade foi mantida constante mediante reposição diária da água evaporada ou transpirada pelas plantas; para isso foram colocados quatro tubos de vidro que se abriam a alturas variáveis do cone de terra do vaso; assim se conseguia uma distribuição mais ou menos uniforme da água evitando — principalmente nos casos em que a água era pouca — que só se umidessem as camadas superiores.

QUADRO 2

Tratamento	Vasos	Adubação	Água em % poder de embebição
1	1, 2, 3	Testemunha	25
2	4, 5, 6	Testemunha	50
3	7, 8, 9	Testemunha	75
4	10, 11, 12	N—P—Ca	75
5	13, 14, 15	N—P—Ca	50
6	16, 17, 18	N—P—Ca	75
7	19, 20, 21	N—P—K—Ca	25
8	22, 23, 24	N—P—K—Ca	50
9	25, 26, 27	N—P—K—Ca	75
10	28, 29, 30	N—P—Ca—Mg	25
11	31, 32, 33	N—P—Ca—Mg	50
12	34, 35, 36	N—P—Ca—Mg	75
13	37, 38, 39	N—P—K—Ca—Mg	25
14	40, 41, 42	N—P—K—Ca—Mg	50
15	43, 44, 45	N—P—K—Ca—Mg	75

Todos os ensaios em vasos foram conduzidos em casa de vegetação.

2.1.2. Ensaio em areia lavada.

Vasos de barro esmaltado e vidrado foram cheios com 8 quilos de areia lavada de acôrdo com PFEIFFER (1918). Sob cada vaso havia o coletor do mesmo material. Dez tratamentos com quatro repetições foram usados neste ensaio como se segue:

QUADRO 3

Vasos	Tratamento
1, 2, 3, 4	Solução nutritiva completa
5, 6, 7, 8	Solução nutritiva sem potássio
9, 10, 11, 12	Solução nutritiva sem magnésio
13, 14, 15, 16	Solução nutritiva sem potássio e magnésio
17, 18, 19, 20	Solução nutritiva com pouco potássio
21, 22, 23, 24	Solução nutritiva com pouco magnésio
25, 26, 27, 28	Solução nutr. com pouco potássio e magnésio
29, 30, 31, 32	Sem potássio 60 dias após germinação
33, 34, 35, 36	Sem magnésio 60 dias após germinação
37, 38, 39, 40	Sem potássio e magnésio 60 dias após germinação

As soluções nutritivas eram renovadas semanalmente depois de lavagem da areia com água destilada. Usou-se sempre as soluções indicadas por HOAGLAND e ARNON (1950). No

caso das soluções com pouco K ou Mg ou ambos, a dose desses elementos empregada foi um vigésimo da habitual. No caso dos três últimos tratamentos (vasos 29 a 40) as plantas foram cultivadas durante 60 dias em caixas de areia com solução completa e depois transferidas para os vasos. Cada vaso recebia 1 litro de solução. A seguir vêm as diversas soluções empregadas no ensaio :

Sais	Solução completa	cc. por litro de solução
KH ₂ PO ₄ M		1
KNO ₃ M		5
Ca (NO ₃) ₂ M		5
MgSO ₄ M		2
	Solução sem K	
Ca (NO ₃) ₂ M		5
MgSO ₄ M		2
Ca (H ₂ PO ₄) ₂ 0,05 M		10
	Solução sem Mg	
Ca (NO ₃) ₂ M		4
KNO ₃ M		6
KH ₂ PO ₄ M		1
K ₂ SO ₄ 0,5 M		3
	Solução sem K e Mg	
Na ₂ HPO ₄		1
Ca (NO ₃) ₂ 1,5 M		6
Na ₂ SO ₄ M		2
	Solução com pouco K	
KCl 0,05 M		7
Na ₂ HPO ₄ M		1
Ca (NO ₃) ₂ 1,5 M		6
MgSO ₄ M		2
	Solução com pouco Mg	
KH ₂ PO ₄ M		1
KNO ₃ M		6
Ca (NO ₃) ₂ M		4
MgSO ₄ 0,05 M		2
	Solução com pouco K e Mg	
KCl 0,05 M		7
Na ₂ HPO ₄ M		1
Ca (NO ₃) ₂ 1,5 M		6
MgSO ₄ 0,05 M		2

Além disso, em todos os vasos foram adicionados ferro (1 cc por litro de solu. nutr. numa solução de citrato a 0,5%) e micronutrientes do modo seguinte :

Druga	Gramas em 1 litro de água
H3BO3	2,86
MnCl2	1,81
ZnSO4	0,22
CuSO4	0,08
H2MoO4	0,02

A solução de micronutrientes também foi adicionada na proporção de 1 cc por litro de solução nutritiva.

2.2. Ensaio de campo.

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% tecr trocável em e. mg	} PO4 --- K + Ca ++ Mg ++ valor S	5,00
			0,820
			0,059
			0,140
			0,240
			0,200
			0,48

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 — 7177 — 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 (forma pouco solúvel) — completa

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 4)

QUADRO 4

Adubos	% elem. fert.	Dose p/ ha. Kg.	Dose por canteiro g.	Dose por 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	1.596	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 5.

