

EFEITOS DAS DEFICIÊNCIAS DE
MACRONUTRIENTES NO
CRESCIMENTO E NA COMPOSIÇÃO

MINERAL DO FUMO
(Nicotiana tabacum L., var. M. A. 1.)

Oscar Eugenio Lopez Gorostiaga
Engenheiro Agrônomo

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de
“Magister Scientiae”

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PIRACICABA

AGOSTO DE 1966

ERRATA

<u>Página</u>	<u>Linha</u>	<u>Onde se lê</u>	<u>Leia-se</u>
1	1	<u>INTRODUÇÃO</u>	1. <u>INTRODUÇÃO</u>
3	31	inproprias	impróprias
5	25	frecuente	frequente
5	26	princiapiava	princiapiavam
6	20	receveram	receberam
6	22	pasar	passar
7	32	FeNa-EDTA 2,5%	FeNa-EDTA 0,5% Fe
8	3	<u>Sais</u>	<u>Componentes</u>
8	28	desceição	descrição
13	1	coloplasto	cloroplasto
13	7	planta esta tem	planta quando esta tem
13	30	não sempre	nem sempre
15	32	Fifura	<u>Figura</u>
23	27	evaliado	avaliado
28	3	desfavorablemente	desfavoravelmente
28	9	ocorrido	contribuído
31	4	analizados	analisados
32	17	analizaram	analisaram
32	34	desse forma	dessa forma
34	3	encotrado	encontrado
34	11	talvês	talvez
34	21	Teor percentua	Teor percentual
35	12, 14	receveram	receberam
37	30	analizando	analisando
38	3	JENNING	JENNINGS
41	37	Os vivers	Os níveis
43	14	cae	cai
43	16	sediciente	deficiente
47	30	químicos	químicas
48	2	êstes	estas
49	15	analizando	analisando
49	34	comúnmente	comumente
57	3	concorda concórda	concorda
58	32	caie	caulo
65	15	o caule e a raiz	a raiz e o caule
69	10	imobil	imóvel
69	32	armacoonamento	armazenamento
76	1	LITERATURA CITADA	7. LITERATURA CITADA

EFEITOS DAS DEFICIÊNCIAS DE MACRONUTRIENTES NO
CRESCIMENTO E NA COMPOSIÇÃO MINERAL DO FUMO
(Nicotiana tabacum L., var. M.A.1)

TESE

apresentada à Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz", para obtenção do título de
"Magister Scientiae"

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PIRACICABA
Agosto de 1966

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,
à minha esposa e
ao meu filho

BIOGRAFIA

OSCAR EUGENIO LOPEZ GOROSTIAGA, nasceu em Concepción, República do Paraguai, a 6 de setembro de 1939. Formou-se Eng. Agrônomo em 1963, pela Faculdade de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Exerce o cargo de Chefe da Divisão de Fruticultura e Horticultura do Ministério de Agricultura e Ganadería do seu país, tendo exercido até 1964 o cargo de Chefe de Trabalhos Práticos na disciplina de Fruticultura da referida Faculdade.

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seu agradecimento às seguintes pessoas e Instituições:

Prof. Dr. Moacyr O.C. do Brasil Sobr^o, pela orientação e colaboração durante o desenvolvimento desta tese.

Prof. Dr. Walter R. Accorsi

Prof. Dr. Eurípedes Malavolta

Dr. Sylvio Arzella

Dr. Henrique P. Haag

Dr. Francisco A.F. de Mello

Eng. Agr^o Sidival Lourenço

Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Ministério de Agricultura e Ganaderia do

Paraguai.

ÍNDICE

	Fág.
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS	6
3.1. Variedade	6
3.2. Obtenção das mudas	6
3.3. Recipientes	6
3.4. Soluções nutritivas	7
3.5. Tratamentos.....	8
3.6. Sintomas de deficiência	8
3.6.1. Sintomas externos (morfológicos).....	8
3.6.2. Sintomas internos (anatômicos).....	9
3.7. Colheita das plantas	9
3.7.1. Determinação do peso do material seco.....	9
3.7.2. Medição da altura das plantas.....	9
3.8. Análises químicas	9
3.8.1. Preparo da amostra	9
3.8.2. Digestão da amostra	9
3.8.3. Métodos analíticos	9
3.9. Análise estatística	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1. Sintomas de deficiência	11
4.1.1. Nitrogênio	11
4.1.1.1. Sintomas externos (morfológicos).....	11
4.1.1.2. Sintomas internos (anatômicos)	11
4.1.2. Fósforo	13
4.1.2.1. Sintomas externos (morfológicos).....	13
4.1.2.2. Sintomas internos (anatômicos).....	13
4.1.3. Potássio	15
4.1.3.1. Sintomas externos (morfológicos).....	15
4.1.3.2. Sintomas internos (anatômicos).....	15
4.1.4. Cálcio	17
4.1.4.1. Sintomas externos (morfológicos).....	17
4.1.4.2. Sintomas internos (anatômicos).....	19
4.1.5. Magnésio.....	19
4.1.5.1. Sintomas externos (morfológicos).....	19
4.1.5.2. Sintomas internos (anatômicos)	21

	Pág.
4.1.6. Enxôfre	21
4.1.6.1. Sintomas externos (morfológicos).....	21
4.1.6.2. Sintomas internos (anatômicos).....	23
4.2. Crescimento	23
4.2.1. Altura das plantas	23
4.2.2. Pêso sêco das fôlhas superiores	25
4.2.3. Pêso sêco das fôlhas inferiores	26
4.2.4. Pêso sêco do total de fôlhas	27
4.2.5. Pêso sêco de caule	28
4.2.6. Pêso sêco da raiz.....	29
4.2.7. Distribuição percentual dos diferentes órgãos na planta	30
4.3. Composição mineral das plantas	31
4.3.1. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de nitrogênio	31
4.3.1.1. Fôlhas superiores	31
4.3.1.2. Fôlhas inferiores	33
4.3.1.3. Caule	34
4.3.1.4. Raiz	35
4.3.2. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de fósforo	36
4.3.2.1. Fôlhas superiores	36
4.3.2.2. Fôlhas inferiores	38
4.3.2.3. Caule	39
4.3.2.4. Raiz	41
4.3.3. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de potássio.....	42
4.3.3.1. Fôlhas superiores	42
4.3.3.2. Fôlhas inferiores	43
4.3.3.3. Caule	45
4.3.3.4. Raiz	46
4.3.4. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de cálcio	48
4.3.4.1. Fôlhas superiores	48
4.3.4.2. Fôlhas inferiores	50
4.3.4.3. Caule	51
4.3.4.4. Raiz	52

	Pág.
4.3.5. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de magnésio	54
4.3.5.1. Fôlhas superiores	54
4.3.5.2. Fôlhas inferiores	55
4.3.5.3. Caule	57
4.3.5.4. Raiz	58
4.3.6. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de enxôfre	60
4.3.6.1. Fôlhas superiores	60
4.3.6.2. Fôlhas inferiores	61
4.3.6.3. Caule.	62
4.3.6.4. Raiz	63
4.4. Influência dos diversos tratamentos sôbre a distribuição do total de cada macronutrien- te absorvido pela planta.....	65
4.4.1. Nitrogênio.....	65
4.4.2. Fósforo	65
4.4.3. Potássio	67
4.4.4. Cálcio	67
4.4.5. Magnésio	69
4.4.6. Enxôfre	71
5. CONCLUSÕES	72
6. RESUMO	74
7. LITERATURA CITADA	76

INTRODUÇÃO

O fumo (Nicotiana tabacum L.) constitui uma cultura de grande importância econômica para muitos países.

Segundo dados oficiais do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, a sua produção mundial no ano de 1965 alcançou 4.485.000 toneladas. Apesar de ser de origem americana, o continente maior produtor é a Ásia, com 41,5% do total mundial, o que demonstra a sua grande expansão geográfica. Em segundo lugar se acha a América do Norte com 34,5%, sendo que os Estados Unidos ocupa a liderança na produção e consumo de tabaco no mundo.

A América do Sul participa com uma parcela de 7% do total, ou seja, 325.000 toneladas somente, e, entre os países sulamericanos, o Brasil destaca-se com 59% dessa produção.

A produção de fumo no continente sulamericano apresenta a tendência de um gradual e constante aumento graças mais ao incremento de sua área de cultivo do que, propriamente, à elevação do seu rendimento médio por hectare.

Os elementos químicos que o solo fornece à planta, possivelmente, são os fatores mais importantes que contribuem para o seu rendimento e qualidade do produto obtido.

Apesar de sua grande expressão econômica, poucos trabalhos têm sido conduzidos visando o conhecimento da nutrição mineral do fumo em nosso continente, onde predomina o tipo escuro, destinado à fabricação de charutos e cigarros. O tipo escuro constitui, aliás, cerca de 30% do fumo produzido em todo o mundo.

O conhecimento dos sintomas visuais de deficiência serve de guia para identificar quais os elementos não disponíveis às plantas em quantidades suficientes, e, até certo ponto, para a correção das deficiências nutricionais sob condições de campo.

A análise química mineral das plantas permite o estabelecimento de níveis considerados como adequados ou não, para os diversos elementos contidos nos órgãos, que servirão de referência dentro de certos limites para confirmar ou diagnosticar as deficiências, excessos ou desequilíbrios da nutrição mineral das plantas.

O presente trabalho teve por objetivo obter um quadro sintomatológico das deficiências de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em plantas de fumo, cultivadas em soluções nutritivas, e verificar os efeitos das carências nutricionais no crescimento, na composição química mineral e na distribuição dos elementos absorvidos pelas diferentes partes da planta.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Na presente revisão selecionaram-se os trabalhos que versam sobre a nutrição mineral do fumo, no aspecto ligado diretamente ao tema estudado.

Mc MURTREY (1938) informa que, possivelmente, Wilfarth e Wimmer, em 1902, foram os primeiros a distinguir os efeitos característicos da falta de potássio sobre o crescimento do fumo.

GARNER, Mc MURTREY e MOSS (1922) publicaram o primeiro caso de deficiência de magnésio sob condições de campo. As manifestações observadas foram também descritas e ilustradas com maiores detalhes por GARNER et al. (1923). Estes pesquisadores, além de fazer menção aos sintomas carenciais de enxofre, relataram as diferenças fundamentais entre os sintomas de deficiência de magnésio e potássio. A clorose internerval iniciada pelo ápice e bordos das folhas inferiores foi a característica geral da insuficiência de magnésio. O tamanho das folhas era normal, apresentando uma superfície lisa e uniforme. Nas folhas deficientes em potássio, as áreas cloróticas se tornavam rapidamente necróticas; a folha, rugosa, apresentava ondulações no sentido dos bordos e encurvamento do ápice para baixo. A falta de enxofre causava uma clorose generalizada nas folhas superiores.

KRUGER e WIMMER (1927) estudando enfermidades carenciais de diversas plantas, descreveram as deficiências de nitrogênio, fósforo e potássio em fumo. A omissão de nitrogênio causou amarelamento e posterior secamento das folhas inferiores. As folhas inferiores deficientes em fósforo apresentaram uma coloração verde-alaranjada e pequenas manchas marrons. A deficiência de potássio apareceu de acordo com o descrito por Garner et al.

As desordens fisiológicas devidas ao suprimento insuficiente de potássio e magnésio foram também descritas por MOSS et al. (1927). Posteriormente, MOSS (1929) observou que o baixo teor de potássio assimilável no solo produz folhas improprias à manufatura devido à presença de manchas cloróticas e necróticas no limbo.

MORGAN (1929) obteve sintomas de deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio, em condições de vaso, com dife-

rentes solos. As plantas carentes de fósforo eram de porte reduzido e as folhas de coloração verde escura. As plantas com deficiência de cálcio mostravam folhas superiores rugosas e distorcidas, com pequenas áreas de coloração parda.

Mc MURFREY (1929) descreve e ilustra as carências de potássio, magnésio e cálcio, confrontando suas observações no campo e em casa de vegetação. Indica as diferenças entre os sintomas de deficiência de potássio e magnésio, bem como os seus efeitos sobre a planta e na qualidade tecnológica das folhas.

GARNER et al. (1930) discutiram os feitos sobre o crescimento das plantas, quando o cálcio e o magnésio se achavam deficientes em condições de campo. Os autores estudaram a distribuição de ambos os elementos em plantas normais e naquelas com deficiência severa, bem definida ou moderada. Concluíram que folhas com um conteúdo igual ou superior a 0,25% de Mg não apresentavam sintomas. Quanto ao cálcio, levando em conta somente as folhas superiores, a deficiência aparece com teores abaixo de 1%.

KARRAKER e BORTNER (1933) encontraram que plantas deficientes em fósforo eram, em geral, mais esguias. As folhas mais velhas apresentavam algumas manchas escuras, de tamanho apreciável que ao secar adquiriam coloração parda.

Mc MURFREY (1933) cultivou mudas de fumo em solução nutritiva com omissão de cada um dos macronutrientes, constatando grande influência da falta dos elementos no desenvolvimento das plantas. O mesmo autor, em 1938, descreve e ilustra de maneira detalhada os efeitos da omissão dos macronutrientes no fumo.

Estudando a nutrição nitrogenada do fumo, GARNER et al. (1934), encontraram que as folhas com menos de 1,5% de N mostraram coloração verde amarelada característica da deficiência do referido elemento.

WALSH e O'DONOHUE (1945) obtiveram deficiências de magnésio induzidos pela aplicação de potássio. Análises das folhas deficientes revelaram um conteúdo de 0,06% de Mg quando o nível de potássio era alto e de 0,09% quando o nível era médio.

BOWLING e BROWN (1947) assinalam que um conteúdo de 3,9% de K_2O nas folhas do fumo é a quantidade mínima requerida para prevenir a deficiência de potássio em condições de campo.

NEAS (1953) obteve sintomas de deficiência de enxofre em condições de campo quando o elemento foi omitido na fertilização. As folhas deficientes apresentaram 0,55% de SO_3 no pri-

meiro ano de ensaio e 0,45% no segundo ano.

CIBES e SAMUELS (1957) estudaram os efeitos das deficiências de macronutrientes sobre o crescimento e a composição química da planta. Foram descritos os sintomas carenciais e observadas interações entre os diversos elementos contidos nas folhas. Os teores percentuais de cada elemento nas folhas de plantas deficientes e normais foram os seguintes:

<u>Elemento</u>	<u>Teor deficiente</u>	<u>Teor normal</u>
N	0,85%	3,09%
P	0,07%	0,86%
K	0,28%	3,86%
Ca	0,29%	1,23%
Mg	-	0,78%
S	0,16%	0,39%

WEDIN e STROCKMEYER (1959) cultivaram o fumo em areia com solução nutritiva de Hoagland e Arnon. Estudaram, entre outras

coisas, o efeito do ion sulfato sobre o crescimento, composição química e estrutura anatômica das folhas. Plantas com baixo suprimento de ion sulfato (1 ppm) revelaram sintomas de deficiência de enxôfre e a análise química do material mostrou um conteúdo de 0,32% de SO_4 . A deficiência manifestou-se pela redução do desenvolvimento, peso seco e espessura das folhas.

TINCKNELL, LOPEZ RITAS e AYALA (1962) apresentaram análises foliares de plantas cultivadas em zonas onde a deficiência de potássio é frequente. Concluíram que os sintomas principiava a se destacar quando o conteúdo deste elemento nas folhas baixava a 1,9%.

PETERSON (1964) estudou a influência da nutrição nitrogenada sobre o rendimento do fumo. O conteúdo de nitrogênio nas folhas variou de 1,81 a 4,12% de acordo com a quantidade de nitrogênio aplicado ao solo. As plantas com teor acima de 3,0% de N não apresentaram sintomas de deficiência.

WALLACE e FROLICH (1965) encontraram que as folhas superiores de plantas de fumo deficientes em fósforo continham 0,17% de P, enquanto as inferiores 0,07%.

3. MATERIAIS E METODOS

3.1. Variedade

A variedade de fumo (Nicotiana tabacum L.) utilizada no ensaio foi a M.A.1, originária do Paraguai#. Trata-se de variedade de grande desenvolvimento vegetativo e destinada à fabricação de charutos e cigarros do tipo preto.

3.2. Obtenção das mudas

As sementes foram semeadas em caixas contendo areia lavada com água de torneira, abrigadas em casa de vegetação. Quando as plantinhas tinham 5 cm de altura foram repicadas individualmente a latas de um litro de capacidade revestidas internamente com Neutrol-45, tinta preta impermeabilizante.

As plantas foram regadas, diariamente, desde a germinação até o transplante definitivo, com solução completa de HOAGLAND e ARNON (1950), diluída com água destilada na relação 1:10. Aos 75 dias após a germinação, quando as plantas tinham cerca de 15 cm de altura e de 8 a 10 folhas, foram transplantadas para vasos de barro contendo quartzo moído, de 1-3 mm de tamanho, onde permaneceram até o fim do ensaio. Depois, durante uma semana todas as plantas receberam, diariamente, como tratamento inicial, solução completa de Hoagland e Arnon diluída à metade de sua concentração. Transcorrido esse período, fez-se passar água abundante pelo interior dos vasos, primeiramente água de torneira e depois água destilada, com o objetivo de remover os elementos retidos pelo quartzo. Após a lavagem iniciaram-se os tratamentos, conforme está descrito em 3.5.

3.3. Recipientes

Os recipientes utilizados no ensaio eram de barro vidrado com as seguintes dimensões: 30 cm de altura, 18 cm de diâmetro superior e 13 cm de diâmetro inferior. Continham os vasos ao redor de 9 kg de quartzo moído. A parte interna foi impermeabilizada com tinta preta.

#. As sementes foram fornecidas pela División de Tabaco-Ministerio de Agricultura y Ganadería del Paraguay.

O escoamento das soluções se dava através de um tubo situado no fundo dos vasos, pelo qual eram aquelas recolhidas em um recipiente por tubulações de plástico. A fim de conservar melhor a umidade nos vasos e de prevenir a contaminação por algas, cobriram-se os mesmos com placas de duratex.

