

EFEITOS E SINTOMAS DAS DEFICIÊNCIAS DE
MACRONUTRIENTES NO CRESCIMENTO E NA
COMPOSIÇÃO MINERAL DO CAJUEIRO
(Anacardium occidentale., L)

LUIS AVILAN R

Eng^o Agr^o

Centro Investigaciones Agronomicas

Maracay - Venezuela

Orientador: Prof. Dr. MOACYR O. CAMPONEZ DO BRASIL SOB^o

Dissertação apresentada à Escola Superior -
de Agricultura "Luiz de Queiróz" da Univer-
sidade de São Paulo, para obtenção do títu-
lo de Mestre.

P I R A C I C A B A

SÃO PAULO

BRASIL

1971

À minha esposa e

aos meus filhos

Dedico

À meus irmãos

Ofereço

A G R A D E C I M E N T O S

Com sinceridade expressamos os nossos agradecimentos a todos quantos, de uma forma ou de outra, concorreram para a realização dêste trabalho.

Ao Dr. Moacyr O. Camponez Brasil Sobrinho pelo seu irrestrito apoio e segura orientação.

Ao pessoal da cadeira de Química Agrícola pelas facilidades otorgadas para a realização do presente trabalho.

Ao Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias pela bolsa de estudos concedida.

ao Eng^o. Agr^o. P. Camargo pela sua colaboração na descrição dos sintomas de deficiência.

Ao Eng^o. Agr^o. José Tineo G. pela sua colaboração no desenvolvimento dêste trabalho.

I N D I C E

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	2
3. MATERIAIS E MÉTODOS	3
3.1. MUDAS DO CAJUEIRO E VASOS UTILIZADOS	3
3.2. SOLUÇÕES NUTRITIVAS	3
3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	5
3.4. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA	5
3.5. MEDIÇÕES DE ALTURA E DIÂMETRO DO CAULE	5
3.6. COLHEITAS DAS PLANTAS	6
3.7. ANÁLISES QUÍMICAS	6
3.7.1. PREPARO DA AMOSTRA	6
3.7.2. DIGESTÃO DA AMOSTRA	6
3.7.3. MÉTODOS ANALÍTICOS	6
3.7.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA	7
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
4.1. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA	8
4.1.1. NITROGÊNIO	8
4.1.1.1. SINTOMAS EXTERNOS	8
4.1.2. FÓSFORO	8
4.1.2.1. SINTOMAS EXTERNOS	8
4.1.3. POTÁSSIO	10
4.1.3.1. SINTOMAS EXTERNOS	10
4.1.4. CÁLCIO	11
4.1.4.1. SINTOMAS EXTERNOS	11
4.1.5. MAGNÉSIO	12
4.1.5.1. SINTOMAS EXTERNOS	12
4.1.6. ENXÔFRE	
4.1.6.1. SINTOMAS EXTERNOS	

4.2. CRESCIMENTO	15
4.2.1. ALTURA DAS PLANTAS	15
4.2.2. DIÂMETRO DO CAULE	16
4.2.3. PESO DA MATÉRIA SÊCA	16
4.2.3.1. RAIZ	16
4.2.3.2. CAULE	17
4.2.3.3. FÔLHAS INFERIORES	17
4.2.3.4. FÔLHAS SUPERIORES	19
4.3. COMPOSIÇÃO MINERAL DAS PLANTAS	20
4.3.1. EFEITOS DOS MACRONUTRIENTES SÔBRE O TEOR DE NITRO- GÊNIO NAS DIFERENTES PARTES DA PLANTA	20
4.3.1.1. RAIZ	20
4.3.1.2. CAULE	22
4.3.1.3. FÔLHAS INFERIORES	22
4.3.1.4. FÔLHAS SUPERIORES	23
4.3.2. EFEITOS DOS MACRONUTRIENTES SÔBRE O TEOR DE FÔSFO- RO NAS DIFERENTES PARTES DA PLANTA	24
4.3.2.1. RAIZ	24
4.3.2.2. CAULE	26
4.3.2.3. FÔLHAS INFERIORES	26
4.3.2.4. FÔLHAS SUPERIORES	27
4.3.3. EFEITOS DOS MACRONUTRIENTES SÔBRE O TEOR DE POTÁS- SIO NAS DIFERENTES PARTES DA PLANTA	28
4.3.3.1. RAIZ ,.....,.....	28
4.3.3.2. CAULE	28
4.3.3.3. FÔLHAS INFERIORES	30
4.3.3.4. FÔLHAS SUPERIORES	31