QUADRO 5

Esquema experimental

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

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 sementeira foi feita na proporção de 8-10 sementes por cova. Entre os diversos canteiros foi guardada uma linha de proteção ou bordadura.

2.3. Análises químicas.

2.3.1. *Amostragem.* A. O material de uma das culturas visitadas no Município de Piracicaba foi colhido em diversos pontos, uniformizado e tiradas amostras médias representativas; as folhas foram classificadas de acôrdo com o gráu de incidência da moléstia em : verdes, pintadas, verde-avermelhadas e vermelhas; além disso separou-se os limbos dos pecíolos analisando-se isoladamente.

B. No caso do ensaio 2.1.1.B. tirou-se folhas de cada vaso em tôda a altura das plantas.

C. Do ensaio de campo (2.2.) colheu-se folhas dos canteiros que não haviam recebido K, nos quais os sintomas de "cotton rust" e não de "vermelhão" eram bem típicos; colheu-se também, para comparação, material dos canteiros tratados com K. Aquí também, foi feita a separação entre limbos e pecíolos.

2.3.2. *Preparo das amostras.* A secagem foi feita em estufa a 80°C; depois as amostras foram trituradas em moinho de facas até passar por peneira de 0,5 mm, colocadas em vidros de rolha esmerilhada e guardadas para análise.

2.3.3. *Incineração.* Feita em forno elétrico a 550°C.

2.3.4. *Métodos analíticos.* O material citado em 2.3.1.A. foi analisado segundo os métodos dados a seguir (2.3.4.A. e 2.3.4.B.) enquanto as amostras dos ensaios 2.1.1.B e 2.2. foram analisadas de acôrdo com 2.3.4.C. e 2.3.4.D.

A. *Potássio.* Determinado gravimètricamente como perclorato no extrato clorídrico das cinzas (A.O.A.C., 1948)

B. *Magnésio.* Determinado gravimètricamente como pirofosfato no extrato clorídrico das cinzas (WRIGHT, 1938).

C. *Potássio.* Determinado volumètricamente como cobaltinitrito por uma ligeira modificação à técnica de JOHNSON e EPSTEIN (1949).

D. *Magnésio.* Determinado colorimètricamente pelo amarelo de tiazol por uma modificação à técnica de DROSDOFF e NEARPASS (1948).

3 — RESULTADOS

3.1. *Ensaio em vasos.*3.1.1. *Ensaio com terra da região afetada.*

3.1.1.A. *Terra sem variação na fator água.* No Quadro 6 são dados os resultados culturais e as medições obtidas no ensaio 2.1.1.A.

QUADRO 6

Tratamento	Altura (cm)	Número de capulhos	Fibras (g)
Testemunha	69,1	7,5	35,0
N - P - Ca	89,0	13,0	55,2
N - P - K - Ca	84,6	14,5	71,2
N - P - Ca - Mg	85,5	16,5	74,5
N - P - K - Ca - Mg	101,2	22,0	100,0

Os dados acima são médias obtidas com 8 plantas (2 plantas por vaso e 4 repetições). No que se refere à análise estatística o teste de t não mostrou diferença significativa entre os tratamentos sem K e Mg.

É importante mencionar que não houve nenhuma ocorrência de "vermelhão" como também não apareceu a ferrugem característica da falta de potássio. Houve, e isso em todos os tratamentos, o aparecimento da cor vermelho-alaranjada que caracteriza o fim do ciclo vegetativo.

3.1.1.B. *Terra com variação no fator água.* Nos vasos em que as plantas foram conservadas com 25% do poder de embebição o algodoeiro se desenvolveu mal; foi acentuada a ocorrência do "vermelhão" nos tratamentos sem adubo, sem Mg e sem K e Mg, havendo queda prematura das folhas inferiores; no tratamento sem K apareceu a coloração ferruginosa já descrita caminhando da periferia para o centro. Com 50% do poder de embebição já o desenvolvimento das plantas foi melhor e os sintomas de carência de K e Mg se repetiram, mas com muito pouca intensidade. Com 75% do poder de embebição não ocorreu nenhum sinal de deficiência.

3.1.1.C. *Ensaio em areia lavada.* No presente ensaio constatou-se concordância perfeita entre os sintomas de "vermelhão" que surgiram nos tratamentos sem e com pouco Mg e o descri-

to na literatura já citada em 1.3. Foram tiradas fotografias coloridas e o material foi desenhado a cores. Por outro lado nos tratamentos sem e com pouco K apareceu a característica "cotton rust", ocorrência que também ficou fixada por fotografias e desenhos coloridos. Deve-se dizer que a incidência tanto do "vermelhão" como da "cotton rust" foi menos acentuada nos tratamentos em que se forneceu, respectivamente, pouco Mg ou pouco K.