3.4. Soluções Nutritivas

As soluções usadas foram as de HOAGLAND e ARNON (1950) modificadas somente quanto ao sal de ferro. O ferro foi adicionado na forma de "quelado", como FeNa-EDTA. O tratamento em que o cálcio foi omitido recebeu uma dose adicional de nitrogênio sob a forma de nitrato de sódio, a fim de manter a mesma concentração desse elemento dos demais tratamentos nos quais foi fornecido como nitrato de cálcio e/ou nitrato de potássio.

As soluções empregadas foram preparadas a partir de soluções estoques de cada um dos sais, utilizando-se água destilada e sais pro-análise. As concentrações e as quantidades usadas das soluções estoques se acham no Quadro Nº 1.

Quadro Nº 1. Composição química das soluções nutritivas. Valores em mililitros por litro de solução.

Soluções estoques	Tratamentos						
	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	Compl.
Ca(NO ₃) ₂ M	-	4	5	-	4	4	5
KNO ₃ M	-	6	-	5	6	6	5
MgSO ₄ M	2	2	2	2	-	-	2
KH ₂ PO ₄ M	-	-	-	1	1	1	1
Mg(NO ₃) ₂ M	-	-	-	-	-	2	-
NaNO ₃ M	-	-	-	10	-	-	-
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ 0,05M	10	-	10	-	-	-	-
CaSO ₄ 0,01M	200	-	-	-	-	-	-
K ₂ SO ₄ 0,5 M	5	-	-	-	5	-	-
FeNa-EDTA 2,5 %	2	2	2	2	2	2	2

Cada litro de solução nutritiva levava 1 ml de uma solução de micronutrientes que apresentava a seguinte composição:

<u>Sais</u>	<u>g/l.</u>
H ₃ BO ₃	2,86
MnCl ₂ 4 H ₂ O	1,86
ZnSO ₄ 7 H ₂ O	0,22
CuSO ₄ 5 H ₂ O	0,08
H ₂ MoO ₄ H ₂ O	0,02

3.5. Tratamentos

O experimento foi constituído de 7 tratamentos, repetidos 4 vezes, utilizando-se uma planta por cada repetição. O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso. Os tratamentos foram os seguintes:

Complete: solução com todos os nutrientes

- N : com omissão de nitrogênio
- P : com omissão de fósforo
- K : com omissão de potássio
- Ca : com omissão de cálcio
- Mg : com omissão de magnésio
- S : com omissão de enxofre

Cada planta recebeu 1 litro de solução nutritiva, sendo esta renovada semanalmente. Os vasos eram irrigados duas vezes por dia nas primeiras semanas e no final até quatro vezes, nos dias mais quentes. Ao se proceder à irrigação, a solução contida no frasco coletor era sempre completada a 1 litro.

3.6. Sintomas de deficiência

3.6.1. Sintomas externos (morfológicos)

A descrição dos sintomas de deficiência foi feita com ajuda do Atlas de cores de VILLALOBOS-DOMINGUEZ e VILLALOBOS (1947), o qual permite uma melhor precisão na descrição das cores. O sistema de classificação e anotação foi o seguinte:

- a) A letra ou letras indicam a cor e seu matiz
- b) O número ou números dão o valor da luminosidade
- c) O grau expressa a tonalidade do matiz.

3.6.2. Sintomas internos (anatômicos)

As alterações anatômicas das folhas, devidas aos diversos tratamentos, foram estudadas em áreas do limbo foliar que apresentavam sintomas de deficiência. Estas áreas, previamente colhidas foram colocadas entre pedaços de medula de sabugueiro e cortadas transversalmente a mão, com lâmina de barbear. Os cortes histológicos foram montados em um meio formado de partes iguais de água e glicerina, e as lâminas, observadas imediatamente em microscópio e descritas.

3.7. Colheita das plantas

As plantas eram colhidas quando apresentavam sintomas de deficiência bem definidos. Cada planta foi dividida nas seguintes partes: folhas superiores, folhas inferiores, caule e raiz.

3.7.1. Determinação do peso do material seco

As diversas partes colhidas foram cortadas em pedaços pequenos e levados à estufa a 70-80° C. As raízes foram lavadas previamente com água destilada a fim de eliminar os sais aderidos e o quartzo nelas aderentes. Depois de secas foram pesadas anotando-se o peso da matéria seca em gramas.

3.7.2. Medição da altura das plantas

Tôdas as medições foram tomadas a partir do colo até a gema terminal, em centímetros.

3.8. Análises químicas

3.8.1. Preparo da amostra

O material seco foi triturado em moíno "Wiley" com peneira de malha 20 e armazenado em sacos de papel.

3.8.2. Digestão da amostra

As determinações de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre foram feitas em alíquotas de um extrato de 100 ml, obtida pela digestão de 1 g de amostra com ácido nítrico e perclórico (LOTT et al., 1956).

3.8.3. Métodos analíticos

Nitrogênio: Digestão de 100 mg de material por ácido sulfúrico em presença de selenito de sódio, sulfato de cobre e sul-

fato de potássio; destilação em aparelho de Kirk (MALAVOLTA, 1957)

Fósforo: método colorimétrico, baseado na formação do ácido fosfovanadomolibdico (LOTT et al., 1956).

Potássio: fotometria de chama, usando-se aparelho Beckman, modelo B (MALAVOLTA, 1964).

Cálcio: titulação do ácido oxálico procedente do oxalato de cálcio, com permanganato de potássio (MALAVOLTA e COURY, 1954).

Magnésio: método do amarelo de tiazol (LOTT et al., 1956)

Enxôfre: gravimetria do sulfato de bário (TOTH et al., 1948).

3.9. Análise estatística

Foram feitas análises estatísticas dos dados do peso da matéria seca e dos teores químicos transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x}$, onde x é a percentagem do elemento na matéria seca (PIENITEL GOES, 1963)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Sintomas de deficiência

4.1.1. Nitrogênio

4.1.1.1. Sintomas externos (morfológicos)

Os sintomas de deficiência de nitrogênio foram os primeiros a aparecer sobre as plantas. Inicialmente havia perda da cor verde normal das folhas inferiores. Acompanhando esta manifestação notava-se uma redução na velocidade do crescimento das plantas. Com a evolução dos sintomas, as folhas inferiores tornam-se cloróticas (Y-16-9^o), mostrando ao mesmo tempo uma leve tonalidade rosada ao longo das nervuras mais finas. Nas plantas normais as folhas inferiores apresentavam cor verde (LG-6-2^o).

Num grau de deficiência mais avançado, as folhas passavam a uma coloração amarela clara, quase branca (YY0-19-6^o), secando em seguida. O secamento iniciava-se pelo ápice, progredindo em direção à base em forma de V invertido. As folhas totalmente secas apresentavam cor parda (00Y-14-9^o).

Os sintomas avançavam em direção das folhas superiores devido, possivelmente, à grande capacidade que possui o nitrogênio de se translocar dos órgãos mais velhos para os mais jovens.

As folhas superiores mantinham uma coloração verde-limão (LG-6-5^o) em confronto com o verde escuro das plantas testemunhas (G-6-2^o). Apresentavam, ainda, o limbo com forma característica de calha, e formando a folha um ângulo agudo com o caule (Figura N^o 1).

Os sintomas obtidos concordam com os descritos por KRUGER e WIMMER (1927), MORGAN (1929), Mc MURTRY (1933, 1938, 1964), GARNER (1934), WOLF (1935) e CIBES e SAMUELS (1957).

4.1.1.2. Sintomas internos (anatômicos)

Do exame do mesófilo efetuado em vários cortes da folha abrangendo áreas onde a clorose estava em franca evolução, até àquelas em que a clorose era total, verificou-se que não houve necrose e que, histologicamente a estrutura tinha aspecto normal. As alterações citológicas mais importantes manifestavam-se nos cloroplastos, com a perda progressiva da clorofila, à medida em que os sintomas cloróticos progrediam, tanto no parênquima pa

Figura Nº 1. Deficiência de nitrogênio

liçádico quanto no lacunoso. A forma, contudo, do coloplas-
to se mantinha. Todavia, paralelamente à perda da clorofi-
la, a quantidade de amido no estroma do plasto aumentava,
de tal forma que no final do processo clorótico, a célu-
la estava repleta de plastos com amido.

NIGHTINGALE et al. (1931) verificaram que carbo-
idratos se acumulam na planta esta tem um suprimento defi-
ciente de nitrogênio.

Os sintomas obtidos concordam com os achados por
ACCORSI et al. (1960) em fôlhas de goiabeira e por Thomson
e Weier, citados por MALAVOLTA (1965) em feijoeiro.

4.1.2. Fósforo

4.1.2.1. Sintomas externos (morfológicos)

As plantas mostraram, inicialmente, uma coloração
verde escura mais intensa nas fôlhas superiores (GGL-7-2º)
Posteriormente as fôlhas inferiores tornavam-se cloróti-
cas. A clorose iniciava-se pelas nervuras, avançando para o
centro das áreas internervais. A cor amarela intensa, algo
alaranjada (OY-18-10º) das zonas próximas às nervuras, em
contraste com o verde internerval, davam ao limbo essa co-
loração verde alaranjada (ILY-14-9º) tal qual a encontra-
da por KRUGER e WINNER (1927). As nervuras secundárias
eram salientes.

Num grau de deficiência mais avançado, as fôlhas
inferiores mostravam uma coloração amarela-bronzeada (YYO-
15-3º), secando posteriormente. Não foram observadas sôbre
as fôlhas, as manchas necróticas descritas por KRUGER e
WINNER (1927), KARRAKER e BORTNER (1933), Mc MURFREY (1933)
e GIBBS e SAMUELS (1957), mas, segundo Mc MURFREY (1938),
tais manchas não sempre ocorrem nas plantas deficientes em
fósforo, quer cultivadas em solução nutritiva quer sob con-
dições de campo. (Figura Nº 2).

4.1.2.2. Sintomas internos (anatômicos)

As observações levadas a efeito nos cortes obti-
dos nas áreas foliares, com sintomas em várias fases, indi-
caram que as alterações mais em evidência se referem à clo-
rose progressiva, acompanhada de diminuição de número e ta-
manho dos cloroplastos. As regiões bem cloróticas revelaram
nas células, cloroplastos enase brancos, de várias formas,

Figura Nº 2, Deficiência defósforo

tais como globosas, ovóides, bastonetes, etc., porém bem pequenos e em número reduzido. Havia no parênquima paliçádico a-cúmulo de gases que obscureciam, as vêzes, as células.

Os efeitos observados foram semelhantes aos descritos em outras culturas por HAAG (1965), Thomson e Weier, citados por MALAVOLTA (1965), ACCORSI et al. (1960) e ACCORSI e HAAG (1959).

4.1.3. Potássio

4.1.3.1. Sintomas externos (morfológicos)

As manifestações características de carência de potássio apareceram, em primeiro lugar, nas folhas inferiores, progredindo em direção às superiores. As folhas mais velhas apresentavam manchas cloróticas que se iniciavam pelo ápice e bordos. Estas áreas, de coloração amarela intensa (YL-11-10^o) progrediam em direção à base e à região central da folha avançando entre as nervuras. As áreas internervais, posteriormente, apresentavam uma coloração amarela pálida, de palha (Y-19-9^o), enquanto as nervuras e os tecidos adjacentes mantinham-se verde-limão (L-13-9^o).

A superfície da folha era rugosa, mostrando, ademais, uma suave distorção do terço apical, bem como curvamento para abaixo das margens e ápice. Em seguida, as folhas ficaram totalmente cloróticas e secavam tomando uma cor parda com tonalidade azulada. As folhas superiores, também algo rugosas, manifestavam uma coloração verde mais intensa (GGL-4-5^o).

Os sintomas encontrados concordam com os de GARNIER et al. (1923), KRÜGER e WILLER (1927), MOSS et al. (1927), MORGAN (1929), McMURTRY (1933, 1938, 1964), WOLF (1935) e CIBES e SAMUELS (1957), exceto no que diz respeito às manchas necróticas observadas por estes pesquisadores; estas manchas não apareceram nas condições do ensaio, possivelmente, devido ao tardio início dos tratamentos (Figura Nº 3).

4.1.3.2. Sintomas internos (anatômicos)

Os sintomas internos resultantes da carência de potássio foram apreciados em cortes anatômicos praticados nas áreas do limbo que revelavam os sintomas morfológicos. As alterações citológicas incidiam, em um primeiro estágio, nos cloroplastos, os quais se tornavam glaucos, finalizando

Figura Nº 3. Deficiência de potássio

com o amarelecimento. Em seguida, havia um aumento progressivo de amido no estroma, fato esse identificado com a reação do iodo Reativo de Lugol. As células transformaram-se em verdadeiros depósitos de amido. Com o avanço da clorose, as alterações se intensificam e os "amiloplastos" adquiriram tamanho menor e formas diversas das dos cloroplastos, principalmente, no tecido lacunoso. Houve acúmulo de gases no tecido paliçádico.

A acumulação de amido nas células pode ser devida à falta de translocação desta substância ou a sua baixa utilização para a formação de aminoácidos e proteínas. A influência do potássio nesses processos é relatado por LAWTON e COOK (1954).

Os sintomas internos concordam com os achados por HAAG (1965) e ACCORSI et al. (1960).

4.1.4. Cálcio

4.1.4.1. Sintomas externos (morfológicos)

As plantas manifestaram nas folhas superiores e na gema terminal, as características patológicas da deficiência de cálcio, enquanto as inferiores tinham um desenvolvimento normal e uma coloração verde mais clara (LG-6-5^a).

As primeiras manifestações foram o aparecimento de uma coloração parda (necrose) nas extremidades das nervuras principais das folhas próximas à gema apical e ao longo de todo o comprimento das nervuras das aurículas. Com o progredir dos sintomas, a necrose da nervura central avançava do ápice para a base, e ao mesmo tempo isso ocorria com as nervuras secundárias.

Posteriormente a necrose atingia as regiões adjacentes às nervuras na zona dos bordos da folha, fazendo com que estes ficassem todo recortados. A folha, então, apresentava-se enrugada e com o ápice recurvado para baixo. Em seguida, havia, precedendo à necrose, o aparecimento de clorose nas nervuras mais finas e nas regiões subjacentes, sempre da direção dos bordos para o centro da folha.

As folhas imediatamente inferiores, e ainda de coloração verde (GG-4-3^a) apresentavam-se rugosas e logo passavam a mostrar os sintomas já descritos.

A gema terminal morria mostrando uma coloração parda. O desenvolvimento de brotos axilares ocorria como resultado do efeito decapitador da deficiência de cálcio. Esses brotos, pos-

Figura Nº 4. Deficiência de cálcio

teriormente, também apresentavam os sintomas (Figura Nº 4).

Os sintomas descritos concordam com os obtidos por MORGAN (1929), GARNER et al. (1930), Mc MURFREY (1933, 1938, 1964) e CIBBS e SAINUELS (1957).

4.1.4.2. Sintomas internos (anatômicos)

Foram feitos cortes transversais na zona marginal da fôlha onde os sintomas eram mais pronunciados. Percebeu-se aí que o mesófilo era mais estreito do que as fôlhas com deficiência de nitrogênio e fósforo. Havia acúmulo de gases nos tecidos do mesófilo, todavia, mais acentuado no paliçádico do que no lacunoso. Os cloroplastos não revelavam aspecto normal assumindo várias formas e tamanhos diversos, sendo de um verde mais claro que o normal. Nas áreas afetadas pela clorose, êsses sintomas eram mais pronunciados.

De um modo geral, houve certas alterações na disposição topográfica das células do mesófilo, mórmente nas do paliçádico; isso se dava exatamente onde o limbo se mostrava irregular, ocasionado pela sua contração.

Os sintomas observados foram semelhantes aos descritos por ACCORSI e HAAG (1959).

4.1.5. Magnésio

4.1.5.1. Sintomas externos (morfológicos)

Os sintomas de deficiência de magnésio acarreta uma clorose que inicia por um descoramento das áreas internervais, tornando-se todo o limbo manchado.

A clorose principiava pelo ápice e bordos nas fôlhas mais velhas, avançando em direção à base e zona central do limbo. As nervuras, bem como os tecidos adjacentes, mostravam cor verde-limão (L-11-8º). O tecido internerval afetado era amarelado (LLY-14-7º) e, em casos extremos, quase branco.

As fôlhas inferiores não sofreram diminuição no seu desenvolvimento, alcançando o seu tamanho normal e mostrando ainda, uma tendência a conservar-se em posição horizontal e a não secar rapidamente como foi observado nas fôlhas deficientes em potássio. As fôlhas superiores eram de uma cor verde mais intensa (LG-2-9º) que as inferiores (Figura Nº 5).

Figura Nº 5. Deficiência de magnésio

Os sintomas de deficiência observados concordam com os de GARNER, Mc MURTREY e MOSS (1922), GARNER et al. (1923), Mc MURTREY (1929, 1932, 1933, 1938, 1964) e CIBES e SAMUELS (1957).

4.1.5.2. Sintomas internos (anatômicos)

O exame anatômico revelou uma alteração na coloração verde dos plastos, que se mostraram um tanto citrinos, provocada pela falta de magnésio, o que impede a formação da clorofila. De um modo geral, os cloroplastos encontravam-se aglutinados. Todavia, se dava também nos cloroplastos, acúmulo de amido, que foi identificado pelo teste do iodo (Reativo de Lugol). Com o progredir dos sintomas, os cloroplastos apresentavam modificações de forma e tamanho. Havia, também, acentuado acúmulo de gases entre as células, principalmente, nas do paliçádico. No lacunoso, ao lado dos "amiloplastos" pouco alterados, apareciam diminutas grânulações esverdeadas.

As alterações encontradas foram as mesmas descritas em outras culturas pelos autores anteriormente citados; porém ACCORSI e HAAG (1959), em cafeeiro, verificaram ademais a presença de corpúsculos de graxa.

4.1.6. Enxôfre

4.1.6.1. Sintomas externos (morfológicos)

O efeito da deficiência de enxôfre ocorreu em primeiro lugar nas folhas superiores. As plantas mostraram de início um desenvolvimento vegetativo maior do que o tratamento Completo, apresentando folhas de maior tamanho e principalmente compridas. Em estágio de deficiência mais avançado, notou-se uma redução na velocidade de crescimento.