4.3.4. EFEITO DOS MACRONUTRIENTES SÔBRE O TEOR DE CÁLCIO	
NAS DIFERENTES PARTES DA PLANTA	31
4.3.4.1. RAIZ	31
4.3.4.2. CAULE	33
4.3.4.3. FÔLHAS INFERIORES	33
4.3.4.4. FÔLHAS SUPERIORES	34
4.3.5. EFEITO DOS MACRONUTRIENTES SÔBRE O TEOR DE MAGNÉSIO	
NAS DIFERENTES PARTES DA PLANTA	34
4.3.5.1. RAIZ	34
4.3.5.2. CAULE	36
4.3.5.3. FÔLHAS INFERIORES	36
4.3.5.4. FÔLHAS SUPERIORES	37
4.3.6. EFEITO DOS MACRONUTRIENTES SÔBRE O TEOR DE ENXÔFRE	
NAS DIFERENTES PARTES DA PLANTA	38
4.3.6.1. RAIZ	38
4.3.6.2. CAULE	38
4.3.6.3. FÔLHAS INFERIORES	40
4.3.6.4. FÔLHAS SUPERIORES	40
5. CONCLUSÕES	42
6. RESUMO	44
7. LITERATURA CITADA	45

1. INTRODUÇÃO

O cajueiro (Anacardium occidentale, L), da família das anacardiáceas, tem sua origem na América Tropical, ou mais precisamente nas planícies do baixo Amazonas e em todo litoral do nordeste. (ENGLER 1872-1877).

A importância econômica do cajueiro. está ligada ao desenvolvimento crescente do comércio de seus principais produtos, - tais como, da amêndoa, do líquido da casca da castanha (ácido anacárdico) de larga aplicação nas indústrias de tintas, vernizes e lacas, e em parte, também, do pedúnculo, (pseudo-fruto) como fruto "in natura" ou industrializado na forma de compota, suco, xarope e geleia.

O Brasil, é um dos mais importantes produtores de cajudo mundo. Segundo dados oficiais do IBGE (1970), a produção brasileira de castanha no ano de 1968 foi de 23.683t, sendo que a sua exportação para o ano de 1971 foi estimada em 4.000t (CUILLE 1970).

Trata-se, portanto, de uma cultura de grande importância econômica para o país. Entretanto, não existem em nosso meio estudos a respeito da fisiologia dessa anacardiácea, principalmente, - no que diz respeito à sua nutrição mineral, base necessária para os trabalhos sobre adubação.

Nestas condições, optamos por cultivar o cajueiro em solução nutritiva controlada a fim de se obter informações preliminares a respeito de : a) Efeito dos macronutrientes sobre o desenvolvimento de plantas jovens de cajueiro. b) Sintomas de deficiência dos macronutrientes. c) Obtenção de dados analíticos quantitativos de tecidos de plantas sadias e deficientes. d) Estabelecer comparações entreos tratamentos deficientes e sadios visando obter os níveis adequados e deficientes nas diferentes partes do cajueiro. e) Verificar os efeitos de algumas interações.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O cajueiro é reconhecido por sua rusticidade. As diferentes condições de clima e solos sobre os quais se encontra, nas diferentes regiões Tropicais, nos leva a dizer que é uma planta que se adapta às mais diversas condições pedológicas (LEFEBVRE - 1969).

Em estado nativo ou cultivado encontra-se, geralmente, em regiões caracterizadas por uma estação seca, marcante, em solos de baixa fertilidade; este último fato tem criado a ideia, por parte de diversos autores, de dar essa cultura difícil resposta às práticas de adubação. (NORTHWOOD, 1970).

LEFEBVRE (1970) em solos "ferragineux tropicaux" (Latos solos) de Madagascar, estudando as influências dos elementos minerais, aplicados em diversas doses, no crescimento das plantas, obteve os seguintes resultados:

- a) Resposta marcante da combinação nitrogênio-fósforo, porém, quando eram ambos fornecidos em pequenas doses, respondendo de maneira fraca ao fornecimento isolado de um ou de outro elemento.
- b) A combinação nitrogênio-fósforo além de acelerar o crescimento, antecipa a frutificação.
- c) O efeito do potássio só se fez sentir quando em presença de nitrogênio e fósforo.
- d) O cálcio teve um efeito ligeiramente, depressivo sobre o crescimento das plantas.
- e) O magnésio, teve um efeito pouco consistente.

No Brasil, PARENTE (1970) obteve resultado semelhantes aos de LEFEBVRE, num ensaio realizado na Estação Experimental de Pacajú, no litoral Cearense.

De acordo com esses resultados o nitrogênio e o fósforo mostraram-se os nutrientes mais eficientes na adubação do cajueiro, o que se deve, talvez às condições específicas da planta ou às propriedades dos solos onde foram feitas as observações.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MUDAS DO CAJUEIRO E VASOS UTILIZADOS

Mudas de cajueiro cultivar " amarelo gigante" de 2 meses de idade, provenientes de laminado, foram removidos do solo, lavadas com água de torneira e água destilada e transplantadas para vasos contendo areia de quartzo.

Os vasos utilizados eram de barro, de forma cônica tendo as seguintes dimensões: 26 cm de diâmetro na parte superior, 16 cm de diâmetro na parte inferior e 26 cm de altura. Eram pintados, internamente, com uma tinta impermeabilizante denominada "NEUTROL" e continham como substrato e suporte para as plantas 8,0 Kg de quartzo moído.