3.2 Ensaio de campo

QUADRO 7

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	3,905	16,250
4	4,005	4,090	3,980	4,110	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	2,360	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 8, 9 e 10. 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 conseguidas em ausência de potássio foram menores do que aquelas obtidas sem adicionar magnésio; em vista do resultado enunciado em primeiro lugar é lícito dizer que, uma vez garantido o nível necessário de potássio só é possível au-

mentar 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 11. 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 8
Análise estatística da variedade Texas

Origem da variação	Graus 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 9
Análise estatística da variedade Express

Origem da variação	Graus de liberdade	Somas dos quadrados	Quadrados médios	F	Significância
Blocos	3	0,139	0,0463	2,85	$> 5\%$ e $< 10\%$
Tratamen.	3	1,727	0,5756	35,5	< 1%
Erro (por diferença)	9	0,146	0,0162		
Total	15	2,012			

QUADRO 10
Análise estatística da variedade I. A.
817 (Campinas)

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

QUADRO 11
Ocorrência do "vermelhão"

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

3.3. Análises químicas.

3.3.1. *Material colhido nas culturas visitadas.* Os resultados se acham no Quadro 12 :

QUADRO 12

Limbos	Mg 0%		K 2 0%	
	Cinzas	Mat. verde	Cinzas	Mat. verde
Verde	22,4	2,5	17,8	2,0
Pintado	18,4	1,9	17,0	1,8
verde-vermelho	17,3	1,7	13,7	1,1
Vermelho	16,4	1,3	11,1	1,0
Pecíolo				
Verde	20,7	2,2	27,5	2,9
Pintado	17,0	1,6	27,3	2,5
verde-vermelho	16,3	1,4	22,6	2,1
Vermelho	14,6	1,2	19,3	1,6

3.3.2. *Material colhido no ensaio de vasos (terra) com variação no fator água.* Os resultados aparecem no Quadro 13.

QUADRO 13
K₂O e MgO nas cinzas das folhas (limbo + pecíolo)

Tratamento	K ₂ O %	MgO %
Testemunha + 25% p. embeb.	15,5	8,0
Testemunha + 50% p. embeb.	13,6	10,4
Testemunha + 75% p. embeb.	13,4	11,6
N - P - Ca + 25% p. embeb.	4,1	10,2
N - P - Ca + 50% p. embeb.	4,5	12,6
N - P - Ca + 75% p. embeb.	4,2	12,6
N - P - K - Ca + 25% p. embeb.	13,4	10,3
N - P - K - Ca + 50% p. embeb.	13,6	10,0
N - P - K - Ca + 75% p. embeb.	15,1	9,5
N - P - Ca - Mg + 25% p. embeb.	3,8	10,9
N - P - Ca - Mg + 50% p. embeb.	3,3	10,1
N - P - Ca - Mg + 75% p. embeb.	3,2	8,7
N - P - K - Ca - Mg + 25% p. embeb.	14,3	10,4
N - P - K - Ca - Mg + 50% p. embeb.	14,8	9,4
N - P - K - Ca - Mg + 75% p. embeb.	13,4	10,0

Para obter os dados acima, o material de cada vaso foi analisado separadamente; a seguir tirou-se a média das três repetições.

3.3.3. *Material colhido no ensaio de campo.* Os dados se encontram no Quadro 14.

QUADRO 14
Parte da planta

Material	Limbo		Pecíolo	
	K ₂ O %	MgO %	K ₂ O %	MgO %
Texas-verde	1,14	2,14	1,43	3,12
Texas-carência de K	0,66	2,26	0,44	2,41
Express-verde	1,13	1,78	1,94	3,16
Express-carência de K	0,51	2,73	0,67	2,89
I. A. 817 - verde	1,00	1,69	1,93	3,46
I. A. 817 - carência de K	0,63	1,74	0,64	3,64

4 — DISCUSSÃO

4.1. Ensaio em vasos.

4.1.1. Ensaio com terra da região afetada.

4.1.1.A. *Terra sem variação no fator água.* Os resultados que constam do Quadro 6 (em 3.1.1.A.) mostram que as diferenças entre os tratamentos sem K e sem Mg no que se refere à altura

das plantas, número de capulhos e peso de fibras são desprezíveis. Por outro lado verifica-se que os tratamentos citados se afastam bastante da adubação completa. Segue-se daí que, provavelmente, K e Mg se achavam limitantes nas condições do ensaio. Os dados que temos não nos permitem, entretanto, esclarecer qual desses dois catiônios estava no mínimo. O que é importante para o presente trabalho é o fato de que, mesmo não se fornecendo K e Mg na adubação os sintomas de ferrugem e "vermelhão" não apareceram. Vê-se logo que o simples fornecimento duma quantidade adequada de água foi bastante para evitar a manifestação dos sintomas de carência. Este ponto ficou mais claro em face dos resultados do ensaio com terra em que se fez variar o fator água. E' necessário salientar que a água por si só foi capaz de mobilizar uma quantidade de K e Mg tal que, embora o crescimento e a produção permanecessem limitados, a sintomatologia típica não chegou a aparecer.