Morfologicamente, a deficiência de enxôfre determina um processo clorótico que se inicia na base da folha progredindo em direção ao ápice, e atingindo em sua fase final toda a área do limbo, restando apenas uma pequena margem ladeando a nervura principal.

O limbo apresentava uma coloração verde-limão (LLG-14-10^o), excetuando-se a parte apical que tomava uma coloração mais escura. Quando a deficiência era mais severa, as folhas novas se tornavam duras e os tecidos internervais quase brancos. As folhas inferiores possuíam uma coloração verde mais intensa (LG-4-4^o) que as superiores, mas, em geral, toda a

Figura Nº 6. -S : Deficiência de enxôfre
Compl: Planta normal

planta era de uma coloração mais clara que as plantas normais
(Figura Nº 6)

Os sintomas descritos foram semelhantes aos de GARNER et al. (1923), Mc MURTRY (1933, 1938, 1964), CIBES e SAMUELS (1957) e CHOUTEAU (1962).

4.1.6.2. Sintomas internos (anatômicos)

Os cortes praticados na base da fôlha, onde os sintomas já se encontravam definidos, permitiram verificar que os cloroplastos passavam de fusiformes a poliédricos em consequência da deposição de amido na sua superfície. Resultou, daí, a diminuição da clorofila e, por conseguinte, o esmaecimento neles observado.

Na fase final do processo, os cloroplastos estavam totalmente recobertos de amido, o qual foi identificado pelo Reativo de Lugol.

Exceto a presença de amido, os sintomas se assemelham aos achados por ACCORSI e HAAG (1959), ACCORSI et al. (1960) e HAAG (1965).

As alterações morfológicas e anatômicas provocadas pela carência de enxôfre foram obtidas em plantas correspondentes a um segundo ensaio conduzido nas mesmas condições de primeiro, descrito em 3.2. A modificação foi somente quanto ao início do tratamento, o qual foi feito com maior antecedência a fim de obter os sintomas carenciais de enxôfre que não chegaram a aparecer no anterior.

4.2. Crescimento

O crescimento das plantas foi avaliado através das medições de altura, peso seco das fôlhas superiores e inferiores, do total de fôlhas, caule e raiz, e pela distribuição percentual dos órgãos na planta.

4.2.1. Altura das plantas

As alturas das plantas de cada tratamento, médias de 4 repetições, expressas em centímetros, se acham no Quadro Nº 2.

Segundo os dados do Quadro Nº 2, pode-se observar que há grande variação na altura das plantas dos tratamentos -K, Completo, -S, -P e -Mg em relação aos tratamentos -Ca e -N, testa-

Quadro Nº 2. Altura das plantas em centímetros

Tratamentos	Médias de altura
-K	125,5
Completo	121,9
-S	117,0
-P	114,6
-Mg	113,5
-Ca	79,2
-N	63,8
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)	
D7	13,2
D6	13,1
D5	12,9
D4	12,7
D3	12,3
D2	11,7
C.V. (coef. de variação)	7,5%
s (desvio padrão)	7,9

dos pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. Entre os primeiros citados não há diferença significativa. Quanto aos dois últimos, o -Ca mostra-se superior ao -N.

O nitrogênio foi, portanto, o elemento que mais influenciou no crescimento em altura das plantas. Esse fato já tem sido observado em outros trabalhos em relação a outras plantas: café (HAAG, 1958), cana-de-açúcar (HAAG, 1965) e algodão (MENDES, 1959)

No que diz respeito ao cálcio, a paralização do crescimento se deu devido à morte da gema terminal.

É interessante observar que a omissão de potássio, enxofre, fósforo ou magnésio não influenciaram no crescimento em altura. Possivelmente, tal fato se dê por terem sido as plantas cultivadas, de início, com solução nutritiva completa diluída, armazenando quantidades capazes de garantir o seu desenvolvimento. MENDES (1959) encontrou também, em algodoeiro crescidas em solução nutritiva, que os tratamentos -N e -Ca diferiram significativamente do tratamento Completo, não havendo diferenças entre este e os demais macronutrientes. HAAG (1965) encontrou também que plantas de cana cultivadas em solução com omissão de magnésio ou enxofre não paralizaram seu crescimento, devido ao suprimento inicial de todos os nutrientes.

4.2.2. Pêso sêco das fôlhas superiores

Os valores de pêso sêco das fôlhas superiores, médias de 4 repetições, expressas em gramas, se acham no Quadro Nº 3.

Quadro Nº 3. Pêso sêco das fôlhas superiores, em gramas

Tratamentos	Médias do pêso sêco
-S	21,5
-K	17,7
-Mg	17,0
Completo	16,0
-Ca	13,6
-P	12,8
-N	9,3
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)	
D7	5,0
D6	4,9
D5	4,9
D4	4,8
D3	4,6
D2	4,4
C.V.	19,0%
s	3,0

Pelo Quadro Nº 3 pôde-se observar que o tratamento -S foi o que produziu maior quantidade de matéria sêca, sendo estatisticamente superior aos demais com exceção apenas do -K. Este tratamento é maior do que o -P e -N. O -Mg e o Completo diferem do -N, enquanto os tratamentos -Ca, -P e -N não diferem entre si.

A produção de fôlhas superiores do tratamento -S, que superou ao Completo, pôde ser explicada não só pelo fato de tais fôlhas se apresentarem mais desenvolvidas, mas também por não ter êsse tratamento apresentado sintomas de deficiência, o que fez com que sua coleta se atrasasse 15 dias em relação ao Completo. Dêssa forma teve oportunidade de se desenvolver mais.

O tratamento -Ca não obstante mostrar pouco desenvolvimento em altura devido à morte da gema terminal, não apresentou diferença em relação ao Completo na produção de pêso sêco de fôlhas superiores.

O tratamento -N apresentou menor produção que o -S, -K, -Mg e Completo, não diferindo, entretanto, do -Ca e P. O fato de

não ter havido diferença entre o -N e o -Ca, e entre este e o Completo pode ser devido ao alto coeficiente de variação do ensaio. Resumindo, pode-se verificar que a produção de folhas superiores foi afetada apenas pela omissão de nitrogênio, produzindo menos, e pela omissão de enxofre, produzindo mais matéria seca. Nota-se também, que há uma tendência da influência do -Ca e -P na diminuição na produção de matéria seca.

4.2.3. Pêso seco das folhas inferiores

Os dados de pêso seco das folhas inferiores, médias de 4 repetições, expressos em gramas, se acham no Quadro Nº 4.

Quadro Nº 4. Pêso seco em g das folhas inferiores

Tratamentos	Médias de pêso seco
-S	42,1
-Mg	33,4
Completo	31,6
-K	30,9
-P	30,2
-Ca	26,2
-N	13,3
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)	
D7	6,2
D6	6,1
D5	6,0
D4	5,9
D3	5,8
D2	5,5
C.V.	12,6%
S	3,7

A análise estatística dos dados de pêso seco das folhas inferiores revela, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, superioridade do tratamento -S sobre os demais. O tratamento -Mg é maior do que os -Ca e -N. Os tratamentos Completo, -Mg, -K e -P não diferem entre si.

O tratamento -S como se nota, mostrou comportamento idêntico ao caso das folhas superiores, sendo as prováveis causas as mesmas expostas em 4.2.2.

A omissão de nitrogênio provocou menor produção de matéria seca. Com relação ao cálcio, também esse tratamento afetou

negativamente a produção. Os demais tratamentos, -K, -Mg e -P não influenciaram sobre o peso seco das folhas inferiores.

4.2.4. Pêso seco do total de folhas

Os pesos secos do total de folhas, médias de 4 repetições, expressos em gramas, se encontram no Quadro Nº 5:

Quadro Nº 5. Pêso seco em g do total de folhas

Tratamentos	Médias de pêso seco
-S	63,8
-Mg	50,2
-K	48,7
Completo	47,6
-P	43,0
-Ca	39,8
-N	22,6
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)	
D7	7,2
D6	7,2
D5	7,1
D4	6,9
D3	6,7
D2	6,4
C.V.	11,0%
s	4,3

A análise estatística dos dados de pêso seco de folhas totais mostra pelo teste de Duncan ao nível de 5%, que o tratamento -S difere de todos os demais.

Os tratamentos -Mg, Completo e -K não diferem entre si sendo superiores aos -Ca e -N. O -P é inferior ao -Mg e superior ao -N, mas não difere do -Ca. O tratamento -N com a menor produção de folhas, difere de todos os tratamentos.

Os resultados de folhas totais se assemelham aos de folhas inferiores, isto é, o -Ca e o -N foram menores do que o Completo e o -S maior. No que diz respeito ao -Ca, nas folhas totais foi diferente do Completo, e o fato de que nas folhas superiores não chegou a diferir, talvez seja devido ao coeficiente de variação mais elevado que apresentaram.

ARZOLLA (1961 encontrou também que plantas de abacaxi, cultivadas em solução nutritiva com omissão de enxôfre deram maior pêso seco de folhas, seguido do tratamento -Mg que foi

quase igual ao Completo.

Pode-se portanto, à vista dos resultados, verificar que os tratamentos que afetaram desfavoravelmente a produção de matéria seca das folhas foram somente os tratamentos -Ca e -N

Foi observado por OSBURN, VOLK e JACKSON (1965) que a deficiência de potássio tem pouco efeito sobre a final produção de matéria seca de folhas, quando aparece num estado de desenvolvimento avançado da planta. Possivelmente esse fato tenha ocorrido para que as plantas deficientes em fósforo, potássio e magnésio não fossem diferentes do Completo.

4.2.5. Pêso seco do caule

Os dados de pêso seco de caule, médias de 4 repetições expressos em gramas, se acham no Quadro Nº 6.

Quadro Nº 6. Pêso seco em g do caule

Tratamentos	Médias de pêso seco
-S	42,6
-Mg	35,8
-K	30,9
Completo	30,8
-P	24,4
-Ca	19,3
-N	9,9
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)	
D7	8,9
D6	8,8
D5	8,7
D4	8,5
D3	8,3
D2	7,9
C.V.	19,0%
s	5,3

A análise estatística dos pêsos secos de caule revela, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, superioridade do tratamento -S sobre os demais, excetuando-se o -Mg. O tratamento -Mg é maior do que o -P, -Ca e -N, não diferindo, entretanto, do -K e Completo. Estes dois últimos são maiores do que o -Ca e -N, e sendo o -P só maior que o -N.

Os dados de pêso seco de caule mostram reação muito se-

melhante aos de fôlha total. O tratamento -N e o -Ca foram os que produziram redução no pêso sêco de caule. O -S produziu maior pêso de caule que o Completo. Os demais não influenciaram no desenvolvimento deste órgão.

4.2.6. Pêso sêco da raiz

Os pêsos sêcos de raiz, médias de 4 repetições, expressos em gramas, se encontram no Quadro Nº 7.

Quadro Nº 7. Pêso sêco em g da raiz

Tratamentos	Médias de pêso sêco
-S	33,3
-Mg	28,1
Completo	22,0
-K	22,0
-P	19,6
-Ca	18,6
-N	9,9
d.m.s. ao nivel de 5% (Duncan)	
D7	3,8
D6	3,8
D5	3,7
D4	3,6
D3	3,5
D2	3,4
C. V	10,0%
s	2,3

A análise estatística revela, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, que da mesma forma com o ocorrido nas outras partes da planta, o tratamento -S é maior que os demais. O -Mg, embora menor que o -S, supera os restantes. Os tratamentos Completo, -K, -P e -Ca não diferem entre si, mas são todos superiores ao -N.

Vê-se, pois, que os resultados referentes às raízes dos -N e -S são semelhantes aos das outras partes da planta. Assim, enquanto a omissão de nitrogênio afetou desfavoravelmente o desenvolvimento da raiz, a omissão de enxôfre teve efeito favorável, produzindo mais do que o tratamento Completo.

O mesmo fato também foi verificado por Mc MURFREY (1933) e ARZOLLA (1961).

Por outro lado, a influência da omissão do cálcio sobre a raiz, se deu próximo ao limite do teste, não chegando a ser significativo a diferença para com o Completo. O -Mg provocou maior desenvolvimento de raiz.

4.2.7. Distribuição percentual dos diferentes órgãos na planta

Os dados percentuais médios de folhas, caule e raiz, calculados em função do total de matéria seca produzida por planta, se encontram no Quadro Nº 8.

Quadro Nº 8. Percentagem média dos órgãos em função ao peso seco total da planta

Órgãos	Tratamentos						Compl.
	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	
Folhas	54	49	48	51	44	46	47
Caule	23	28	30	25	31	30	31
Raiz	23	23	22	24	25	24	22

O presente quadro foi elaborado a fim de verificar a provável influência de um ou outro tratamento sobre a distribuição percentual das diferentes partes na planta. Observa-se que, de um modo geral, em relação ao tratamento Completo, as plantas deficientes em fósforo, potássio e enxofre mostraram quase a mesma distribuição de seus órgãos. As plantas deficientes em nitrogênio foram as que apresentaram a maior percentagem de folhas e a menor de caule. Essa observação também dá-se, em menor grau, ao -Ca.

O tratamento -Mg apresentou a maior percentagem de raiz e a menor de folhas, mas, em geral, parece não haver influência dos diferentes tratamentos sobre a proporção de raiz.

Os resultados concordam em parte com Mc MURFREY (1933), quem achou que a omissão de qualquer um dos macronutrientes, dava sempre uma percentagem de folhas maior que o do tratamento Completo.

4.3. Composição mineral das plantas

Os resultados das análises químicas das diferentes partes da planta são apresentados e discutidos neste ponto. Os dados todos, a fim de serem analisados estatisticamente foram antes transformados em arc sen \sqrt{x} , onde x é a percentagem do elemento na matéria seca (PIENTEL GOMES, 1963)

4.3.1. Efeitos dos tratamentos sobre o teor percentual de nitrogênio.

4.3.1.1. Fôlhas superiores

Os teores de nitrogênio nas fôlhas superiores, médias de 4 repetições, expressos em N% e em arc sen $\sqrt{N\%}$, se acham no Quadro Nº 9.

Quadro Nº 9. Teor percentual de N nas fôlhas superiores.

Tratamentos	arc sen $\sqrt{N\%}$	N%
Completo	10,589	3,38
-P	10,423	3,27
-Mg	10,229	3,17
-Ca	9,932	2,97
-S	9,320	2,62
-K	9,184	2,55
-N	7,168	1,56
d.m.s. ao nivel de 5% (Duncan)		
D7	0,653	
D6	0,647	
D5	0,638	
D4	0,626	
D3	0,608	
D2	0,579	
C. V.	4,08%	
s	0,390	

Observando o Quadro Nº 9, vê-se que pelo teste de Duncan ao nivel de 5% de probabilidade, o tratamento Completo não difere do -P e do -Mg, mas difere dos -Ca, -S, -K e -N. Os tratamentos -P, -Mg e -Ca são maiores do que o -S, -K e -N, não diferindo, entretanto, entre si. O -S e -K não dife

rem entre si, sendo maiores do que o -N.

Pode-se constatar, portanto, que a falta de nitrogênio na solução provoca uma queda muito grande na percentagem de nitrogênio nas folhas superiores. Entretanto, outros elementos também influenciaram no teor do referido nutriente, embora com intensidades diferentes. Assim, o -Ca, -S e -K, causaram diminuição do nitrogênio, mas o primeiro interferiu menos de que os dois últimos, e estes atuaram com igual intensidade.

Considerando os dados dos tratamentos Completo e -N, verifica-se que há grande semelhança com os de outros trabalhos, tais como os de PETERSON (1964) e GARNER (1934), apesar desses autores trabalharem em condições de campo. Em relação aos teores encontrados por CIBES e SAMUELS (1957), a percentagem de nitrogênio encontrado (1,56%) nas folhas superiores deficientes, é mais alta do que a encontrada pelos dois pesquisadores (0,85%). Pode-se explicar tal diferença pelo fato de que os citados autores analisaram o total de folhas.

No caso das plantas normais, o conteúdo de nitrogênio (3,38%) não mostrou grande diferença com o de Cibes e Samuels.

O tratamento no qual se omitiu o cálcio apresentou uma diminuição significativa de nitrogênio em relação ao Completo. A diminuição relativa do conteúdo de nitrogênio foi semelhante ao encontrado por Cibes e Samuels. NIGHTINGALE et al. (1931) encontraram que o baixo conteúdo de nitrogênio em tomateiro deficiente em cálcio, era devido à diminuição na absorção do íon nitrato pelas plantas.

A deficiência de potássio causou uma diminuição no teor de nitrogênio. CIBES e SAMUELS (1955) encontraram a mesma coisa em cafeeiro; porém, em fumo ocorreu um efeito inverso.

A diminuição na concentração de nitrogênio nas folhas deficientes em enxofre, pode ser devido a que as plantas não mostraram deficiência visível, não havendo, portanto, paralisação do crescimento, e desse forma o conteúdo de nitrogênio sofreu, possivelmente um efeito de diluição.

Os níveis encontrados nas folhas superiores, em função dos tratamentos Completo e -N foram os seguintes:

<u>Nível de nitrogênio</u>	<u>N%</u>
Deficiente	1,56
Adequado	3,38

4.3.1.2. Fôlhas inferiores

Os teores de nitrogênio, médias de 4 repetições, expressos em N% e em arc sen $\sqrt{N\%}$, se acham no Quadro Nº 10.

Quadro Nº 10. Teor percentual de N nas fôlhas inferiores

<u>Tratamentos</u>	<u>arc sen $\sqrt{N\%}$</u>	<u>N%</u>
-P	8,211	2,04
-Ca	7,350	1,64
Completo	7,233	1,58
-S	6,966	1,47
-Mg	6,959	1,47
-K	6,212	1,17
-N	5,327	0,87
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,452	
D6	0,448	
D5	0,441	
D4	0,433	
D3	0,421	
D2	0,401	
C. V.	3,92%	
s	0,270	

Os dados expostos no Quadro Nº 10 mostram, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, que o tratamento -P é maior que todos. Os tratamentos -Ca, Completo, -S e -Mg não diferem entre si, sendo maiores do que os -K e -N. O tratamento -K também supera o -N.