Na parte inferior dos vasos encontrava-se um orifício pelo qual escoavam as soluções de nutrientes as quais eram recolhidas por meio de uma tubulação de plástico, em garrafas, de 1 litro de capacidade, de cor ambar. Antes de proceder as regas, as soluções de nutrientes contidas nas garrafas coletoras eram sempre completadas a um litro. As regas eram feitas uma só vez ao dia, sendo que em dias quentes, até duas vezes.

3.2 SOLUÇÕES NUTRITIVAS

As soluções usadas eram as de HOAGLAND & ARNON (1950), - modificadas quanto a concentração de nutrientes (SARRUGE 1970) (*) e ao fornecimento dos micronutrientes (MALAVOLTA 1951).

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

(*) Comunicação pessoal.

QUADRO 1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS
VALORES EM MILILITROS POR LITRO DE SOLUÇÃO

SOLUÇÕES ESTOQUES		TRATAMENTOS						
		COMPLETO	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S
KH_2PO_4	M	1				1		
KNO_3	M	5		5		5	3	3
MgSO_4	M	2	2	2	2	2		
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	M	5		5	5		4	4
K_3PO_4	M		1				1	1
KCL	M		3	1				
CaCl_2	M		5				1	1
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	M				1			
NH_4NO_3	M				2	5		
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	M						2	
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	M							2

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

<u>Componentes</u>	<u>g/l</u>
H_3BO_3	2,86
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,81
ZnCl_2	0,10
CuCl_2	0,04
$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,02

O ferro foi adicionado na forma de quelado como Fe-NA-DETA a 0,5%

As mudas, após o transplante, eram regadas diariamente com solução completa, porém, diluída com água destilada na relação 1:10, durante um mês. Sendo pequeno o desenvolvimento das plantas e devido ao aparecimento de uma clorose generalizada forneceu-se a todas elas, como tratamento inicial, solução completa, sem diluição. Transcorridas duas semanas, procedeu-se à lavagem do substrato a fim de se remover os sais acumulados, fazendo-se passar em cada vaso abundante água desmineralizada. Após a lavagem, iniciaram-se os tratamentos, conforme está descrito em 3.3.

Os valores de pH das soluções de nutrientes eram ajustados, com o auxílio de um potenciômetro, entre 6,0 e 6,6 mediante a adição de uma solução de NaOH 0,1N.

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação, O delineamento experimental adotado era o inteiramente casualizado e constava de 7 tratamentos, com 4 repetições, utilizando-se uma planta por cada repetição. Os tratamentos eram os seguintes:

Completo: solução com todos os nutrientes.

-N : Solução com omissão de nitrogênio

-P : Solução com omissão de fósforo

-K : Solução com omissão de potássio

-Ca: Solução com omissão de cálcio

-Mg: Solução com omissão de magnésio

-S : Solução com omissão de enxofre

Os tratamentos todos recebiam soluções contendo todos os micronutrientes.

3.4 SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA

A descrição dos sintomas de deficiência era feita com a ajuda do Atlas de cores de VILLALOBOS - DOMINGUES & VILLALOBOS (1947). Nesta anotação, as letras indicam a cor e seu matiz; os números dão o valor da luminosidade e o grau expressa a tonalidade do matiz.

3.5 MEDIÇÕES DE ALTURA E DIÂMETRO DO CAULE

Um dia antes da colheita, procedeu-se as medições de altura, as quais foram tomadas a partir do colo até à gema terminal. (leitura final).

A medição do diâmetro do caule, foi tomada à altura de 5 cm do colo das plantas, sendo essas leituras comparadas com as medições no início do trabalho. Para tanto, deduziu-se das leituras finais as leituras iniciais, tomadas nas mesmas condições, no mesmo dia em que se começou a proceder a omissão dos elementos.

3.6 COLHEITAS DAS PLANTAS

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

A raiz, uma vez separada da planta foi enxaguada com água desmineralizada a fim de eliminar a presença de sais, e de partículas de quartzo e, a seguir, foi lavada com uma solução de HCl 0,1 N, sendo lavada, finalmente, com água desmineralizada e enxaguada com papel de filtro.

Todas as frações, acondicionadas em sacos de papel, foram postas a secar em estufa à 70°C.

Após cinco dias de permanência na estufa as frações correspondentes às diferentes partes das plantas, foram pesadas em balança sensível a fim de se obter o peso da matéria seca.

3.7 ANÁLISES QUÍMICAS

3.7.1 PREPARO DA AMOSTRA

Cada amostra, depois de seca e, pesada, era moída em moinho "Wiley" com peneira de malha 20 e armazenada em sacos de plástico.

3.7.2 DIGESTÃO DA AMOSTRA

Sobre 0,100 g de material vegetal seco determinou-se o nitrogênio total, e sobre 1 g do mesmo material preparou-se o extrato nitro-perclórico, segundo a técnica descrita por LOTT et al (- 1956).

3.7.3 MÉTODOS ANALÍTICOS

O nitrogênio total foi determinado pelo método do micro Kjeldahl, descrito em MALAVOLTA 1964).