4.1.1.B. *Terra com variação no fator água.* Os resultados do presente experimento, como se viu em 3.1.1.B., provaram amplamente a hipótese levantada em 4.1.1.A. Trouxeram ainda um apoio, si bem que parcial a ABRAHÃO et al. (1952) (ver 1.3.); dizemos parcial uma vez que a verdadeira causa do "vermelhão" é a diminuição severa na assimilação do Mg e não do K como pretendiam aqueles autores. Com níveis baixos de umidade no solo — 25 e mesmo 50% do poder de embebição — a quantidade de K e Mg mobilizadas do complexo coloidal não são suficientes para atender à necessidade do algodoeiro. Como se sabe (ver PEECH, 1948) o potássio e também o magnésio (PRINCE et al., 1947) ocorrem nos solos de maneira a manter as seguintes relações de equilíbrio :

K não trocável $\xrightarrow{\quad}$ K trocável $\xrightarrow{\quad}$ K na solução do solo
 Mg não trocável $\xrightarrow{\quad}$ Mg trocável $\xrightarrow{\quad}$ Mg na solução do solo;

de acôrdo com os trabalhos de JENNY e colaboradores (ver JENNY, 1951) os vegetais superiores seriam capazes de, por dupla troca, se aproveitar dos catiônios adsorvidos ao complexo coloidal desde que as esferas de oscilação destes se confundissem com aquelas dos íons de hidrogênio dos pelos absorventes. No caso do algodoeiro, aparentemente tal não se dá; o efeito da água seria o de deslocar o equilíbrio para a direita de modo a por mais K e mais Mg à disposição da planta. Achamos esta explicação mais aceitável : a possibilidade da passagem do K e do Mg para a forma não trocável nas condições de seca

(VOLK, 1934) no solo em estudo não deve ocorrer uma vez que se trata de solos com caolinita.

Em ligação com os resultados por nós obtidos no que se refere à nítida resposta a Mg, os dados que apresentamos não concordam com a conclusão de PRINCE et al. (1947): para eles desde que o Mg trocável do solo representasse 10 por cento de S (base totais) não haveria necessidade de adubação magnésiana; como se pode ver em 2.1.1.A. no solo estudado o teor de Mg++ corresponde a 15 por cento de S.

4.1.2. *Ensaio em areia lavada.* Este ensaio foi conduzido com a finalidade precípua de verificar si a omissão do Mg da solução nutritiva provocaria os sintomas do "vermelhão". Por outro lado pretendíamos verificar de perto as diferenças entre os sintomas de carência de potássio — "cotton rust" dos americanos — e os de falta de magnésio. Foi verificado então que na falta ou insuficiência de Mg na solução nutritiva as folhas das plantas correspondentes mostram no início a clorose usual; os sintomas começam a se manifestar nas folhas mais velhas; a clorose se acentua e começam a parecer manchas avermelhadas distribuídas irregularmente na lâmina foliar; depois, aos poucos a cor vermelha se acentua, adquire tons de púrpura e toma conta de todos os espaços internervais; as nervuras, tanto as principais como as suas ramificações permanecem verdes; com o progredir das condições de carência, as folhas secam e dá-se a abscisão, fenômeno mais ou menos simultâneo com a abertura das maçãs.

No caso dos tratamentos sem e com pouco potássio a marcha dos sintomas foi mais ou menos paralela à verificada com o magnésio; isto sugere uma semelhança entre a dinâmica desses dois elementos no algodoeiro. Aqui também os sinais de carência de potássio concordaram muito bem com aqueles da literatura. Apareceu, a princípio, uma coloração ferruginosa na periferia do limbo, a qual, aos poucos tomou conta de todas as folhas; estas nos últimos estágios se tornaram quebradiças, caindo. COWIE (1951) descreve assim os sintomas de carências de K no algodoeiro: "Potassium has been found more useful in dry regions and especially for the prevention of rust. This is a malnutritional symptom commonly called "potash hunger" or "cotton rust". The first symptom on the leaf is a yellowish-white mottling. The leaf assumes a light yellowish green and yellow spots appear between the veins. In these spots the tissue dies with the result that brown specks occur at the tip, around the tip, around the margin and between the veins. The tip and the margin of the leaf break down first and curl downwards. Fi-

nally the whole leaf becomes *reddish brown* in colour, dries up and falls off prematurely". (O grifo é nosso).

Em todos os tratamentos registrou-se, no fim do ciclo de vida das plantas, o aparecimento duma coloração vermelho-alaranjada nas fôlhas; tal coloração, era bem distinta das manifestações de carência citadas.

4.2. *Ensaio de campo.*

De acôrdo com o Quadro 7 e a análise estatística verifica-se que foi benéfica a influência do Mg em todos os casos quer se considere o sulfato ou a dolomita. Entretanto, as colheitas obtidas em ausência de potássio foram um pouco menores do que as obtidas em ausência de magnésio; explicação para isto já foi sugerida em outro lugar (ver 3.2.). A eficiência da forma pouco solúvel de Mg (dolomita) foi comparável à do sulfato; neste ponto os nossos resultados concordam com os de COOPER e WALLACE (1937). Contudo o efeito depressivo na colheita consequente à adição de Mg em ausência de K não ocorreu no nosso ensaio. O fato de que uma forma barata de magnésio, qual seja a dolomita, tenha dado bons resultados, não só na elevação da colheita, como no contrôle do "vermelhão" (ver Quadroll) recomenda a inclusão desse material nas fórmulas usualmente empregadas na adubação do algodoeiro; a dose a empregar estaria ao redor de 500-600 quilos de dolomita por hectare.