Da mesma forma com que ocorreu nas fôlhas superiores a omissão de nitrogênio provocou uma acentuada queda no teor deste elemento, se assemelhando muito ao valor encontrado por CIBES e SAMUELS (1957). Entretanto, outros nutrientes também se acham ligados à absorção do nitrogênio. Assim, enquanto o -P aumentou o teor desse elemento, o -K da mesma forma que nas fôlhas superiores, fez baixar a concentração de nitrogênio, mas,

não ao nível de deficiência.

A omissão ou aplicação de doses crescentes de potássio ao solo, não foi encontrado afetar o conteúdo de nitrogênio nas folhas de fumo (BOWLING e BROWN, 1947).

Em relação à influência da falta de fósforo no acúmulo de nitrogênio, o fato já tem sido observado por CIBES e SAMUELS (1957), mostrando as folhas deficientes em fósforo, um conteúdo de nitrogênio superior em 27% com relação ao Completo. Os tratamentos -Ca e -S, que nas folhas superiores haviam influído na absorção de nitrogênio, no caso presente não se deu, talvez, devido ao fato da deficiência de ambos ocorrerem nas folhas superiores.

Os níveis de nitrogênio encontrados nas folhas inferiores foram os seguintes:

<u>Nível de nitrogênio</u>	<u>N%</u>
Deficiente	0,87
Adequado	1,58

4.3.1.3. Caule

Os conteúdos de nitrogênio, médias de 4 repetições, expressos em N% e em $\text{arc sen } \sqrt{N\%}$, se acham no Quadro Nº 11.

Quadro Nº 11. Teor percentua de N no caule

<u>Tratamentos</u>	<u>arc sen $\sqrt{N\%}$</u>	<u>N%</u>
-S	6,749	1,38
-P	5,960	1,08
-Ca	5,668	0,98
Completo	5,307	0,86
-Mg	5,192	0,82
-K	5,087	0,79
-N	4,737	0,68
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,536	
D6	0,531	
D5	0,523	
D4	0,514	
D3	0,499	
D2	0,475	
C. V.	5,79%	
s	0,320	

A análise estatística dos dados indica, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, que o tratamento -S supera significativamente aos demais. O -P não difere do -Ca, sendo superior ao Completo, -Mg, -K e -N. O tratamento -Ca não difere do Completo e -Mg, mas supera ao -K e -N. O Completo, -Mg, e -K não diferem entre si, sendo eles superiores ao -N.

A omissão de nitrogênio na solução causou o mais baixo teor desse elemento no caule (0,68%).

Observa-se que a deficiência de enxofre e fósforo provocaram acumulação de nitrogênio. VIARTE CHOUTEAU (1961) acharam uma relação inversa entre os conteúdos de nitrogênio e fósforo quando plantas de fumo receberam doses crescentes de fósforo. HEAS (1953) encontrou maior teor de nitrogênio quando as plantas de fumo não receberam enxofre. GILBERT (1951) afirma que, em geral, as plantas deficientes em enxofre se caracterizam por teores mais altos de nitrogênio, e por elevada relação NO_3/N -orgânico, como resultado da baixa atividade da reductase do nitrato.

<u>Nível de nitrogênio</u>	<u>N%</u>
Deficiente	0,68
Adequado	0,86

4.3.1.4. Raiz

Os conteúdos de nitrogênio na raiz, médias de 4 repetições, expressos em N% e em arc sen $1/\sqrt{\text{N}}$, se encontram no Quadro Nº 12.

A análise estatística dos dados, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, indica que os tratamentos -Ca, -K, Completo, -Mg, -S e -P não diferem entre si, sendo todos eles superiores ao -N.

Observa-se, portanto, que não houve influência dos diversos tratamentos sobre o teor de nitrogênio na raiz, exceto quando esse nutriente foi omitido da solução nutritiva, indicando o que parte dessa quantidade inicial acumulada se translocou para a parte aérea da planta. HAAG (1958) não achou diferença no teor de nitrogênio nas raízes de caféiro que apresentavam as deficiências dos macronutrientes.

Quadro Nº 12. Teor percentual de N na raiz

Tratamentos	arc sen $\sqrt{N\%}$	N%
-Ca	7,588	1,75
-K	7,290	1,61
Completo	7,248	1,59
-Mg	7,241	1,59
-S	7,241	1,59
-P	7,168	1,56
-N	5,759	1,02
d.m.s. ao nivel de 5% (Duncan)		
D7	0,586	
D6	0,581	
D5	0,572	
D4	0,562	
D3	0,546	
D2	0,520	
C. V.	4,95%	
s	0,350	

Os níveis de nitrogênio, deficiente e adequado, achados na raiz foram os seguintes:

<u>Nível de nitrogênio</u>	<u>N%</u>
Deficiente	1,02
Adequado	1,59

4.3.2. Efeitos dos tratamentos sobre o teor percentual de fósforo.

4.3.2.1. Fôlhas superiores

Os conteúdos de fósforo nas fôlhas superiores, médias de 4 repetições, expressos em arc sen $\sqrt{P\%}$ e em $P\%$, se acham no Quadro Nº 13.

A análise estatística dos dados, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, indica que o tratamento Completo não difere do -Mg e -K, e supera significativamente ao -Ca, -N, -S e -P. O tratamento Mg é igual ao -K e superior ao -Ca. -N -S e -P. O -K não difere do -Ca e -N, mas é maior que o -S e -P. Os tratamentos -Ca, -N e -S não diferem entre si, sendo os três superiores ao -P.

Quadro Nº 13. Teor percentual de P nas folhas superiores.

Tratamentos	arc sen $\sqrt{P\%}$	P%
Completo	3,382	0,349
-Mg	3,381	0,349
-K	3,315	0,336
-Ca	3,119	0,298
-N	3,116	0,295
-S	3,050	0,283
-P	2,154	0,141
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,233	
D6	0,231	
D5	0,227	
D4	0,222	
D3	0,217	
D2*	0,206	
C. V.	4,52%	
s	0,139	

A omissão de fósforo na solução causou o teor mais baixo (0,141% de P); este valor é bastante aproximado ao 0,17% de P encontrado por WALLACE e FROLICH (1965) nas folhas superiores de plantas deficientes. Entretanto, em relação ao conteúdo das folhas normais, os autores citados acharam teor bem mais elevado (0,71%). A concentração de 0,349% de P que apresentaram as plantas do tratamento Completo é inferior ao de CIBES e SAMUELS (1957) que está na ordem de 0,86%. Nelson et al., citados por BIGHAM (1966), encontraram 0,29% de P, porém, analisando o total de folhas

A omissão de cálcio causou uma diminuição de fósforo. BROESHART (1956) informa que a deficiência de cálcio se caracteriza por uma menor concentração de cálcio e fósforo nas plantas. Como as outras partes não mostram diferenças no teor de fósforo desse tratamento em relação ao Completo, nota-se que a falta de cálcio influenciou na translocação do fósforo para as partes mais novas. SWANBACK (1939) relata que o cálcio ajuda a translocação do fósforo.

A omissão de nitrogênio também diminuiu a concentração de fósforo. Como houve acúmulo de fósforo no caule e

na raiz, o efeito anterior parece indicar que a utilização deste elemento é influenciado pela nutrição nitrogenada das folhas. JENNING (1963), citando experimento de Ketchum, informa que o nitrato pode incrementar a incorporação de fosfatos nos compostos orgânicos, como também, favorecer a síntese do carregador responsável pela absorção de fósforo. Em condições de deficiência de nitrogênio, o fosfato não seria fixado nos compostos orgânicos, e, daí, possivelmente, a tendência desse nutriente em se translocar para os órgãos mais velhos onde a falta de nitrogênio altera o equilíbrio iônico.

Geralmente, a literatura relata um acúmulo de fósforo quando em condições de deficiência de enxofre. No presente caso, no -S, a diminuição na concentração desse nutriente pode ser devido ao efeito de diluição, provocada pelo grande desenvolvimento das folhas.

Os níveis de fósforo, deficiente e adequado, achados nas folhas superiores foram os seguintes:

<u>Nível de fósforo</u>	<u>P%</u>
Deficiente	0,141
Adequado	0,349

4.3.2.2. Folhas inferiores

Os teores de fósforo nas folhas inferiores, médias de 4 repetições, expressos em P% e em $\text{arc sen } \sqrt{P\%}$, se acham no Quadro Nº 14.

A análise estatística dos dados do Quadro Nº 14, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, mostra que o tratamento -N não difere do -K, -Mg e Completo, sendo superior ao -Ca, -S e -P. Os tratamentos -K, -Mg, Completo e -Ca não diferem entre si, superando cada um deles ao -S e -P. O tratamento -S também supera ao -P.

Observando o quadro, vê-se que o menor conteúdo de fósforo (0,057%) foi obtido nas plantas deficientes nesse elemento. O nível de deficiência encontrado é praticamente igual aos obtidos em trabalhos anteriores. Assim, CIBES e SAMUELS (1957) e WALLACE e FROLICH (1965) acharam conteúdos de 0,07% de P.

Quadro Nº 14. Teor percentual de P nas folhas inferiores.

Tratamentos	arc sen $\sqrt{P\%}$	P%
-N	2,778	0,235
-K	2,735	0,228
-Mg	2,732	0,228
Completo	2,654	0,214
-Ca	2,605	0,206
-S	2,442	0,182
-P	1,340	0,057
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,151	
D6	0,149	
D5	0,147	
D4	0,144	
D3	0,139	
D2	0,134	
C. V.	3,64%	
s	0,090	

O nível considerado adequado, encontrado na planta normal, é um pouco mais baixo daquele de Nelson et al., e bem menor dos de Gibes e Samuels e de Wallace e Frolich.

O único macronutriente que causou uma diminuição no teor de fósforo foi o enxofre, como se verificou também para as folhas superiores.

Embora não seja constatado influência da deficiência de nitrogênio no teor de fósforo, as plantas mostraram uma tendência a acumular esse nutriente na suas folhas inferiores.

Os níveis de fósforo, deficiente e adequado, achados nas folhas inferiores, foram os seguintes:

<u>Nível de fósforo</u>	<u>P%</u>
Deficiente	0,057
Adequado	0,214

4.3.2.3. Caule

Os teores de fósforo no caule, médios de 4 repetições, expressos em P% e em arc sen $\sqrt{P\%}$, se acham no Quadro Nº 15.

Quadro Nº 15. Teor percentual de P no caule

Tratamentos	arc sen $\sqrt{P\%}$	P%
-N	3,183	0,309
-S	2,559	0,195
-Mg	2,551	0,196
-K	2,436	0,181
-Ca	2,377	0,173
Completo	2,250	0,155
-P	1,255	0,048
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,201	
D6	0,199	
D5	0,196	
D4	●,193	
D3	0,187	
D2	0,178	
C. V.	5,05%	
s	0,120	

A análise estatística dos dados, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, indica que o tratamento -N difere significativamente de todos os demais. O -S não difere do -Mg, -K e -Ca, sendo superior ao Completo e -P. O tratamento -Mg difere do Completo e -P, mas não do -K e -Ca. Os tratamentos -K, -Ca e Completo não diferem entre si, sendo maiores do que o -P.

Observa-se, portanto, que as plantas com deficiência de fósforo apresentaram o conteúdo mais baixo deste elemento (0,048%). O nível de deficiência achado no caule é o menor de toda a planta.

O conteúdo que apresenta a planta normal (0,155%) foi um pouco inferior ao de Nelson et al., citados por BIGHAM (1966), que encontraram teores de 0,20 e 0,28% de P no caule.

A omissão de nitrogênio mostrou a maior concentração de fósforo, o que indica que o mecanismo de absorção pelas folhas ficou alterado. A deficiência de enxofre e de magnésio também causaram esse fenômeno, tanto no caule como na raiz, ao contrário do que foi observado nas folhas.

Os níveis de fósforo achados no caule foram os seguintes:

<u>Nível de fósforo</u>	<u>P%</u>
Deficiente	0,048
Adequado	●,155

4.3.2.4. Raiz

Os teores de fósforo na raiz, médias de 4 repetições, expressos em P% e em arc sen $\sqrt{P\%}$, se encontram no Quadro Nº 16.

Quadro Nº 16. Teor percentual de P na raiz

Tratamento	arc sen $\sqrt{P\%}$	P%
-N	2,847	0,247
-S	2,820	0,242
-Mg	2,766	0,233
-K	2,561	0,195
Completo	2,545	0,195
-Ca	2,522	0,189
-P	1,600	0,078
d.m.s. ao nível de 5 % (Duncan)		
D7	0,132	
D6	0,131	
D5	0,129	
D4	0,127	
D3	0,123	
D2	0,117	
C. V.	3,05%	
s	0,079	

A análise estatística dos dados, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, indica que os tratamentos -N, -S e -Mg não diferem entre si, sendo superiores ao -K, Completo, -Ca e -P. Os tratamentos -K, Completo e -Ca não diferem entre si, mas superam ao -P.

A deficiência de fósforo causou a menor concentração de fósforo na raiz (0,078%). A omissão de nitrogênio, enxofre e magnésio causaram acumulação desse nutriente, em relação à planta normal que apresentou 0,195% de P. Em relação à influência do magnésio, CROCOMO e MALAVOLTA (1964) verificaram em plantas de cevada, que a translocação do fósforo da raiz para a parte aérea diminui quando decresce a concentração de magnésio no meio nutritivo.

Os níveis de fósforo achados na raiz foram os seguintes:

<u>Nível de fósforo</u>	<u>P%</u>
Deficiente	0,078
Adequado	0,195

4.3.3. Efeitos dos tratamentos sobre o teor percentual de potássio.

4.3.3.1. Fôlhas superiores

Os teores de potássio nas fôlhas superiores, médias de 4 repetições, expressos em K% e em arc sen $\sqrt{K\%}$, se acham no Quadro Nº 17.

Quadro Nº 17. Teor percentual de K nas fôlhas superiores

Tratamentos	arc sen $\sqrt{K\%}$	K%
-Mg	10,866	3,57
-Ca	10,247	3,17
Completo	9,706	2,84
-N	9,701	2,86
-P	9,520	2,74
-S	9,417	2,68
-K	5,733	1,00
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,554	
D6	0,549	
D5	0,541	
D4	0,531	
D3	0,516	
D2	0,491	
C. V.	3,55%	
s	0,331	

A análise estatística dos dados indica, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, que o tratamento -Mg supera aos demais. O -Ca difere dos tratamentos Completo, -N, -P, -S e -K. O Completo, -N, -P e -S não diferem entre si, sendo cada um deles superior ao -K.

A omissão de potássio na solução apresentou o mais baixo teor de potássio nas fôlhas superiores (1,00%), bem inferior ao tratamento Completo (2,84%). O teor de potássio encontrado se coloca dentro dos valores dados por Mc Evoy, citado por ULRICH e OHKI (1966), cuja concentração entre 0,55 e 1,08% de K nas fôlhas superiores é considerado como a faixa de deficiência para esse elemento.

BOWLING e BROWN (1947) acharam um teor de 1,56% de K nas fôlhas superiores com deficiência muito severa. O teor

mais alto encontrado por êsses pesquisadores pode ser devido ao fato das plantas terem crescido em condições de campo, onde se torna difícil controlar a omissão do elemento. Ademais, os autores separaram as fôlhas em superiores, medianas e inferiores. Como o potássio se acumula na zona de crescimento ativo, é lógico esperar um maior conteúdo d'êste nutriente nas partes superiores, particularmente quando se processa maior número de subdivisões nas fôlhas.

A falta de magnésio ou cálcio na solução causou uma acumulação de potássio na fôlha, superior ao tratamento Completo, fato constatado também por CIBES e SAMUELS (1957) em solução nutritiva e por BOWLING e BROWN (1947) e TINCKNELL, LOPEZ RITAS e AYALA (1962) sob condições de campo.

O teor achado nas plantas normais (2,84% de K) cae dentro dos valores de Mc Evoy (2,64-3,17% de K), considerado como adequado para as fôlhas superiores.

Os níveis de potássio, sediciente e adequado, encontrados nas fôlhas superiores, foram os seguintes:

<u>Nível de potássio</u>	<u>K%</u>
Deficiente	1,00
Adequado	2,84

4.3.3.2. Fôlhas inferiores

Os teores de potássio nas fôlhas inferiores, médias de 4 repetições, expressos em K% e em $\text{arc sen } \sqrt{K\%}$, se acham no Quadro Nº 18.

A análise estatística dos dados do Quadro Nº 18, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, indica que os tratamentos -Mg e -Ca não diferem entre si, sendo ambos maiores do que o -P, -N, -S, Completo e -K. O tratamento -N não difere do -S, e ambos são maiores ao -K. O tratamento Completo também difere do -K.

A omissão de potássio na solução causou uma queda muito grande na concentração d'êste elemento, mais acentuada que nas fôlhas superiores, fato correlacionado com a aparição dos sintomas de deficiência. As fôlhas inferiores mostraram um conteúdo de 0,39%, enquanto que as fôlhas normais

Quadro Nº18. Teor percentual de K nas folhas inferiores.

Tratamentos	arco sen $\sqrt{K\%}$	K%
-Mg	11,741	4,14
-Ca	11,391	3,91
-P	9,862	2,93
-N	9,436	2,69
-S	9,331	2,63
Completo	8,873	2,38
-K	3,600	0,39
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,506	
D6	0,501	
D5	0,494	
D4	0,485	
D3	0,471	
D2	0,448	
C. V.	3,29%	
s	0,302	

2,38% de K.

O nível de potássio nas folhas inferiores, associado com pronunciada deficiência de potássio é de 0,3-0,5% de K, segundo Drake e Scarsoth, citados por ULRICH (1948).

No Evoy, citado por ULRICH e OHKI (1966), encontrou que a faixa de deficiência para as folhas inferiores era de 0,42 a 0,51%, e que o conteúdo normal variava entre 2,44 - 2,83% de K. TINCKNELL, LOPEZ RITAS e AYALA (1962) acharam na sexta folha da base, fortemente afetada, teores que variavam de 0,31 a 0,85% de K, e concluíram também que o nível de potássio deveria ser de 1,9% para não aparecer sintomas.

CIBES e SAMUELS (1957) encontraram um conteúdo de 0,28% nas folhas de plantas deficientes e de 3,86% nas normais. BOWLING e BROWN (1947) indicaram que com um teor de 3,2% de K, as folhas não apresentavam sintomas, mas, as folhas inferiores severamente afetada de carência possuíam 0,67% de K.