Sobre alíquotas dos extratos nitro-perclóricos determinou-se:

Fósforo: pelo método colorimétrico, do vanado-molibdato de amônio. (LOTT et al 1956).

7

Potássio: fotometria de chama. (MALAVOLTA (1964)).

Cálcio e Magnésio: espectro-fotometria de absorção atômica. (The PERKIN-ELMER Corp 1966).

Enxôfre: método gravimétrico. (TOTH et al 1948).

3.7.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram feitas análises estatísticas dos dados de peso da matéria sêca e dos teores químicos expressos em porcentagem do elemento na matéria sêca. (PIMENTEL GOMES 1966).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. SINTOMAS DE DIFICIÊNCIA

4.1.1. NITROGÊNIO

4.1.1.1. Sintomas Externos

Os sintomas de deficiência de nitrogênio foram os primeiros a aparecer sobre as plantas. Após a omissão do nitrogênio na solução nutritiva as plantas acusavam um desenvolvimento bastante retardado. O caule mostrava-se fino e de coloração verde-clara (L-14-18^o). Inicialmente, havia perda de cor verde normal (LG-6-2^o) sendo que as folhas exibiam uma coloração verde-clara (YL-15-10^o).

Após esses sintomas iniciais, as folhas mais velhas (Figura 1) tornavam-se cloróticas (Y-16-9^o) na região apical, clorose esta que caminhava em direção ao limbo. Com o progredir da carência, no sentido das nervuras secundárias para a nervura principal, os bordos se tornavam mais amarelos (YY-19-6^o) e apresentavam um crestamento marginal, o acúmulo do ápice morreu e tornou-se completamente seco (OOY-14-9^o).

Na figura 2, são apresentadas as folhas deficientes em nitrogênio, no estado inicial e final da mesma.

Os sintomas obtidos concordam, em linhas gerais com os descritos por JONES (1966) e WALLACE (1961), para outras culturas, e com SMITH e SCUDDER (1952), em relação à mangueira (*Mangifera indica*, L) outra anacardiácea.

4.1.2 - FÓSFORO

4.1.2.1. Sintomas Externos

Em cada série de plantas o crescimento se reduzia ao mínimo, quase parализando o seu desenvolvimento. As plantas mostravam, inicialmente, uma coloração verde escura, mais intensa nas folhas superiores (GGL-7-2^o).

Num estágio mais avançado de carência as folhas mais velhas tornavam-se verde opacas (LLY-6-11^o) e desprendiam-se da planta.

Não foram observadas sobre as folhas, manchas necróticas, mas as folhas superiores apresentavam-se com menor porte do que as normais.

FIGURA 9. ALTURA DAS PLANTAS.
(MEDIAS)