O Quadro 11 mostra como ocorreu, nos diversos tratamentos, o "vermelhão"; verifica-se por esse quadro que a moléstia é controlada pela adição do Mg, o potássio não tendo influência alguma no aparecimento dos sintomas; vê-se, também, que das três variedades comparadas, a I. A. 817 é a mais suscetível ao "vermelhão" nas condições do ensaio.

4.3 *Análises químicas.*

4.3.1. *Material de uma cultura visitada.*

Os dados do Quadro 12 mostram que nas condições naturais de cultura no campo (Fazenda "Vai e vem", município de Piracicaba) há uma queda porcentual — nas fôlhas com "vermelhão" em diversas fases — tanto no teor de potássio como no de magnésio. Embora houvesse também queda na quantidade de K, as fôlhas não revelaram os sintomas de carência de K, mas apenas os de Mg. Ainda: a diminuição no teor de K foi sempre igual ou ligeiramente maior que aquela do Mg. Do que ficou escrito deduz-se que: a diminuição notada no conteúdo de Mg representa muito mais para a fisiologia do algodoeiro

que a queda na quantidade de potássio; outra explicação seria : os sintomas da carência de Mg mascararam completamente os da falta de K, o que, aliás, não é fato inédito em fisiologia. Voltaremos a este assunto mais adiante.

O Quadro 12 fornece uma demonstração clara da mobilidade do K e do Mg no algodoeiro. A este respeito, WALLACE (1944) escreve : "The element (Mg) seems to be very mobile within the plant, and when deficient is apparently transferred from older to younger tissues where it can be re-utilised in the growth processes. This agrees with the observation that signs of magnesium deficiency invariably make their appearance first on the oldest leaves and progress systematically from the towards to the youngest ones".

Achamos oportuno discutir agora a opinião de SAUER (1950) citada no segundo parágrafo de 1.3. Em vista dos nossos dados sobre a ocorrência do "vermelhão" e a redistribuição do Mg na planta discordamos daquele autor julgando que o fenômeno de impedimento parcial da translocação dos produtos de assimilação para o caule e para as folhas é uma consequência e não uma causa do "vermelhão". De fato, segundo RAUMER (1883) — cuja opinião foi corroborada posteriormente por muitos outros investigadores — o Mg está implicado na translocação dos carboidratos. Sendo assim, é razoável admitir que os carboidratos concentrados nas folhas como consequência da falta de Mg representassem uma, digamos, atração, para os insetos sugadores.

4.3.1. *Material do ensaio em vasos com terra variando o fator água.*

Examinando o Quadro 13 (ver 3.3.2.) verifica-se que os dados não são suficientes para estabelecer uma correlação satisfatória — num tratamento dado — entre nível de umidade e teor de K ou Mg na planta. Por outro lado as diferenças entre tratamentos, complicam o aspecto não permitindo comparações entre os vários grupos de plantas tomando por base o fator água. Entretanto, algumas consequências são evidentes : a ausência do elemento K na adubação sempre reduziu fortemente o teor do mesmo nas folhas; verifica-se também que no solo em estudo a omissão do potássio na mistura de adubos ocasionou uma queda considerável no teor desse elemento : de 14% em N-P-K-Ca-Mg até 4% em N-P-Ca e 3,5% em N-P-Ca-Mg; por outro lado, a adição de Mg na adubação provou ligeira diminuição no teor de K. A incorporação de Mg embora tivesse — como já vimos — influido bastante na incidência do "vermelhão",

aparentemente não alterou apreciavelmente a quantidade total de Mg na folha. Si houve ou não influência em formas particularmente "ativas" de Mg na planta é especulativo.

4.3.2. — *Material do ensaio de campo.* Os dados do Quadro 14 em que só se analisou plantas com sintomas de carências de K mostram que: houve uma redução drástica no teor desse elemento nas plantas deficientes; os pecíolos mostram melhor do que o limbo foliar o estado da planta no que se refere ao seu estado de potássio. Daremos a seguir resultados de análises feitas com material de plantas cultivadas em solução nutritiva do Eng. Agr. Heli Camargo Mendes, da Secção de Fisiologia Vegetal do Inst. Agr. do E. S. Paulo, Campinas) :

QUADRO 15

Tratamentos	K20% na mat. sêca		
	Fôlhas	Ramos	Brácteas
Plantas normais, que vegetaram em sol. nutr. completa de 30-9 a 3-4-50	4,68	1,46	7.82
Plantas carentes em K, que vegetaram em sol. completa entre 30-9 e 19-11; de 19-11 até 3-4-50 em sol. sem K	0,91	0,25	1.97