O conteúdo achado no presente ensaio para as plantas submetidas à omissão deste elemento, foi muito próximo aos assinalados nos trabalhos anteriormente citados; porém, já em relação ao teor considerado adequado, só os valores de Bowling e Brown e de Cibes e Samuels foram mais elevados.

As carências de magnésio, cálcio, fósforo, nitrogênio e enxôfre favoreceram a acumulação de potássio, sendo o efeito dos dois primeiros da maior intensidade. A absorção de potássio pelas raízes é relacionada à absorção de outros íons. É muito usual encontrar que o decréscimo na absorção de uma base será compensada por um aumento na absorção de outra base, de maneira que o total de equivalente de bases no tecido da planta permanecerá aproximadamente constante (HOAGLAND, 1948). Muitos trabalhos mostraram essa relação na absorção de nutrientes, particularmente entre o potássio, cálcio e magnésio. Assim, CIBBS e SAMUELS (1957) e WALSH e O'DONOHUE (1945) verificaram que plantas de fumo deficientes em magnésio e cálcio apresentaram conteúdo mais elevado de potássio.

LAWTON e COOK (1954) informam que há maior absorção de potássio pelas plantas quando nitrogênio ou fósforo são fatores limitantes do crescimento.

CIBBS e SAMUELS (1957) encontraram um teor mais alto de potássio nos tratamentos sem fósforo e sem enxôfre, e uma diminuição quando foi omitido nitrogênio. Neste último fato, o resultado obtido no presente ensaio, não concorda com eles.

Os níveis de potássio, deficiente e adequado, achados nas folhas inferiores, foram os seguintes:

<u>Nível de potássio</u>	<u>K%</u>
Deficiente	0,39
Adequado	2,38

4.3.3.3. Caulo

Os teores de potássio no caule, médias de 4 repetições, expressos em K% e em arc sen $\sqrt{K\%}$, se encontram no Quadro Nº 19.

A análise estatística dos dados mostra, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, que o tratamento -Ca não difere do -N e -S, e supera ao -Mg, -P, Completo, e -K. Os tratamentos -S, -Mg, -P e Completo não diferem entre si, sendo superiores ao -K. O -N não difere do -S, -Mg e -P superando ao Completo e -K.

Quadro Nº 19. Teor percentual de K no caule

Tratamento	arc sen /K%	K%
-Ca	7,889	1,89
-N	7,558	1,73
-S	7,403	1,66
-Mg	7,191	1,57
-P	7,085	1,51
Completo	6,946	1,46
-K	4,335	0,57
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,596	
D6	0,591	
D5	0,582	
D4	0,571	
D3	0,555	
D2	0,529	
C. V.	4,92%	
s	0,356	

As plantas que cresceram em solução sem potássio apresentaram um teor de 0,57% de K. Este valor é aproximadamente três vezes menor ao encontrado por BOWLING e BROWN (1947) nas plantas que manifestavam visíveis sintomas sob condições de campo. Quanto à planta testemunha, o teor de 1,46% também é menor ao dos autores citados, que encontraram conteúdos superiores a 3,0%.

Os tratamentos -Ca e -N são os únicos que causaram acumulação de potássio no caule. É interessante observar que o tratamento -Mg, embora tendo influenciado na concentração de potássio nas folhas, não mostrou a mesma influência em relação ao caule.

Os níveis de potássio, deficiente e adequado, achados no caule foram os seguintes:

<u>Nível de potássio</u>	<u>K%</u>
Deficiente	0,57
Adequado	1,46

4.3.3.4. Raiz

As percentagens de potássio na raiz, médias de 4 repetições, expressas em K% e em arc sen $\sqrt{K\%}$, se acham no

Quadro Nº 20

Quadro Nº 20. Teor percentual de K na raiz

Tratamento	arc sen $\sqrt{K\%}$	K%
-N	8,176	2,03
-Mg	7,720	1,81
-S	6,975	1,47
-P	6,859	1,48
Completo	6,656	1,35
-Ca	6,010	1,10
-K	3,620	0,40
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,591	
D6	0,586	
D5	0,577	
D4	0,566	
D3	0,551	
D2	0,524	
C. V.	5,17%	
s	0,353	

A análise estatística dos dados indica, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, que os tratamentos -N e -Mg não diferem entre si, sendo superiores ao -S, -P, Completo, -Ca e -K. Os tratamentos -S, -P e Completo são estatisticamente iguais, mas superam ao -Ca e -K. O tratamento -Ca também é maior que o -K.

Como tem ocorrido nas outras partes da planta, a omissão de potássio na solução provocou o menor conteúdo deste elemento na raiz. Não foi encontrado na literatura sobre fumo, dados de análises químicas deste órgão.

Quando se omitiu o cálcio, o teor de potássio na raiz diminuiu em relação à planta normal. É conhecido que o 70% do potássio se encontra na seiva em forma iônica (MALAVOLTA, et al., 1964). Possivelmente, a deficiência de cálcio aumenta a saída de potássio das raízes para a solução externa, ou influi na velocidade de translocação deste elemento para as partes superiores da planta, a fim de manter o equilíbrio de bases nos diversos órgãos, devido à de-

ficiência de cálcio. Segundo HOAGLAND (1948) existe o aspecto fisiológico da interação de bases após sejam estes absorvidos.

Os tratamentos -N e -Mg apresentaram uma concentração maior de potássio que o Completo. O mesmo fato foi verificado por HAAG (1958) em raízes de cafeeiro.

Os níveis de potássio, deficiente e adequado, achados na raiz, foram os seguintes:

<u>Nível de potássio</u>	<u>K%</u>
Deficiente	0,40
Adequado	1,35

4.3.4. Efeitos dos tratamentos sobre o teor percentual de cálcio.

4.3.4.1. Fôlhas superiores

Os teores de cálcio nas fôlhas superiores, médias de 4 repetições, expressos em Ca% e em $\text{arc sen } \sqrt{\text{Ca}\%}$, se encontram no Quadro Nº 21.

Quadro Nº 21. Teor percentual de Ca nas fôlhas superiores.

Tratamentos	$\text{arc sen } \sqrt{\text{Ca}\%}$	Ca%
-K	6,725	1,38
-P	5,715	0,99
Completo	5,675	0,98
-S	5,597	0,95
-Mg	4,957	0,75
-N	3,710	0,42
-Ca	1,510	0,07
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,504	
D6	0,500	
D5	0,492	
D4	0,483	
D3	0,469	
D2	0,447	
C. V.	6,21%	
s	0,301	

A análise estatística mostra, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, que o tratamento -K supera significativamente aos demais. Os tratamentos -P, Completo e -S não diferem entre si, mas são superiores ao -Mg, -N e -Ca. O tratamento -Mg é maior que o -N e -Ca, sendo, ainda, este último inferior ao -N.

O conteúdo de cálcio que apresentaram as folhas deficientes foi de 0,07%, muito mais baixo dos teores encontrados na literatura. Assim, GARNER et al. (1930) determinaram valores que variavam de 0,94 a 1,30% de Ca nas folhas superiores. Mc HURTREY (1931) informa que o tecido foliar deveria conter mais de 1,0% de Ca para prevenir a deficiência. Estes valores foram obtidos de plantas crescidas em condições de campo.

CIBES e SAMUELS (1957) encontraram 0,29% de Ca analisando o total de folhas em plantas deficientes e 1,23% na planta normal.

O teor encontrado na planta normal (0,98%) é quase igual ao valor limite considerado por Mc Murtrey, e um pouco inferior ao de Cibes e Samuels. GARNER et al. (1930) determinaram teores entre 1,33 e 2,43% de Ca nas folhas livres de sintomas.

A omissão de potássio na solução favoreceu a acumulação de cálcio. Esse aumento de cálcio devido à carência de potássio foi observado no fumo por diversos pesquisadores (TINCKNELL, LOPEZ RITAS e AYALA, 1962; CIBES e SAMUELS, 1957; BOWLING e BROWN, 1947 e WALSH e O'DONOHUE, 1945). A explicação para este fato (OVERSTREET, JACOBSON e HANDLEY, 1952) é que o potássio e cálcio são absorvidos por um mecanismo similar, e que ambos os cations competem pelo mesmo ponto do carregador. Na ausência de um deles, ocorreria maior absorção do outro.

A deficiência de magnésio causou uma baixa concentração de cálcio. A literatura comumente registra o contrário. Neste caso, possivelmente, a falta de magnésio parece ter um efeito indireto sobre o cálcio; pois, favoreceu uma alta concentração de potássio, o qual poderia ser o responsável pela redução do teor de cálcio.

As plantas deficientes em nitrogênio acusaram um teor baixo de cálcio, o que também foi observado por CARVAJAL (1960) em cafeeiro cultivado em solução nutritiva.

Os níveis de cálcio, deficiente e adequado, encontrados nas folhas superiores foram os seguintes:

<u>Nível de cálcio</u>	<u>Ca%</u>
Deficiente	0,07
Adequado	0,98

3.4.4.2. Folhas inferiores

Os teores de cálcio, médias de 4 repetições, expressos em Ca% e em arc sen $\sqrt{\text{Ca}\%}$, se acham no Quadro Nº 22.

Quadro Nº 22. Teor percentual de Ca nas folhas inferiores.

Tratamentos	arc sen $\sqrt{\text{Ca}\%}$	Ca%
-K	10,244	3,17
-P	9,775	2,88
Completo	9,569	2,76
-Mg	9,117	2,52
-S	9,013	2,46
-N	8,838	2,36
-Ca	6,422	1,25
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,814	
D6	0,807	
D5	0,795	
D4	0,780	
D3	0,758	
D2	0,722	
C. V.	5,40%	
s	0,486	

A análise estatística dos dados, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, mostra que o tratamento -K não difere do -P e Completo, superando ao -Mg, -S, -N e -Ca. O tratamento -P é igual ao Completo, -Mg e -S, mas superior ao -N e -Ca. Os tratamentos Completo, -Mg, -S e -N não diferem entre si, sendo todos superiores ao -Ca.

As plantas deficientes em cálcio apresentaram um teor de 1,25% de Ca, estando dentro da faixa de deficiência considerada por Garner et al. Swanback et al., citados por CHAPMAN (1966), considera teor baixo quando as folhas possui uma concentração de 1,30 a 2,30% de Ca.

A grande diferença entre o teor de cálcio nas folhas inferiores em relação às superiores, mostra claramente a falta de mobilidade deste elemento.

Em relação ao teor normal, a literatura apresenta muita variação. O conteúdo achado (2,76% de Ca) é duas vezes superior ao de CIBES e SAMUELS (1957). O teor mínimo de cálcio encontrado por GARNER et al. (1930 nas folhas inferiores de plantas livres de deficiência foi de 1,90%.

Nóta-se que o potássio não causou acumulação de cálcio em relação ao Completo; porém, a influência da omissão daquele elemento, da mesma forma que nas folhas superiores é mais acentuada do que o magnésio.

Os níveis de cálcio, deficiente e adequado, achados nas folhas inferiores foram os seguintes:

<u>Nível de cálcio</u>	<u>Ca%</u>
Deficiente	1,25
Adequado	2,76

3.4.4.3. Caule

Os teores de cálcio no caule, médias de 4 repetições, expressos em Ca% e em arc sen $\sqrt{\text{Ca}\%}$, se encontram no Quadro Nº 23.

A análise estatística dos dados do Quadro Nº 23, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, revela que o tratamento -Mg é igual ao -K e supera ao -P, Completo, -S, -N e -Ca. O tratamento -K não difere do -P, sendo maior do que o Completo, -S, -N e -Ca. Os tratamentos -P e Completo não diferem entre si, nas ambos são maiores ao -S, -N e -Ca. O -S difere do -N e -Ca. O -N também é maior que o -Ca.

É interessante observar que o caule das plantas deficientes em cálcio apresentou um teor neste elemento i-

Quadro Nº 23. Teor percentual de Ca no caule

Tratamento	arc sen $\sqrt{\text{Ca}\%}$	Ca%
-Mg	4,070	0,50
-K	3,817	0,44
-P	3,602	0,39
Completo	3,457	0,36
-S	3,162	0,30
-N	2,862	0,25
-Ca	1,510	0,07
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,292	
D6	0,289	
D5	0,284	
D4	0,279	
D3	0,271	
D2	0,258	
C. V.	5,41%	
s	0,174	

guel ao das folhas superiores, e inferior ao da raiz e folhas inferiores, indicando claramente a falta de translocação do cálcio em direção aos órgãos mais novos.

Os tratamentos -S e -N mostraram, em relação ao Completo, diminuição no conteúdo de cálcio no caule, enquanto que o -K e -Mg mostraram teores mais elevados.

A omissão de magnésio, ao provocar uma acumulação do cálcio no caule e nas raízes, indica ter alguma influência sobre a translocação desse nutriente dos referidos órgãos para as folhas superiores.

Uma maior percentagem de cálcio no caule de plantas deficientes em potássio, foi encontrado por BOWLING e BROWN (1947). Entretanto, em relação a deficiência dos outros nutrientes, nada foi encontrado na literatura consultada.

3.4.4.4. Raiz.

Os conteúdos de cálcio na raiz, médias de 4 repetições, expressos em Ca% e em arc sen $\sqrt{\text{Ca}\%}$, se acham no Quadro Nº 24.

Quadro Nº 24. Teor percentual de Ca na raiz

Tratamentos	arc son /Ca%	Ca%
-Mg	6,355	1,23
-K	6,350	1,22
Completo	5,305	0,85
-P	5,180	0,81
-S	4,900	0,73
-N	3,460	0,36
-Ca	2,352	0,16
d.n.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,405	
D6	0,402	
D5	0,396	
D4	0,388	
D3	0,377	
D2	0,359	
C. V.	4,99%	
s	0,242	

A análise estatística revela, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, que os tratamentos -Mg e -K não diferem entre si, sendo ambos superiores ao Completo, -P, -N e -Ca. O tratamento Completo é igual ao -P, e maior que o -S, -N e -Ca. O -P e -S não diferem entre si, superando os dois ao -N e -Ca. O -N também supera ao -Ca.

Observa-se na raiz, que a influência dos diversos tratamentos sobre o teor de cálcio é a mesma apresentada pelo caule. A omissão de cálcio produziu a menor concentração deste elemento, enquanto que a falta de enxofre e nitrogênio causaram teores abaixo do tratamento Completo.

A diminuição do cálcio em todas as partes das plantas deficientes em nitrogênio, pode ser devida em parte ao fato da solução nutritiva no -N apresentar a metade da concentração de cálcio da solução completa.

A omissão de potássio e magnésio causaram uma acumulação de cálcio nas raízes. É admitido que as deficiências desses elementos causam uma maior absorção de cálcio pelas raízes das plantas.

Os níveis de cálcio, deficiente e adequado, achados na raiz, foram os seguintes:

<u>Nível de cálcio</u>	<u>Ca%</u>
Deficiente	0,16
Adequado	0,85

4.3.5. Efeitos dos tratamentos sobre o teor percentual de magnésio.

4.3.5.1. Fôlhas superiores

Os teores de magnésio nas fôlhas superiores, médias de 4 repetições, expressos em Mg% e em arc sen $\sqrt{\text{Mg}\%}$, se encontram no Quadro Nº 25.

Quadro Nº 25. Teor percentual de Mg nas fôlhas superiores.

<u>Tratamentos</u>	<u>arc sen $\sqrt{\text{Mg}\%}$</u>	<u>Mg%</u>
-Ca	4,530	0,62
Completo	3,875	0,46
-K	3,860	0,45
-S	3,825	0,44
-P	3,590	0,39
-N	3,075	0,29
-Mg	2,735	0,23
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,234	
D6	0,232	
D5	0,229	
D4	0,225	
D3	0,218	
D2	0,208	
C. V.	3,84%	
s	0,140	

A análise estatística mostra, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, que o tratamento -Ca difere significativamente dos demais. Os tratamentos Completo, -K, e -S não diferem entre si, sendo superiores ao -P, -N, e -Mg. O tratamento -P supera o -N e -Mg, sendo o -N maior que o -Mg.

As plantas que se desenvolveram nas soluções carentes de magnésio apresentaram concentrações deste elemento da ordem de 0,23%. Segundo GARNER et al. (1930), os teores das plantas deficientes variavam de 0,08 a 0,21% de Mg, quando o total de fôlhas foi analisado. Tais autores e igualmente Mc MURFREY (1931) concordam que o teor mínimo de magnésio para não aparecer sintomas deve ser de 0,25%.

As percentagens de magnésio para as fôlhas superiores encontradas por Mc Evoy, citado por EMBLETON (1966), foram mais elevadas do que as do presente trabalho, ou seja na ordem de 0,41 a 0,47%; mas, estes valores devem ser tomados com certo cuidado, pois, as fôlhas inferiores das plantas deficientes em magnésio, apresentaram teores mais elevados, o qual não está em correspondência com o desenvolvimento da deficiência.

As fôlhas das plantas com solução completa apresentaram 0,46% de Mg. GARNER et al. (1930) acharam nas fôlhas normais concentrações de 0,18 a 0,65%, e Mc Evoy algo mais elevado, de 0,48 a 0,98% para as fôlhas superiores.

A omissão de cálcio causou uma diminuição no teor de magnésio. Essa relação inversa entre os dois cations foram também observadas no fumo por CIBES e SAMUELS (1957 e por GARNER et al. (1930).

A deficiência de fósforo causou também diminuição no teor de magnésio. Segundo JENNING (1963) o mecanismo responsável da absorção de magnésio está relacionado ao metabolismo do fosfato nas células. GILBERT (1950) cita que o magnésio é usualmente mais abundante na planta onde nucleoproteínas estão sendo formadas. Na falta de fósforo, a síntese desses compostos ficaria reduzida, causando a baixa acumulação de magnésio nas células. Pela mesma razão, possivelmente, a omissão de nitrogênio causou a diminuição do magnésio. CIBES e SAMUELS (1957) e Mc Evoy, citado por STEINBER e TSO (1958) também verificaram esse efeito. NICHOLAS (1956) informa que um baixo suprimento de nitrogênio accentua a deficiência de magnésio.