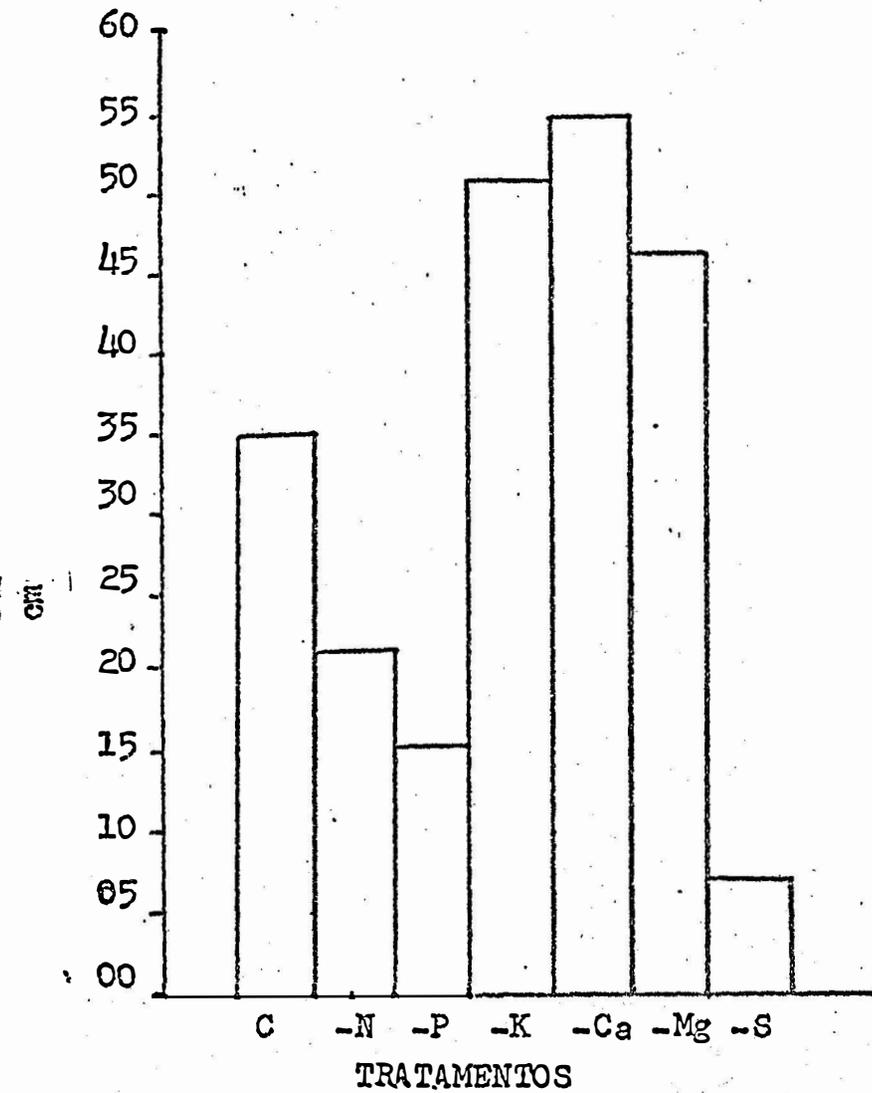
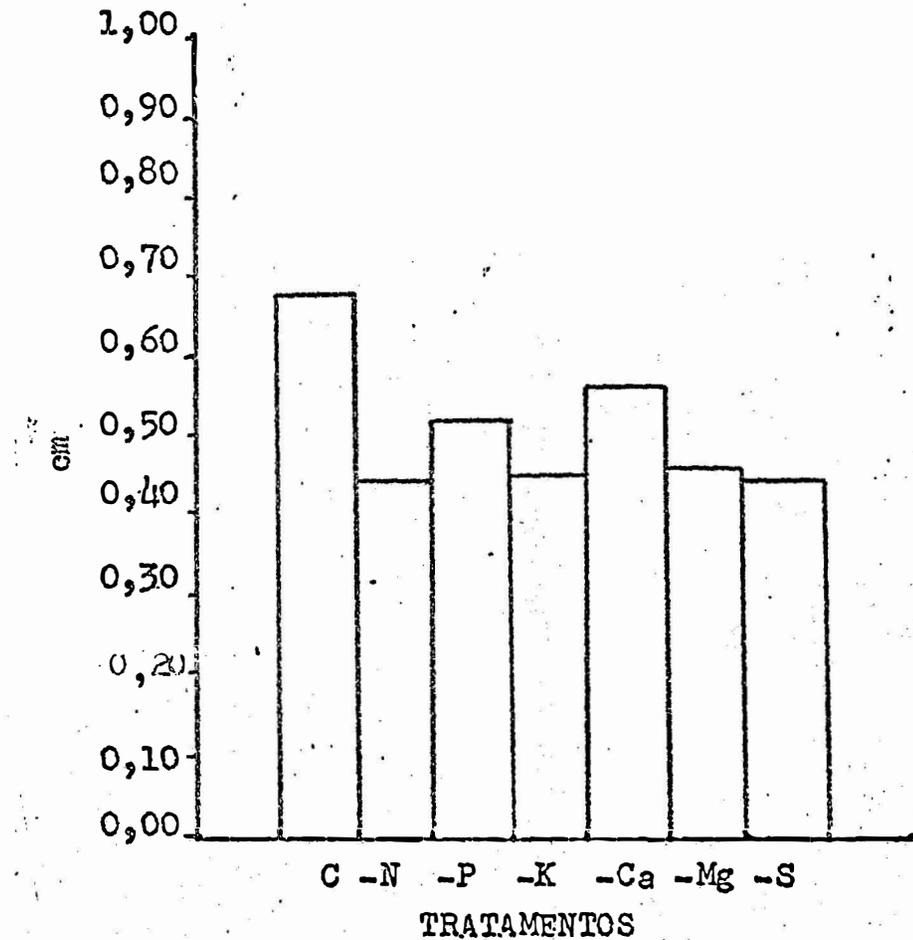


FIGURA 10. DIÂMETRO DO CAULE
(MEDIAS)