Em 4.3.1. levantamos a hipótese de que a carência de Mg ("vermelhão") no caso da cultura visitada tivesse mascarado uma possível deficiência simultânea de K. Agora: a comparação dos dados do Quadro 14 com os do Quadro 15 mostra logo que o material com que trabalhamos era de fato deficiente de K, uma vez que a proporção desse elemento no nosso material desceu e um valor ainda menor do que os obtidos por nosso colega H. C. Mendes. Por outro lado, o Quadro 12 mostra logo que nas fôlhas com "vermelhão" o teor de K permaneceu sempre acima do limite que aparece no Quadro 15. A nosso ver isto afasta a hipótese levantada por nós; conseqüentemente o Quadro 12 indica carência de Mg apenas.

5 — RESUMO E CONCLUSÕES

Durante os anos de 1948, 1949 e 1951 ocorreu nas culturas de algodoeiro do estado de São Paulo uma doença que acarretou considerável queda na produção das regiões afetadas. A anomalia se caracterizava por um avermelhamento típico das fôlhas e daí tirou o nome.

Entre as causas fisiológicas apontadas como responsável estavam: carência de potássio — de onde surgiu uma outra denominação, "fome de potássio" — e carência de magnésio.

Para estudar o problema, a Secção de Química Agrícola conduziu a seguinte série de experimentos:

1. em vasos, com solo (terra roxa) de uma das regiões afetadas;
2. em vasos, com solo e diferentes níveis de umidade;
3. em vasos, com areia lavada, omitindo-se determinados elementos;
4. ensaios de campo, em terra arenosa, com as variedades Texas, Express e I. A. 817; forneceu-se K e Mg, este como sulfato e como dolomita.

Todos os ensaios foram completados com a análise química das folhas das plantas.

Os resultados se resumem assim:

1. no caso do primeiro ensaio, nos vasos não adubados convenientemente, se reproduziram os sintomas verificados nas culturas visitadas; foi possível distinguir três diferentes tipos de avermelhamento: em ausência de K, surgiu uma coloração ferruginosa nos bordos das folhas; em ausência de Mg, houve o aparecimento de uma coloração vermelho púrpura idêntica à encontrada na maioria das culturas examinadas; há ainda que citar a coloração vermelho-laranja peculiar às folhas do algodoeiro no fim do ciclo;

2. no segundo ensaio constatou-se que quando os vasos eram mantidos com 75 ou 100 por cento do poder de embebição não havia o desenvolvimento dos dois primeiros tipos de avermelhamento mesmo quando o solo não recebera adubação alguma; mantendo-se apenas 25 por cento do poder de embebição apareceram os sintomas mencionados;

3. o ensaio em areia lavada confirmou os agentes causais da sintomatologia descrita;

4. no experimento de campo, a variedade I.A. 817 foi a mais afetada pelo "vermelhão"; nos canteiros sem K apareceram sintomas típicos da carência desse elemento; tanto a dolomita como o sulfato de magnésio evitaram perfeitamente o aparecimento do "vermelhão";

5. analisando-se o material colhido no campo e em vasos verificou-se que o pecíolo é a parte da folha que indica melhor o estado da planta com respeito ao K e ao Mg; no material mostrando diversos graus de "vermelhão" a flutuação no nível de Mg é muito maior que a variação do teor de K; o contrário se dá quando há o sintoma de carência de K.

Em vista do que ficou acima pode-se concluir que :

1. o Mg é o agente causal do "vermelhão" do algodoeiro;
2. houve também nas regiões afetadas carência de K mas em grau menos acentuado;
3. as condições climáticas — especialmente a falta de chuvas influenciaram na dinâmica do K e especialmente do Mg reduzindo-lhes drasticamente a assimilação.

6 — SUMMARY

During the years 1948, 1949 and 1951 a disease occurred in the cotton crops of the state of S. Paulo Brazil (S. Am.), which caused a severe drop in yields. The abnormality was characterized by a typical reddish — purple color of the leaves, being by this reason, called "vermelhão", that is, reddening of the cotton plant. The disease was associated with a dry season.

Among the several hypotheses raised to explain the causes of the disease were: insect attack, potassium deficiency — where from the name "potash hunger" was also given —, and magnesium deficiency :

In order to study the problem the Department of Agricultural Chemistry of the College of Agriculture of the University of São Paulo, at Piracicaba, carried out a series of experiments as follows :

1. pot experiments in which soil of one of the affected regions was used ("terra roxa", a red-brownish soil derived from basalt);
2. pot-soil experiments varying the moisture supplied;
3. sand culture experiments omitting certain elements from the nutrient solutions;
4. field plot experiments, conducted on a sandy soil; three different varieties were employed: Texas, Express, and I.A. 817; magnesium was applied either as sulfate or dolomitic limestone.

All the experiments were completed with suitable chemical analyses.