Os níveis de magnésio, deficiente e adequado, achados nas fôlhas superiores foram os seguintes:

<u>Nível de magnésio</u>	<u>Mg%</u>
Deficiente	0,23
Adequado	0,46.

4.3.5.2: Fôlhas inferiores

Os conteúdos de magnésio nas fôlhas inferiores, médias de 4 repetições, expressos em Mg% e em arc sen $\sqrt{\text{Mg\%}}$, se acham no Quadro Nº 26.

Quadro Nº 26. Teor percentual de Mg nas fôlhas inferiores

Tratamentos	arc sen $\sqrt{\text{Mg\%}}$	Mg%
+Ca	4,772	0,69
-K	4,417	0,59
-P	4,345	0,57
Completo	4,170	0,53
-S	4,170	0,53
-N	4,040	0,50
-Mg	2,377	0,17
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,219	
D6	0,217	
D5	0,213	
D4	0,209	
D3	0,204	
D2	0,194	
C. V.	3,23%	
s	0,131	

A análise estatística mostra, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, que o tratamento -Ca difere de todos. O -K não difere do -P, superando ao Completo, -S, -N e -Mg. O tratamento -P é igual ao Completo e -S, mas superior ao -N e -Mg. Os tratamentos Completo, -S e -N não diferem entre si sendo superiores ao -Mg.

As fôlhas deficientes em magnésio apresentaram um teor de 0,17% de Mg. Este conteúdo é bem inferior aos demais tratamentos; porém, um pouco mais baixo ao das fôlhas superiores. Entretanto, esse teor permanece dentro dos limites de

deficiência encontrados na literatura.

De igual forma, o conteúdo das folhas normais (0,53% de Mg) concorda com os de GARNER et al. (1930) e Mc MURTREY (1931), sendo, ainda, um pouco menor aos níveis encontrados por Mc Evoy, citado por EMBLETON (1966), cujos valores oscilam entre 0,60 - 1,22% de Mg.

A omissão de cálcio ou potássio provocou uma acumulação de magnésio. O mesmo fenômeno foi observado por GARNER et al. (1930), WALSH e O'DONOHUE (1945), BOWLING e BROWN (1947) e FINCKHELL, LOPEZ RITAS e AYALA (1962) nas folhas de fumo.

JENNINGS (1963), citando a Conway e Duggan, sugere que o mecanismo de absorção de magnésio é a mesma responsável pela acumulação de cátions alcalinos. Na falta de cálcio ou potássio, é de se esperar uma maior absorção de magnésio, devido os pontos de ligação com o carregador estarem disponíveis em maior quantidade para o magnésio, do que quando êsses cationa são fornecidos juntos.

Os níveis de magnésio, deficiente e adequado, achados nas folhas inferiores foram os seguintes:

<u>Nível de magnésio</u>	<u>Mg%</u>
Deficiente	0,17
Adequado	0,53

4.3.5.3. Caule

Os teores de magnésio no caule, médias de 4 repetições, expressos em Mg% e em arc sen $\sqrt{\text{Mg\%}}$, se acham no Quadro Nº 27.

A análise estatística dos dados revela, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, que o tratamento -Ca supera significativamente aos demais. Os tratamentos -K, -N e -P não diferem entre si, sendo os três superiores ao -S, Completo e -Mg. O -S e Completo também não diferem entre si, sendo ambos maiores do que o -Mg.

A omissão de magnésio na solução apresentou o teor mais baixo deste elemento (0,07%). Este valor é inferior ao encontrado por GARNER et al. (1930) sob condições de campo (0,14-0,24% de Mg). Êsses pesquisadores observaram que o con-

Quadro Nº 27. Teor percentual de Mg no caule

Tratamentos	arc sen /Mg%	Mg%
-Ca	2,750	0,23
-K	2,542	0,20
-N	2,497	0,19
-P	2,410	0,18
-S	2,237	0,15
Completo	2,215	0,15
-Mg	1,510	0,07
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,169	
D6	0,168	
D5	0,165	
D4	0,162	
D3	0,157	
D2	0,150	
C. V.	4,37%	
s	0,101	

teúdo de magnésio no caule supera ao das fôlhas quando as plantas estão com deficiência.

A concentração da planta normal (0,15% de Mg) está compreendida entre os valores adequados de GARNER et al. (1930) que é de 0,11 a 0,31% de Mg no caule. O conteúdo de 0,15% achado foi inferior ao das fôlhas, e, nas plantas deficientes foi mais baixo ainda, contrario ao fato observado pelos citados autores.

As deficiências de cálcio e potássio provocaram uma acumulação de magnésio no caule, como tem acontecido no caso das fôlhas. A falta de nitrogênio e fósforo causaram também o mesmo efeito.

Os níveis de magnésio no caule foram os seguintes:

Nível de magnésio	Mg%
Deficiente	0,07
Adequado	0,15

4.3.5.4. Raiz

Os teores de magnésio na raiz, médias de 4 repetições, expressos em Mg% e em arc sen $\sqrt{\text{Mg\%}}$, se acham no Quadro Nº 28.

Quadro Nº 28. Teor percentual de Mg na raiz

Tratamentos	arc sen $\sqrt{\text{Mg}\%}$	Mg%
-P	4,017	0,49
Completo	3,935	0,47
-K	3,892	0,46
-S	3,802	0,44
-N	3,225	0,32
-Ca	3,215	0,31
-Mg	1,315	0,06
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,295	
D6	0,292	
D5	0,288	
D4	0,282	
D3	0,274	
D2	0,261	
C. V.	5,25%	
s	0,176	

A análise estatística dos dados, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, mostra que os tratamentos -P, Completo, -K e -S não diferem entre si, superando cada um deles ao -N, -Ca e -Mg. Os tratamentos -N e -Ca não diferem entre si e superam ao -Mg.

As raízes das plantas deficientes em magnésio apresentaram o teor mais baixo deste elemento (0,06%), sendo quase igual ao do caule.

É interessante notar que, exceto os tratamentos -N e -Ca, os demais não influenciaram sobre o teor de magnésio na raiz.

A omissão de nitrogênio causou diminuição do magnésio. Igual fato foi observado por HAAG (1965) em cana. A omissão de cálcio teve o mesmo efeito do nitrogênio.

Os níveis de magnésio, deficiente e adequado, achados na raiz, foram os seguintes:

<u>Nível de magnésio</u>	<u>Mg%</u>
Deficiente	0,06
Adequado	0,47

4.3.6. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de enxôfre

4.3.6.1. Fôlhas superiores

Os conteúdos de enxôfre nas fôlhas superiores, médias de 4 repetições, expressos em S% e em arc sen $\sqrt{S\%}$, se acham no Quadro Nº 29.

Quadro Nº 29. Teor percentual de S nas fôlhas superiores.

Tratamentos	arc sen $\sqrt{S\%}$	S%
Completo	4,257	0,55
-N	4,257	0,55
-K	4,085	0,51
-P	3,760	0,43
-Mg	3,610	0,30
-Ca	3,042	0,28
-S	2,045	0,13
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,348	
D6	0,345	
D5	0,340	
D4	0,334	
D3	0,324	
D2	0,309	
C. V.	5,80%	
s	0,208	

A análise estatística, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, mostra que os tratamentos Completo, -N e -K não diferem entre si, sendo os três superiores ao -P, -Mg, -Ca e -S. Os tratamentos -P e -Mg também não diferem entre si superando ambos ao -Ca e -S. O -Ca é maior que o -S.

A omissão de enxôfre na solução produziu o teor mais baixo dêste elemento nas fôlhas superiores (0,13%). Entretanto, embora não tendo apresentado sintomas de deficiência, o teor achado foi mais baixo do que os níveis de deficiência encontrados por NEAS (1953) e CIBES e SAMUELS (1957); porém isso se deve ao fato de os dados dêsses pes-

quisadores serem referidos a análises do total de fôlhas.

Weas encontrou 0,18% e 0,22% de S, enquanto Cibes e Samuels 0,16%. Já WEDIN e STRUCKMEYER (1959) acharam um conteúdo de 0,11% de S.

Em relação ao teor normal (0,55%), esta concentração é mais alta que a de Cibes e Samuels (0,39%). Weas encontrou teores mais variáveis nas fôlhas de plantas que receberam enxôfre, na mesma quantidade. No primeiro ano de ensaio as fôlhas continham 0,65% de S, e no segundo ano 0,36%.

Em relação as plantas que mostraram deficiências de fósforo, magnésio e cálcio, o efeito que causaram também foi verificado por CIBES e SAMUELS (1957) em plantas de fumo cultivadas em solução nutritiva.

Os níveis de enxôfre, deficiente e adequado, achados nas fôlhas superiores, foram os seguintes:

<u>Nível de enxôfre</u>	<u>S%</u>
Deficiente	0,13
Adequado	0,55

4.3.6.2. Fôlhas inferiores

Os teores de enxôfre nas fôlhas inferiores, médias de 4 repetições, expressos em S% e em $\text{arc sen } \sqrt{S\%}$, se acham no Quadro Nº 30.

A análise estatística dos dados, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, mostra que o tratamento -N difere dos demais. O -P não difere do -Ca e Completo, superando ao -K, -Mg e -S. O tratamento -Ca não difere do Completo e -K, sendo maior do que o -Mg e -S. Os tratamentos Completo, -K e -Mg não diferem entre si, mas superam ao -S.

Observa-se que o teor das fôlhas deficientes em enxôfre foi novamente mais baixo ao das outras plantas. O conteúdo de 0,16% de S concorda plenamente com o encontrado por CIBES e SAMUELS (1957) e bastante aproximado aos de Weas, que foram achados em plantas crescidas sob condições de campo.

O conteúdo que mostraram as plantas normais (0,47%)

Quadro Nº 30. Teor percentual de S nas fôlhas inferiores.

Tratamentos	arc sen $\sqrt{S\%}$	S%
-N	4,607	0,65
-P	4,210	0,54
-Ca	3,997	0,49
Completo	3,912	0,47
-K	3,805	0,44
-Mg	3,665	0,41
-S	2,272	0,16
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,322	
D6	0,319	
D5	0,314	
D4	0,308	
D3	0,299	
D2	0,283	
C. V.	5,08%	
s	0,192	

se coloca entre os valores achados por êsses pesquisadores.

As plantas deficientes em nitrogênio causaram uma acumulação de enxôfre nas suas fôlhas inferiores, onde a deficiência é mais acentuada. Essa maior concentração pode ser devida à necessidade de se manter o equilíbrio iônico dentro da planta. HAAG (1965) verificou o mesmo efeito, nas fôlhas deficientes em nitrogênio, em plantas de cana-de-açúcar.

Os níveis de enxôfre nas fôlhas inferiores, achados no presente ensaio foram os seguintes:

<u>Nível de enxôfre</u>	<u>S%</u>
Deficiente	0,16
Adequado	0,47

4.3.6.3. Caule

Os teores de enxôfre no caule, médias de 4 repetições, expressos em S% e em arc sen $\sqrt{S\%}$, se acham no Quadro Nº 31.

Quadro Nº 31. Teor percentual de S no caule

Tratamentos	arc sen $\sqrt{S\%}$	S%
-N	2,965	0,27
-P	2,637	0,21
Completo	2,525	0,19
-Ca	2,375	0,17
-Mg	2,325	0,16
-K	2,002	0,12
-S	1,782	0,10
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,285	
D6	0,282	
D5	0,278	
D4	0,273	
D3	0,265	
D2	0,252	
C. V.	6,22%	
S	0,170	

A análise estatística mostra, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, que o tratamento -N supera aos demais. O -P não difere do Completo e -Ca, superando ao -Mg, -K e -S. Os tratamentos Completo, -Ca e -Mg não diferem entre si, sendo superiores ao -K e -S. Os tratamentos K e -S não diferem entre si.

A omissão de enxôfre causou a menor concentração deste elemento no caule (0,10%).

A deficiência de nitrogênio provocou uma acumulação de enxôfre a igual do observado nas folhas inferiores. A deficiência de potássio, entretanto, causou diminuição, sendo o teor bastante aproximado ao da planta deficiente em enxôfre.

Os níveis de enxôfre no caule foram os seguintes:

<u>Nível de enxôfre</u>	<u>S%</u>
Deficiente	0,10
Adequado	0,19

4.3.6.4. Raiz

Os teores de enxôfre na raiz, médias de 4 repetições, expressos em S% e em arc sen $\sqrt{S\%}$, se acham no Quadro Nº 32.

Quadro Nº 32. Teor percentual de S na raiz

Tratamentos	arc sen $\sqrt{S\%}$	S%
-N	4,617	0,65
-K	3,732	0,42
Completo	3,647	0,40
-P	3,515	0,38
-Mg	3,365	0,34
-Ca	3,315	0,33
-S	2,337	0,17
d.m.s. ao nível de 5% (Duncan)		
D7	0,301	
D6	0,299	
D5	0,294	
D4	0,289	
D3	0,281	
D2	0,267	
C. V.	5,14%	
s	0,180	

A análise estatística, pelo teste de Duncan ao nível de 5%, mostra que o tratamento -N difere dos demais. O -K não difere do Completo e -P, superando ao -Mg, -Ca e -S. O tratamento Completo é igual ao -P e superior ao -Mg, -Ca e -S. Os tratamentos -P, -Mg e -Ca não diferem entre si, sendo superiores ao -S.

O conteúdo de enxôfre na raiz das plantas deficientes nesse elemento foi de 0,17%, mais o menos o mesmo teor apresentado pelas folhas inferiores, o que confirma a baixa mobilidade do enxôfre.

A omissão de nitrogênio causou uma maior absorção de enxôfre, enquanto a falta de magnésio e cálcio provocaram diminuição no conteúdo percentual da raiz.

Os níveis de enxôfre, deficiente e adequado, achados na raiz, foram as seguintes:

<u>Nível de enxôfre</u>	<u>S%</u>
Deficiente	0,17
Adequado	0,40

4.4. Influência dos diversos tratamentos sobre a distribuição do total de cada macronutriente absorvido pela planta.

Com a finalidade de obter informações a respeito da distribuição dos elementos na planta, influenciados pelos diversos tratamentos, foram calculadas as quantidades contidas em cada parte da planta e representada graficamente a sua distribuição percentual em relação ao total absorvido.

4.4.1. Nitrogênio

O Gráfico Nº 1 mostra a distribuição percentual de nitrogênio em relação ao total absorvido pela planta, sob condições de deficiência dos diversos macronutrientes. ii

Como pode se observar no gráfico, a planta normal apresentou a maior parte do nitrogênio absorvido nas folhas superiores, vindo a seguir as folhas inferiores, o caule e a raiz.

As plantas deficientes em nitrogênio apresentaram uma distribuição bastante semelhante à planta normal, indicando que a diminuição na concentração deste elemento foi acompanhada da redução na produção de matéria seca.

Em geral, com exceção do tratamento -K, notouse que os tratamentos -P, -Ca, -Mg e -S mostraram a maior proporção do nitrogênio nas folhas inferiores, destacando-se entre eles o -P. As folhas superiores exibiram pequena variação entre os tratamentos, exceto no -S onde houve uma redução acentuada. Neste mesmo tratamento, a quantidade do nitrogênio armazenado no caule foi bastante elevado em relação aos demais, que se manifestaram similares. Quanto ao nitrogênio contido na raiz, apresentou-se com variações pouco sensíveis nos diversos tratamentos.

4.4.2. Fósforo

O Gráfico Nº 2 exhibe a distribuição percentual de fósforo em relação ao total absorvido pela planta, sob condições de deficiência dos diversos tratamentos.