9

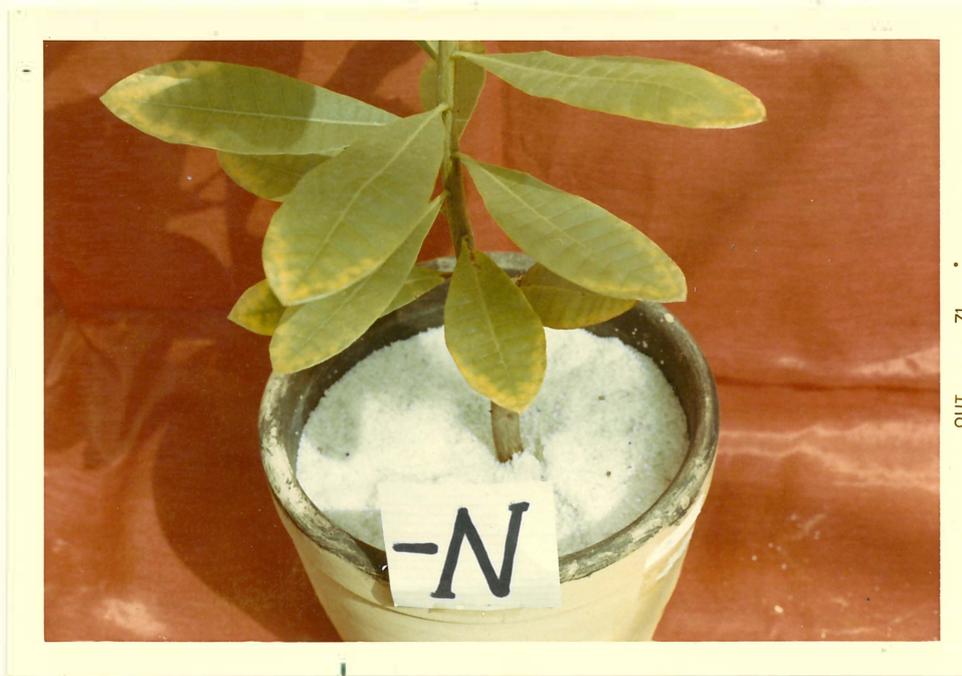


FIG. 1 - DEFICIÊNCIA DO NITROGÊNIO

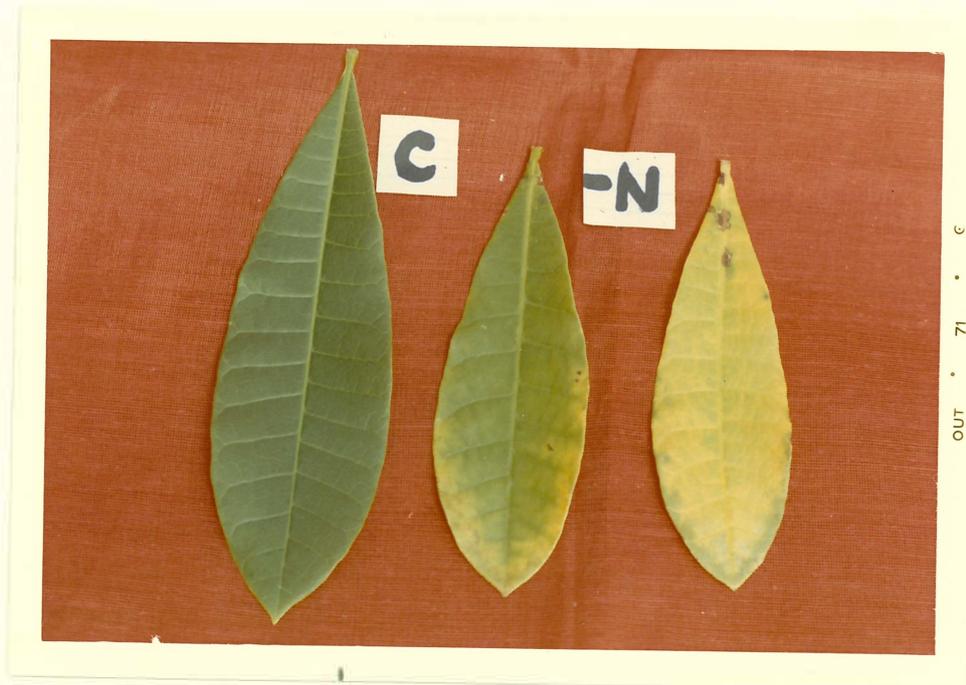


FIG. 2 - DEFICIÊNCIA DO NITROGÊNIO

Os sintomas obtidos concordam com os descritos por WALLACE (1961) em outras culturas e com SMITH e SCUDDER (1952) em mangueira.