The results can be summarized as follows :

1. in the first trial, the not properly manured pots (minus Mg), symptoms were registered which were similar to the symptoms observed in the field; it was possible to establish some differences among three different types of reddening: due to lack of K in the mixed fertilizers used, the characteristic cotton rust made its appearance, the red color in the leaves of the minus Mg plants was all alike that described in the current literature as a symptom of Mg-deficiency; in all the treatments

occurred a yellow-reddish color in the leaves associated with the latest stages of maturity;

2. in the second experiment it was verified that when the plants in the pots with soil were kept 75 per cent of the water holding capacity, no symptom of deficiency showed up; was true even for the plants not receiving neither K nor Mg; however, plants supplied with only 25 per cent of the water holding capacity showed, respectively, cotton rust in the minus K treatment and the red purplish color in the minus Mg series;

3. the sand culture experiment confirmed lack of Mg as the cause of "vermelhão", being potash deficiency the responsible for cotton rust;

4. in the field experiment, variety I.A. 817 revealed to be the most sensitive to "vermelhão" when Mg was omitted from the fertilizers; symptoms of K deficiency appeared when no K was supplied; both magnesium sulfate and dolomitic limestone proved to be equally effective in the control of "vermelhão";

5. the analyses of material collected both in the field as well in the pots revealed that leaf petiole in the most reliable part to indicate the K and Mg status of the plant; the variation in Mg content suffered by the plants showing different stages of "vermelhão" was, quantitatively, at least as large as that in K content, however when one deals with K deficient plants, that is, plants showing the typical rust, no variation occurred in the Mg content, whereas K in the dry matter dropped from more than 1 per cent to less than half per cent.

Then, the following general conclusions can be drawn :

1. Mg deficiency is the cause of "vermelhão" of cotton crops;

2. K deficiency also occurred, but in a lesser degree;

3. the climate conditions — especially the lack of rain influenced the soil dynamic of K, and especially Mg, bringing a severe reduction in their assimilability;

4. the "vermelhão" disease can be easily controlled upon additions either of magnesium sulfate or dolomitic limestone.

7 — LITERATURA CITADA

- ABRAHÃO, J., A. C. ANDRADE e A. A. BITANCOURT. 1952
O "vermelhão" ou "fome de potássio" do algodoeiro, um desequilíbrio fisiológico entre a folhagem e a frutificação.
2a. Reunião Sulamericana de Fitogeneticistas e Fitoparasitologistas (Piracicaba, Abril). Mimeogr.

- A. O. A. C. 1948 *Em* "Official and tentative methods of analysis", sixth edit. publ. by the Assoc. Offic. Agric. Chem., Washington, D. C.
- ARNON, D. I. and D. R. HOAGLAND. 1943 Composition of the tomato plant as influenced by nutrient supply, in relation to fruiting. *Bot. Gaz.* 104: 576-590.
- AVERNA-SACCA, R. 1912 Chlorosis of orange and other plants on ferruginous soils. *Bol. Agr. (S. Paulo)*, 13, ser. 1912, n. 2: 129-150. (B.L.M.E., vol. 1, p. 1076, 1948).
- BARNES, W. C. 1943 Effect of soil acidity and some minor elements on the growth of Irish potatoes. *S. C. Agr. Expt. Sta. Ann. Retp.*: 127-132.
- BEMELMANS, J. 1952 A fome de potássio. *Bol. Sup. Serv. Tec. Café* 304: 500-504.
- CIFERRI, R. Sem data *Em* "Fisiologia Vegetale", Edizione Agricole — Bologna.
- COOIL, B. J. 1948 Potassium deficiency and excess in guayule. II. Cation-anion balance in the leaves. *Plant Physiol.* 23: 403-424.
- COOIL, B. J. and M. C. SLATTERY. 1948 Effects of potassium deficiency and excess upon certain carbohydrate and nitrogenous constituents in guayule. *Plant Physiol.* 22: 425-442.
- 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. *S. Carolina Agr. Expt. Sta. 50th Ann. Rept.*: 129-130.
- COOPER, H. P., W. B. ROGERS and R. W. WALLACE. 1943 Experiments with potash fertilizer for cotton. *S. Carolina Agr. Expt. Sta. 47th Ann. Rept.*: 16-18.
- COWIE, G. A. 1951 *Em* "Potash", Edward Arnold and Co., London.
- DIXON, M. 1949 *Em* "Multienzyme Systems", Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- DROSDOFF, M. and D. C. NEARPASS. 1948 Quantitative microdetermination of magnesium in plant tissue and soil extracts. *Anal. Chem.* 20: 673-674.
- ECKSTEIN, O., A. BRUNO, J. W. TURRENTINE. 1937 *Em* "Kenzeichen des Kalimangels", Verlagsgesellschaft für Ackerbau, Berlin.
- HACKEMANN, F. 1952 Fome de potássio. *Sind. Ind. Ad. Colas Est. S. Paulo Circ.* 58-52.
- HEWITT, E. J. 1951 The role of the mineral elements in plant nutrition. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 2: 25-52.