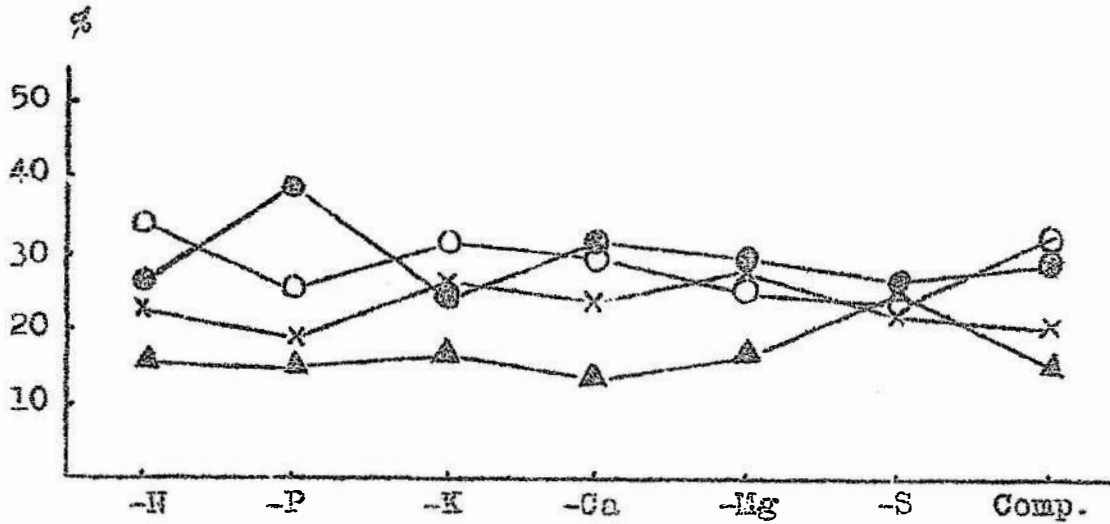


Gráfico Nº 1 . Distribuição percentual do total de N absorvido nas diversas partes da planta

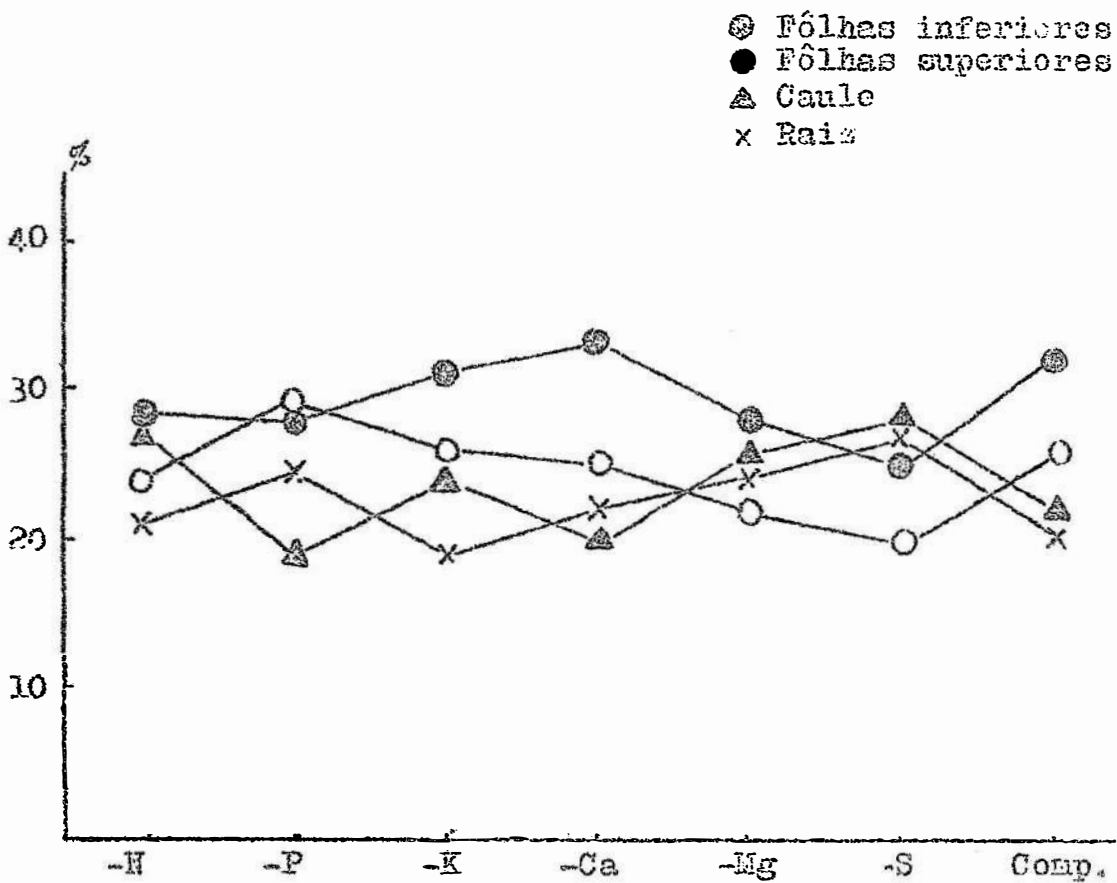


Gráfico Nº 2 . Distribuição percentual do total de P absorvido nas diversas partes da planta

A planta normal apresentou a maior proporção de fósforo nas folhas inferiores, vindo a seguir as folhas superiores, caule e raiz.

Na planta deficiente em fósforo, foram as folhas superiores as que apresentaram a maior parte deste elemento, sendo, ainda, bem superior aos demais tratamentos. Esse fato indica claramente a grande translocação do fósforo contido nas folhas inferiores; pois, nos outros tratamentos a maior fração está contida nas folhas inferiores, com exceção do tratamento -S que mostrou ser no caule.

Em relação à parte do fósforo das folhas superiores, vê-se que no -S e -Mg esta fração foi a mais baixa. No caule em relação à planta normal, os tratamentos -H, -Mg e -S mostram um aumento. Na raiz, essa proporção foi bastante variável entre as plantas, sendo no -S, -P e -Mg mais elevados.

4.4.3. Potássio

O Gráfico N° 3 mostra a distribuição do potássio sobre o total absorvido pela planta, sob condições de deficiência dos diversos macronutrientes.

A planta normal apresentou a maior proporção do potássio absorvido nas folhas inferiores, vindo a seguir as folhas superiores e o caule, sendo por último a raiz.

Em geral, todos os tratamentos, exceto o -K, apresentaram uma distribuição semelhante à planta normal, sendo sempre as folhas inferiores as que mostraram a maior parte, notando-se ser mais acentuado no -Ca.

A planta deficiente em potássio mostrou uma distribuição diferente. A parte do potássio nas folhas superiores foi quase igual ao do caule, tendo ambas as partes acumulado mais do que as folhas inferiores e raiz. A acentuada diminuição da proporção das folhas inferiores, em confronto com o aumento nas superiores e caule, indica de forma evidente a grande mobilidade do referido nutriente dentro da planta.

4.4.4. Cálcio

O Gráfico N° 4 mostra a distribuição percentual de cálcio em relação ao total absorvido pela planta, sob condições

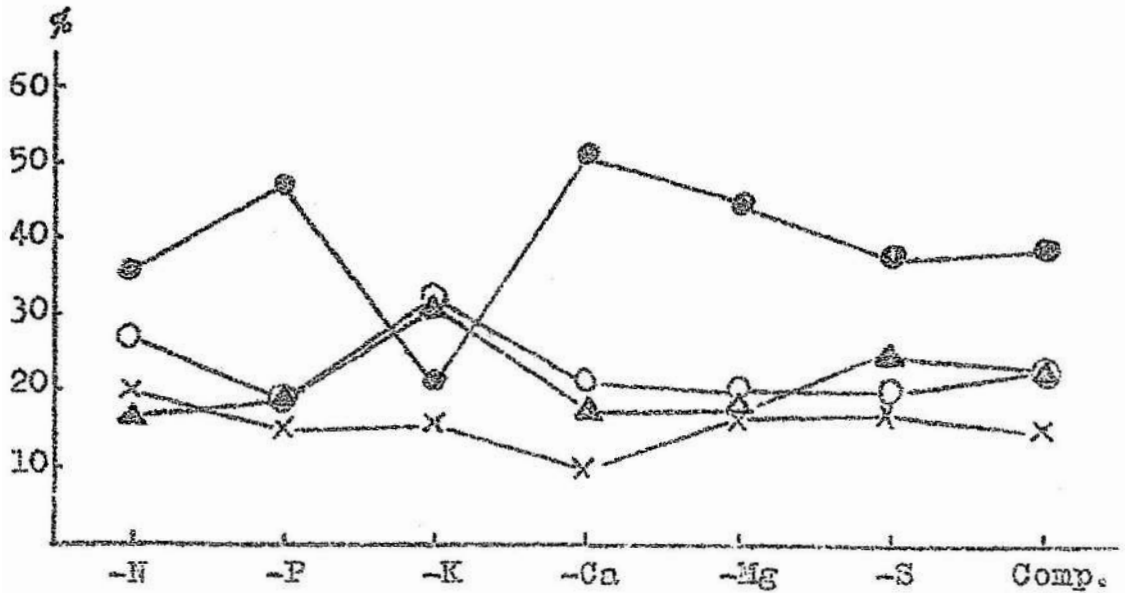


Gráfico Nº 3 . Distribuição percentual do total de K absorvido nas diversas partes da planta.

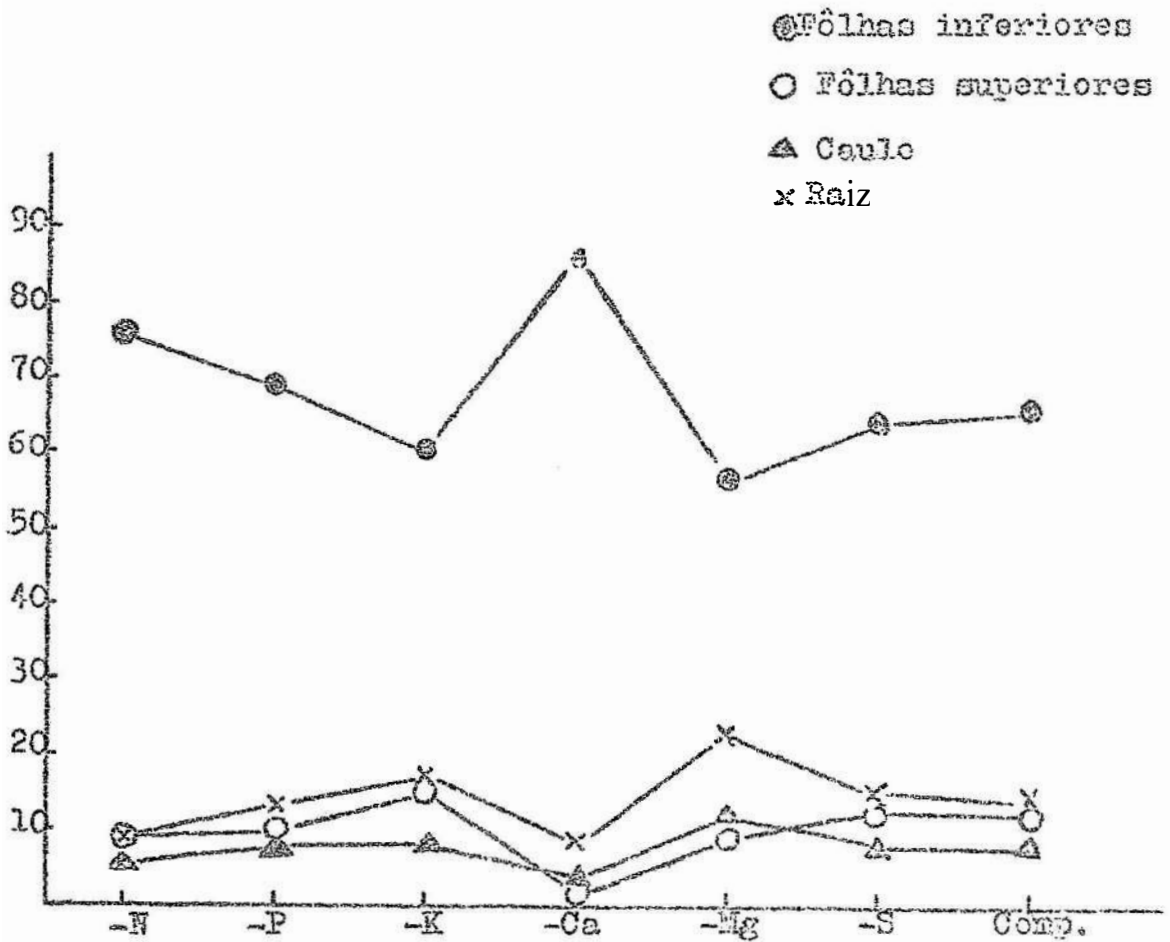


Gráfico Nº 4 . Distribuição percentual do total de Ca absorvido nas diversas partes da planta.

de deficiência dos diversos macronutrientes.

A planta normal apresentou o 66% do cálcio absorvido na suas folhas inferiores, vindo a seguir em proporção a raiz e folhas superiores e caule.

Na planta deficiente em cálcio, a parte deste elemento contido nas folhas inferiores se elevou ao 86%, bem superior aos demais tratamentos. As folhas superiores, onde a deficiência ocorreram, apresentaram a mais baixa fração, sendo apenas da ordem do 2% do total absorvido, indicando dessa forma que o referido elemento é praticamente imóvel dentro da planta.

Na planta deficiente em magnésio, a distribuição foi semelhante ao do -Ca; porém, nota-se uma tendência a diminuir a proporção nas folhas inferiores e aumentar na raiz.

Em geral, os demais tratamentos, exibem a mesma ocorrência da planta do tratamento Completo.

4.4.5. Magnésio

O Gráfico Nº 5 mostra a distribuição percentual de magnésio em relação ao total absorvido pela planta, sob condições de deficiência dos diversos elementos.

A maior parte do magnésio absorvido se localiza nas folhas inferiores, sendo bastante semelhantes as proporções entre os tratamentos.

Os tratamentos -N, -P, -K e -S apresentaram uma distribuição do magnésio igual ao do Completo. O caule foi a parte que menor fração tinha, elevando-se nas folhas superiores, raiz e folhas inferiores.

A planta deficiente em magnésio, em relação à planta normal, apresentou um aumento da proporção do referido nutriente nas folhas superiores, o qual demonstra a sua grande translocação para os órgãos mais novos. A parte mais afetada foi a raiz, que apresentou o menor armazenamento da quantidade total absorvida:

Nota-se, ainda, que no tratamento -Ca houve uma tendência a se localizar nas folhas superiores maior quantidade de magnésio.

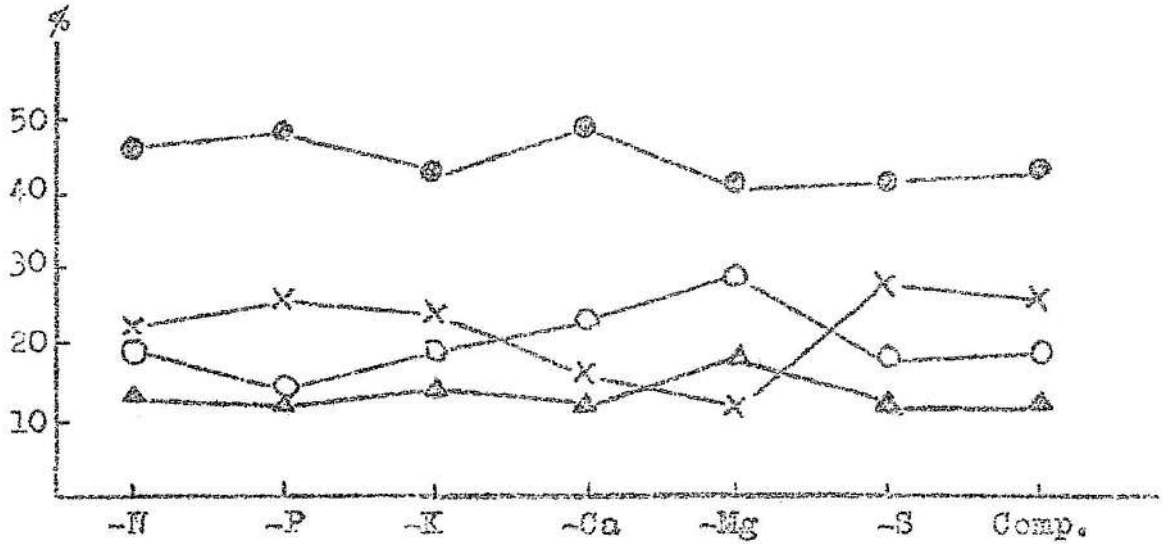


Gráfico Nº 5 Distribuição percentual do total de Mg absorvido nas diversas partes da planta.

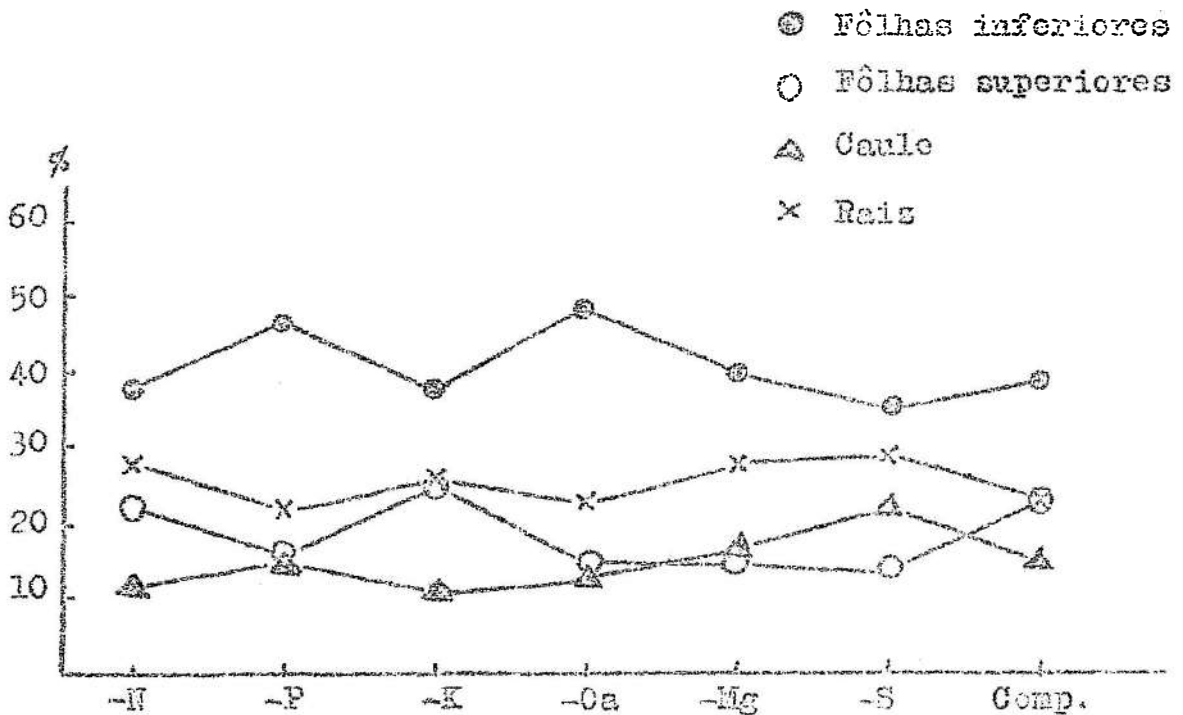


Gráfico Nº 6 Distribuição percentual do total de S absorvido nas diversas partes da planta.

4.4.6. Enxôfre

O Gráfico Nº6 mostra a distribuição percentual de enxôfre em relação ao total absorvido pela planta, sob condições de deficiência dos diversos macronutrientes.

A planta normal apresentou a maior parte do enxôfre nas folhas inferiores, vindo a seguir a raiz, folhas superiores e caule.

Na planta deficiente nesse elemento, também as folhas inferiores mostraram a maior proporção do enxôfre. A raiz e o caule aumentaram em relação ao Completo. As folhas superiores sofreram uma acentuada diminuição na proporção contida, o que está de acôrdo com o aparecimento dos sintomas.

Na planta deficiente em magnésio também ocorreu este fato. No tratamento -Ca e -P houve tendência de se acumular enxôfre nas folhas inferiores, enquanto a fração contida nas folhas superiores mostraram uma sensível redução na parte do total de enxôfre absorvido pela planta.