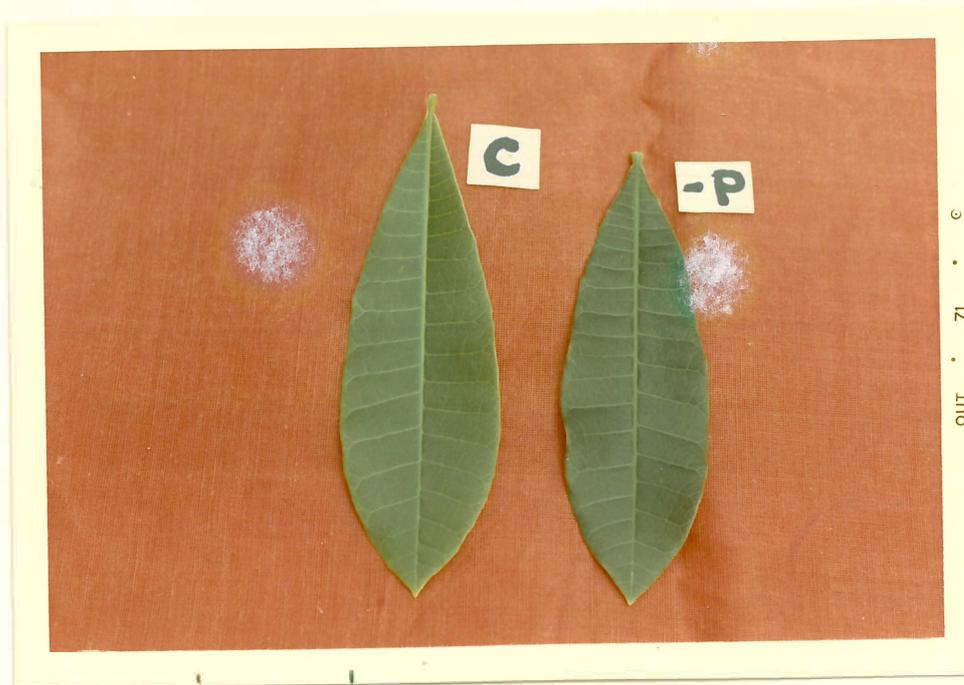


FIG. 3 - DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO

4.1.3. POTÁSSIO

4.1.3.1. Sintomas Externos

As características de carência de potássio manifestavam-se em primeiro lugar, nas folhas inferiores, progredindo em direção às superiores. As folhas apresentavam, inicialmente, uma leve clorose (Y-19-9°) nos borçõs, clorose esta que caminhava em direção ao limbo com o progredir da carência.

Na fase mais avançada dos sintomas, as folhas velhas tornavam-se necrosadas e o sintoma se repetiu, posteriormente, nas folhas intermediárias. Os sintomas obtidos concordam em linhas gerais com os descritos por WALLACE (1961) para outras culturas.



FIG. 4 - DEFICIÊNCIA DO POTÁSSIO

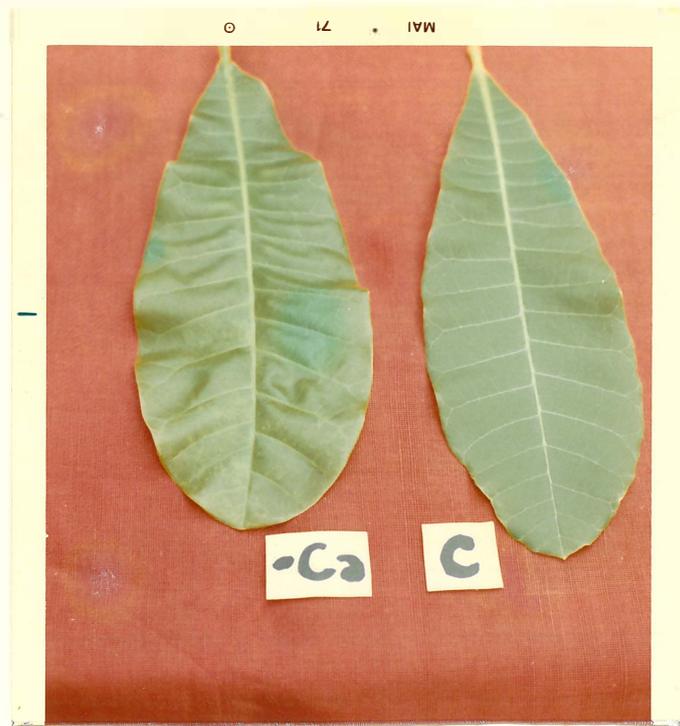
4.1.4. CÁLCIO

4.1.4.1. Sintomas Externos

As plantas manifestam nas folhas superiores as características da deficiência de cálcio enquanto as inferiores tinham um desenvolvimento normal e uma coloração verde normal (LG-6-2^o).

As primeiras manifestações eram o aparecimento de pequenas manchas cloróticas na região internerval próxima à nervura principal. As folhas perdiam um pouco do seu brilho, manifestando-se um crescimento maior no limbo do que nas nervuras, tornando-se as folhas onduladas (Fig. 5).

Com o progredir do tempo, e das deficiências, as manchas cloróticas se uniam e começava o necrosamento das mesmas.



12

FIG. 5 - DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO

4.1.5. MAGNÉSIO

4.1.5.1. Sintomas Externos

As plantas que vegetavam em solução sem magnésio evidenciavam a carência desse elemento após 2 meses, o início do ensaio apresentando um bom desenvolvimento, sem paralização do seu crescimento.

Inicialmente, nas folhas inferiores, notavam-se numerosas e pequenas manchas amareladas (LLY-14-7^o) entre as nervuras principais laterais. O amarelecimento começava perto da nervura principal e devido ao coalescimento das manchas caminhava para as margens ficando limitado por duas nervuras laterais. Em fase mais avançada as manchas começavam a escurecer na sua região central, notando-se aparecimento de necrose (OOL-14-9^o) a qual se propagava para a periferia das manchas, (Fig. 6).

Somente as folhas mais novas permaneceram com a coloração verde normal (LG-6-2^o). Em linhas gerais os sintomas coincidiram com os descritos por EMBLETON (1966) e WALLACE (1961).



FIG. 6 - DEFICIÊNCIA DO MAGNÉSIO

4.1.6. ENXÔFRE

4.1.6.1. Sintomas Externos

A carência em enxôfre foi uma das primeiras a manifestar-se. Após a omissão do enxôfre na solução nutritiva, o crescimento praticamente estacionou e as plantas não apresentavam senão duas ou três fôlhas terminais (Fig. 7).