- HOAGLAND, D. R. and D. I. ARNON. 1950 The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agr. Expt. Sta. Circ. 347.
- JAVILLIER, M. et S. GOUDSCHAUX. 1940 The magnesium of chlorophyll. Ann. Agron. 10: 9-14.
- JENNY, H. 1951 *Em* "Mineral nutrition of plants", ed. E. Troug, The University of Wisconsin Press.
- JOHNSON, C. M. and E. EPSTEIN. 1949 *Em* "Methods of chemical analysis. Soil Science 113 University of California". Mimeogr.
- JONES, E. W. and E. J. HEWITT. 1950 Cit. em MALAVOLTA, 1953.
- LEHR, J. J. 1949-50 Exploratory pot experiments on sensitivity of different crops to sodium: A. Spinach. Plant and Soil 2: 37-48.
- LOEW, O. 1903 The physiological role of mineral nutrients in plants. U. S. D. A. Bur. Plant Ind. Bul. 45.
- MALAVOLTA, E. 1953 *Em* "Apontamentos de Química Agrícola. II. Química Vegetal", Piracicaba, Mimeogr.
- MAMELI, E. 1912 Sulla influenza del magnesio sopra la formazione della chlorofilla. Inst. Bot. Univ. Pavia (Ser. 2) 15: 151-205.
- MC MURTREY, J. E. 1948 *Em* "Diagnostic techniques for soils and crops", publ. by the American Potash Institute, Washington, D. C.
- MITSCHERLICH, E. A. 1930 *Em* "Die Bestimmung des Düngebedürfnisses des Bodens", 3a. ed., Paul Parey, Berlin.
- MULDER, E. G. 1949 Investigations on the nitrogen nutrition of agricultural crops. I. Experiments with ammonium nitrate limestone on grassland. Verlag. Landbouwk. Onderzoek. N. 55.7: 1-95. (C. A. 44 (3): 5508. 1950).
- MULDER, E. G. 1950 Mineral nutrition of plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 1: 1-24.
- MULLISON, W. R. and E. MULLISON. 1942 Growth responses of barley seedlings in relation to K and Na nutrition. Plant Physiol. 17: 632-644.
- OLSEN, C. 1948-a Absorptively bound potassium in beech leaf cells. Physiol. Plantarum 1: 136-141.
- OLSEN, C. 1948-b The mineral, nitrogen, and sugar contents of beech leaves and beech-leaf sap at various times. Compt. rend. trav. lab. Carlsb. sér. chim. 26: 197-230.

- PAIVA NETTO, J. DE, R. A. CATANI, M. S. QUEIROZ e A KUPPER. 1950 *Em* "Anais da Primeira Reunião Brasileira de Ciência do Solo", publ. pela Scc. Bras. de Ciência do Solo, Rio de Janeiro.
- PEECH, M. 1948 *Em* "Diagnostic techniques for soils and crops", Publ. by the American Potash Institute, Washington, D. C.
- PFEIFFER, T. 1918 *Em* "Der Vegetationversuch", Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin.
- PRINCE, A. L., M. ZIMMERMAN and F. E. BEAR. 1947 The magnesium supplying powers of 20 New Jersey soils. *Soil Sci.* 63: 69-78.
- RABINOWITCH, E. I. 1945 *Em* "Photosynthesis and related processes", vol. 1, Interscience Publ., Inc., New York.
- RAUMER, E. VON. 1883 Kalk und Magnesia in der Pflanze. *Landw. Vers. Sta.* 19: 253-208.
- SAUER, H. 1950 O avermelhamento das fôlhas do algodoeiro seria uma consequência de ataque do pulgão. "Fôlha da Manhã" (S. Paulo) 12 jan. 1950 : 11
- STOUT, P. R., R. OVERSTREET, L. JACOBSON and A ULRICH. 1947 The use of radioactive tracers in plant nutrition studies. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 12: 91-97.
- TRUOG, E., R. J. GOATES, G. C. GERLOFF and K. C. BERGER. 1947 Magnesium-phosphorus relationships in plant nutrition. *Soil Sci.* 63: 19-25.
- VOLK, N. J. 1934 The fixation of potash in difficultly available forms in soils. *Soil Sci.* 37: 267-287.
- WALLACE, T. 1944 *Em* "The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms", His Majesty's Stationery Office, London.
- WALLACE, T. and E. J. HEWITT. 1946 Studies in iron deficiency of crops I. Problems of iron deficiency and the interrelationships of mineral elements in iron nutrition. *The Jour. Pomol. Hort. Sci.* 22: (3-4): 153-161.
- WALSH, T. and E. J. CLARK. 1945 Chlorosis of tomatoes with particular reference to potassium-magnesium relations. *Proc. Roy. Irish Acad.* 50B: 245-263.
- WALSH, T. and T. F. O'DONOHUE. 1945 Magnesium deficiency in some crops plants in relation to the level of potassium nutrition. *Jour. Agr. Sci.* 35: 254-263.
- WILLSTATTER, R. und A. STOLL. 1913 *Em* "Untersuchungen uber chlorophyll. Methoden und Ergebnisse", Berlin.
- ZIMMERMAN, M. 1947 Magnesium in plants. *Soil Sci.* 63: 1-12.