CONCLUSÕES

1. Foram constatados sintomas morfológicos característicos de deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. As folhas deficientes em potássio não apresentaram a necrose internerval.
2. As principais alterações anatômicas das folhas foram a modificação do tamanho e forma dos cloroplastos nos tratamentos -P, -K, -Ca, -Mg e -S, e, a acumulação de amido nos -N, -K, -Mg e -S.
3. As omissões de nitrogênio e de cálcio mostraram redução no crescimento em altura das plantas e na produção de matéria seca de folhas, caule e raiz.
4. A omissão dos elementos na solução, um de cada vez, provocou em todas as partes da planta, uma queda acentuada no teor do referido elemento, em relação ao tratamento Completo. Os níveis obtidos foram os seguintes:

4.1. Folhas superiores

<u>Elemento</u>	<u>Deficiente</u>	<u>Adequado</u>
N%	1,56	3,38
P%	0,141	0,349
K%	1,00	2,84
Ca%	0,07	0,98
Mg%	0,23	0,46
S%	0,13	0,55

4.2. Folhas inferiores

<u>Elemento</u>	<u>Deficiente</u>	<u>Adequado</u>
N%	0,87	1,58
P%	0,057	0,214
K%	0,39	2,38
Ca%	1,25	2,76
Mg%	0,17	0,53
S%	0,16	0,47

4.3. Caulo

<u>Elemento</u>	<u>Deficiente</u>	<u>Adequado</u>
N%	0,68	0,86
P%	0,048	0,155
K%	0,57	1,46
Ca%	0,07	0,36
Mg%	0,07	0,15
S%	0,10	0,19

4.4. Raiz

<u>Elemento</u>	<u>Deficiente</u>	<u>Adequado</u>
N%	1,02	1,59
P%	0,078	0,195
K%	0,40	1,35
Ca%	0,16	0,85
Mg%	0,06	0,47
S%	0,17	0,40

5. Diversas interações entre os elementos foram verificadas:

- 5.1. O tratamento -N causou diminuição da concentração de P, Ca e Mg nas folhas superiores, de Ca no caule, e de Ca e Mg na raiz; acumulação de S e K nas folhas inferiores, de P, K, Mg e S no caule e de P, K e S na raiz.
- 5.2. O tratamento -P provocou diminuição da concentração de P, Mg e S nas folhas superiores e acumulação de N e K nas folhas inferiores e de N e Mg no caule.
- 5.3. O tratamento -K causou diminuição de N nas folhas e de S no caule; acumulação de Ca nas folhas superiores, de Mg nas inferiores, de Ca e Mg no caule e de Ca na raiz.
- 5.4. O tratamento -Ca provocou diminuição no teor de N, P e S nas folhas superiores e de K, Mg e S na raiz; acumulação de K e Mg nas folhas superiores, inferiores e no caule.
- 5.5. O tratamento -Mg causou diminuição de Ca e S nas folhas superiores e de S na raiz; acumulação de K nas folhas, de P e Ca no caule e de P, K e Ca na raiz.
- 5.6. O tratamento -S provocou diminuição na concentração de N e P nas folhas superiores, de P nas inferiores e de Ca no caule e na raiz; acumulação de N e P no caule e de P na raiz.

6. RESUMO

Plantas de fumo (Nicotiana tabacum L., var. M.A.1) de 75 dias de idade, foram transplantadas a vasos contendo quartzo moído e regadas com solução nutritiva completa e deficiente em cada um dos macronutrientes.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, constando de 7 tratamentos e 4 repetições.

Os sintomas característicos da deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre foram observados.

As principais alterações anatómicas causadas pelas omissões dos elementos foram verificadas no tamanho e forma dos cloroplastos e na acumulação de amido nas células.

As plantas foram colhidas e divididas em folhas superiores, folhas inferiores, caule e raiz.

As plantas deficientes em nitrogênio e cálcio apresentaram menor altura e peso seco de folhas, caule e raiz.

As folhas apresentaram os seguintes conteúdos percentuais:

<u>Elemento</u>	<u>Folhas</u>	<u>Deficiente</u>	<u>Adequado</u>
N%	superiores	1,56	3,38
	inferiores	0,87	1,58
P%	superiores	0,141	0,349
	inferiores	0,057	0,214
K%	superiores	1,00	2,84
	inferiores	0,39	2,38
Ca%	superiores	0,07	0,98
	inferiores	1,25	2,76
Mg%	superiores	0,23	0,46
	inferiores	0,17	0,53
S%	superiores	0,13	0,55
	inferiores	0,16	0,47

SUMMARY

Effects of macronutrients deficiencies on the
growth and mineral composition of tobacco plant
(Nicotiana tabacum L., var. M.A.1)

Tobacco plants about 75 days old were transplanted from sand bed to pots containing quartz sand and irrigated with Hoagland & Arnon complete solution and solutions lacking one nutrient.

The experimental design consisted of randomized blocks with 7 treatments and 4 replications.

The treatments were:

1. Complete nutrient solution
2. Minus nitrogen
3. Minus phosphorus
4. Minus potassium
5. Minus calcium
6. Minus magnesium
7. Minus sulfur.

Clear cut deficiency symptoms of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur were observed. The main effects of the different treatments on the anatomical structure were the variations on size and shape of chloroplasts and starch accumulation in the cells.

At harvest time the plants were separated in upper leaves, lower leaves, stem and root.

Plants submitted to nitrogen and calcium deficiency remained stunted and presented the lowest dry weight of leaves, stem and root.

The leaves presented the following mineral contents (%/dry weight):

<u>Element</u>	<u>Leaves</u>	<u>Deficient</u>	<u>Adequate</u>
N	upper	1.56	3.38
	lower	0.87	1.58
P	upper	0.141	0.349
	lower	0.057	0.214
K	upper	1.00	2.84
	lower	0.39	2.38
Ca	upper	0.07	0.98
	lower	1.25	2.76
Mg	upper	0.23	0.46
	lower	0.17	0.53
S	upper	0.13	0.55
	lower	0.16	0.47

LITERATURA CITADA

- ACCORSI, W.R. e H.P. HAAG. 1959. Alterações morfológicas e citológicas do cafeeiro (Coffea arábica L., var. Bourbon (B.Rodr.) Chousey) cultivado em solução nutritiva, decorrentes das deficiências e excessos dos macronutrientes Rev. do Café Português. Separata Nº 14:5-19.
- ACCORSI, W.R., H.P. HAAG, F.A.F. de NELLO e N.O.C. do BRASIL SOBRº. 1960. Sintomas externos (morfológicos) e internos (anatômicos) observados em folhas de goiabeira (Psidium guayaba L.), de plantas cultivadas em solução nutritiva com carência dos macronutrientes. Anais da ESA. "Luiz de Queiroz" XVII (269):3-15.
- ARZOLLA, S. 1961. Estudos sobre a nutrição mineral do abacaxizeiro (Ananas sativus, Schult). Tese mimeografada. E.S.A. "Luiz de Queiroz", U.S.P. Piracicaba, Brasil.
- BIGHAM, F.T. 1966. Phosphorus. In: Diagnostic criteria for plants & soils. Ed: H.D. Chapman. Univ. of Calif., Div. of Agric. Sciences.
- BOWLING, J.D. and D.E. BROWN. 1947. Role of potash in growth and nutrition of Maryland tobacco. U.S.D.A., Washington, D.C., Techn. Bull. Nº 933.
- BROESHART, H. 1956. Some aspects of mineral deficiencies and the chemical composition of oil palms. In: Plant analysis and fertilizer problems. I.H.R.O. Paris.
- CARVAJAL C., J.F. 1960. Estudio de las deficiencias de nitrógeno, potasio, magnesio, boro y manganeso, en plantas de café (Coffea arabica var. typica). Rev. Biol. Trop. 8 (2): 165-179.
- CHAPMAN, H.D. 1966. Calcium. In: Diagnostic criteria for plants & soils. Univ. of Calif., Div. of Agric. Sciences.
- CHOUTEAU, J. 1962. Resultados de las investigaciones emprendidas en el Instituto Experimental de Bergerac sobre el abonado de los tabacos franceses. Fertilité Nº16: 10-22.

- CIBES, H and G. SAMUELS. 1955. Mineral-deficiency symptoms displayed by coffee trees under controlled conditions. Agric. Exp. Sta., Univ. P.R., Rio Piedras, P.R. Techn. Paper 14.
- CIBES, H and G. SAMUELS. 1957. Mineral-deficiency symptoms displayed by tobacco grown in the greenhouse under controlled conditions. Agric. Exp. Sta., Univ. P.R., Rio Piedras, P.R. Techn. Paper 23
- CROCOMO, O.J. and E. MALAVOLTA. 1964. The uptake of radio-phosphate by barley plants as influenced by magnesium. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz" XXI: 43-49.
- EMBLETON, T.W. 1966. Magnesium. In: Diagnostic criteria for plants & soils. Ed: H.D. Chapman. Univ. of Calif. Div. of Agric. Sciences.
- GARNER, W.W., C.W. BACON, J.D. BOWLING and D.E. BROWN, 1934. The nitrogen nutrition of tobacco. U.S.D.A., Washington, D.C. Techn. Bull. No 414.
- GARNER, W.W., J.E. Mc MURTREY, Jr., C.W. BACON and E.G. MOSS. 1923. "San drowm", a chlorosis of tobacco due to magnesium deficiency, and the relation of sulphates and chlorides of potassium to the disease. Journ. Agric. Research 23 (1): 27-40.
- GARNER, W.W., J.E. Mc MURTREY, Jr., J.D. BOWLING and E.G. MOSS. 1930. Magnesium and calcium requirements of the tobacco crop. Journ. Agric. Research. 40 (2): 145-168.
- GARNER, W.W., J.E. Mc MURTREY, Jr., and E.G. MOSS, 1922. Sand drowm, a chlorosis of tobacco and other plants resulting from magnesium deficiency. Science 56 (1447): 341-342.
- GILBERT, F.A. 1950. Mineral nutrition of plants and animals. 4a. ed. Univ. of Oklahoma Press. Norman.
- GILBERT, F.A. 1951. The place of sulfur in plant nutrition. Bot. Rev. 17 (9): 671-691.

- HAAG, H.P. 1958. Efeitos das deficiências e excessos de macronutrientes no crescimento e na composição do cafeeiro (Coffea arábica L. var bourbon (B.Rodr.) Choussy) cultivado em solução nutritiva. Tese mimeografada. E.S.A. "Luiz de Queiroz", U.S.P. Piracicaba, Brasil.
- HAAG, H.P. 1965. Estudos de nutrição mineral na cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.) variedade CB 41-76 cultivada em solução nutritiva. Tese mimeografada. E.S.A. "Luiz de Queiroz", U.S.P. Piracicaba, Brasil.
- HOAGLAND, D.R. 1948. Lectures on the inorganic nutrition of plants. 2a. ed. Publ. by the Chronica Botanica Company. Waltham, Mass.
- HOAGLAND, D.R. and D.I. ARNON. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Exp. Sta., Univ. of Calif., Berkeley. Circular 347.
- JENNINGS, D.H. 1963. The absorption of solutes by plant cells Ed: Oliver & Boyd. Edinburgh and London.
- KARRAKER, P.E. and G.E. BORTNER. 1933. Symptoms of phosphorus deficiency in turkish tobacco. Journ. Amer. Soc. Agron. 25(8): 556-558.
- KRUGER, W. und G. WILTNER. 1927. Ernährungsverhältnisse, Anbau, Düngung und Krankheiten der Zuckerrübe. Mitteilungen der Anhaltischen Versuchstation Bernburg 60-65.
- LAWTON, K. and R.L. COOK. 1954. Potassium in plant nutrition. Adv. in Agron. VI: 254-298.
- LOTT, W.L., J.P. HERY, J.R. GALLO e J.C. MEDCALF. 1956. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Inst. Agronomico. Campinas, Bol. Nº 79.
- MALAVOLTA, E. 1957. Práticas de Química Orgânica e Biológica. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". Piracicaba, Brasil
- MALAVOLTA, E. 1964. Análise química dos teores totais Curso Internacional de Diagnose Foliar, IICA-ESALQ. Piracicaba, Brasil. Mimeografado.
- MALAVOLTA, E. 1965. Deficiências minerais (II). Curso de Fitopatologia para graduados. Apuntes de clase Nº 13. INTA, Castelar. Bs.As.

- MALAVOLTA, E. e T. COURY. 1954. Apostila de Práticas de Química Agrícola. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". Piracicaba, Brasil.
- MALAVOLTA, E., H.P. HAAG, F.A.F. de MELLO e M.O.C. do BRASIL SOBR^o. 1964. La nutrición mineral de algunas cosechas tropicales. Ed: Instituto Internacional de la Potasa. Berna 14 (Suiza).
- Mc MURFREY, J.E., Jr. 1929. Nutritional deficiency studies on tobacco. Journ. Amer. Soc. Agron. 21 (2): 142-149.
- Mc MURFREY, J.E., Jr. 1931. Relation of calcium and magnesium to the growth and quality of tobacco. Journ. Amer. Soc. Agron. 23 (12): 1051-1052.
- Mc MURFREY, J.E., Jr. 1932. Relation of calcium and magnesium to the growth and quality of tobacco. Journ. Amer. Soc. Agron. 24 (9): 707-716.
- Mc MURFREY, J.E., Jr. 1933. Distinctive effects of the deficiency of certain essential elements on the growth of tobacco plants in solution cultures. U.S.D.A. Washington, D.C. Techn. Bull. N^o 340.
- Mc MURFREY, J.E., Jr. 1938. Symptoms on field-grown tobacco characteristic of the deficient supply of each of several essential chemical elements. U.S.D.A., Washington, D.C. Techn. Bull. N^o 612.
- Mc MURFREY, J.E., Jr. 1964. Nutrient deficiencies in tobacco. In: Hunger signs in crops. 3a. ed. A symposium. Publ. by Amer. Soc. Agron. and Nat. Fert. Ass., Washington, D.C.
- MENDES, H.G. 1959. Nutrição do algodoeiro, I. Sintomas de deficiências minerais em plantas vegetando em soluções nutritivas. Bragantia 18 (30): 469-481.
- MORGAN, H.F. 1929. Tobacco as an indicator plant in studying nutritional deficiencies of soil under greenhouse conditions. Journ. Amer. Soc. Agron. 21 (2): 130-136.
- MOSS, E.C. 1929. Nutritional problems of bright tobacco. Journ. Amer. Soc. Agron. 21 (2): 137-141.

- MOSS, E.G., Mc MURFREY, J.E., Jr., W.M. LUNN and J.M. CARR.
1927. Fertilizer tests with flue-cured tobacco. U.S.D.A.,
Washington, D.C. Techn. Bull. No 12.
- NEAS, I. 1953. Sulphur nutrition in flue-cured tobacco. Agron.
Journal 45 (10): 472-477.
- NICHOLAS, D.J.D. 1956. An appraisal of the use of chemical
tissue tests for determining the mineral status of crop
plants. In: Plant analysis and fertilizer problems.
I.H.R.O. Paris.
- NIGHTINGALE, G.T., R.M. ADDONIS, N.R. ROBBINS and L.G. SCHER-
MERHORN. 1931. Effects of calcium deficiency on nitrate
absorption and on metabolism in tomato. Plant Physiol.
6 (4): 605-630.
- OSBUN, J.L., R.J. VOLK and W.A. JACKSON. 1965. Effects of po-
tassium deficiency on photosynthesis, respiration and the
utilization of photosynthetic reductant by mature bean
leaves. Crop Science 5 (6): 497-500.
- OVERSTREET, R., L. JACOBSON and R. HANDLEY. 1952. The effect
of calcium on the absorption of potassium by barley.
Plant Physiol. 27: 583-590.
- PETERSON, L.A. 1964. Growth and quality of tobacco as affec-
ted by nitrogen uptake. In: Biol. Abstracts 46(2):655. 1965.
- PIENHTEL GOMES, F. 1963. Curso de Estatística Experimental.
2a. ed. E.S.A. "Luiz de Queiroz", U.S.P. Piracicaba, Brasil.
- STEINBER, R.A. and T.C. TSO. 1958. Physiology of the tobacco
plant. Ann. Rev. Plant Physiol. 9: 151-174.
- SWANBACK, T.R. 1939. Studies on antagonistic phenomena and
cation absorption in tobacco in the presence and absence
of manganese and boron. Plant Physiol. 14 (3): 423-446.
- TINCKNELL, R.C., J.P. LOPEZ RITAS y H. AYALA. 1962. La defi-
ciencia de potasio en tabaco en el Edo. Portuguesa.
Fertilité 16: 23-31.
- TOTH, S.J., A.L. PRINCE, A. WALLACE and D.S. NIKKELSEN. 1948.
Rapid quantitative determination of eight mineral elements
in plant tissue by a systematic procedure involving use of
a flame photometer. Soil Sci. 66:459-466.

- ULRICH, A. 1948. Plant analysis. Methods and interpretation of results. In: Diagnostic techniques for soils and crops. Publ. by the Amer. Potash Institute, Washington 6, D.C.
- ULRICH, A. and K. OHKI. 1966. Potassium. In: Diagnostic criteria for plants & soils. Ed: H.D. Chapman, Univ. of Calif., Div. of Agric. Sciences.
- VIART, P. et J. CHCUTEAU. 1961. Influence des apports de superphosphate sur certaines caractéristiques biochimiques des feuilles médianes. Variations au cours de la dessiccation à l'air naturel. Ann. de l'Institut Expérimental du tabac de Bergerac 3 (4): 621-634.
- VILLALOBOS-DOMINGUEZ, C. y J. VILLALOBOS. 1947. Atlas de los colores. Ed: Librería El Ateneo. Bs.As. Argentina.
- WALLACE, A. and E. FROLICH. 1965. Phosphorus-deficiency symptoms in tobacco and transpirational water loss. Nature 208 (5016): 1231.
- WALSH, T. and T.F. O'DONOHUE. 1945. Magnesium deficiency in some crop plants in relation to the level of potassium nutrition. Journ. Agric. Sci. 35
- WEDIN, W.F. and B.E. STRUCKMEYER. 1959. Effects of chloride and sulfate ions on the growth, leaf burn, composition and anatomical structure of tobacco (Nicotiana tabacum L.). Plant Physiol. 33: 133-139.
- WOLF, F.A. 1935. Nutritional diseases. In: Tobacco Diseases and decays. Duke Univ. Press, Durham, N. Carolina.