As fôlhas maduras mais novas se tornavam cloróticas ao mesmo tempo que ficavam com consistência mais rígida, aparecendo nos seus ápices necrose acompanhado de enrolamento das pontas afetadas e bordos rompidos, (Fig. 8). As folhinhas terminais mais novas, enquanto iam se desenvolvendo iam se tornando mais estreitas, diminuindo consideravelmente a superfície do limbo. A fôlha não atingia o tamanho normal, tornando-se cloróticas enquanto que as mais novas já nasciam cloróticas.

Finalmente, na carência de enxôfre as fôlhas basais não chegam a apresentar verdadeiramente clorose e suas nervuras permanecem apenas pouco verdes.

Os sintomas descritos concordam com os relatados por, GILBERT (1951) e EATON (1966).

14



FIG. 7 - DEFICIÊNCIA DE ENXÔFRE



4.2. CRESCIMENTO

Através das medições de altura e do diâmetro do caule, e pesos da matéria seca total das folhas superiores, das folhas inferiores, do caule e das raízes foi avaliada o crescimento das plantas submetidas aos diferentes tratamentos.

4.2.1. ALTURA DAS PLANTAS

As alturas, médias de 4 repetições, das plantas de cada tratamento, expressas em centímetros, acham-se no Quadro 2 e na Fig. 9.

Os tratamentos, avaliados pela altura das plantas, que mais afetaram, negativamente, o crescimento foram -S, -P e -N, quando comparados com o tratamento Completo, sendo essas diferenças estatisticamente significativas pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade.

Essas diferenças podem ser explicadas pelo importante papel que o nitrogênio e o enxofre desempenham como parte da constituição das proteínas, enquanto que o fósforo como dos compostos ricos em energia.

As plantas submetidas aos tratamentos -Ca, -K e -Mg, foram as que apresentaram maior altura diferindo significativamente daquelas que cresceram em solução Completa.

Vê-se que as omissões de Ca, K e Mg afetaram o crescimento fazendo com que as plantas crescessem mais do que as do tratamento Completo. Não se pode afirmar que esse resultado foi positivo, pois, como se verificou na parte de sintomatologia, essas mesmas plantas apresentaram sintomas de deficiência nos mesmos tratamentos. Trata-se, portanto, de desequilíbrio observado pela falta dos elementos em questão.

Quanto à omissão do cálcio, embora tenha afetado as folhas novas, o alto desenvolvimento apresentado em altura contrária o que comumente se observa em outras plantas, qual seja, a paralização do crescimento com a morte das gemas apicais. Talvez a presença de pequenas reservas de cálcio nos frutos e/ou ao cálcio fornecido nas fases iniciais do ensaio, através, de soluções diluídas tenham feito com que a falta de cálcio não tenha sido suficiente para afetar o desenvolvimento das gemas terminais. Se se observar

QUADRO 2 ALTURA DAS PLANTAS E DIÂMETRO DO CAULE, EM CENTÍMETROS MÉDIAS DAS DIFERENÇAS ENTRE LEITURA FINAL E LEITURA INICIAL, TOMADA DE CADA PLANTA.

TRATAMENTOS	MÉDIA EM CM.	
	ALTURA	DIÂMETRO
	Completo	35,00
-N	22,50	0,44
-P	15,50	0,52
-K	50,75	0,45
-Ca	54,50	0,56
-Mg	46,00	0,46
-S	8,20	0,48
dm _s 5%	6,85	0,09
CV %	8,37	7,71

as dimensões referentes ao "menos cálcio" no desenvolvimento do diâmetro (Ver 4.2.2.) vê-se que foi menor que o do "completo" e que o caule mostrava-se frágil, sendo curvado devido ao pêsso da folhagem.

WYN JONES (1966), assinala que as exigências de cálcio para muitas plantas superiores tem sido sobrestimados, implicando que os altos níveis de cálcio utilizados no crescimento das plantas são requeridos primariamente para diminuir a toxicidade de outros íons podendo, em determinadas condições, considerar-se o mesmo como um micronutriente.

4.2.2. DIÂMETRO DO CAULE

Os diâmetros médios de 4 repetições, de cada tratamento expressos em centímetros, se acham no Quadro 2 e ilustrado na Fig. 10.

O análise estatística dos dados apresentados assinalam pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, que o tratamento Completo tem o maior diâmetro, diferindo significativamente dos demais tratamentos. Os tratamentos -Ca, -P e -S não diferem entre si, sendo os tratamentos -Mg, -K e -N os que apresentaram menor diâmetro.

Apesar do tratamento com omissão de cálcio ter apresentado um dos maiores diâmetros, o caule mostrava aparência frágil, sendo curvado devido ao pêsso da folhagem.

4.2.3. PÊSO DA MATÉRIA SÊCA

O desenvolvimento das plantas foi também avaliado através da matéria sêca produzida, por cada uma de suas partes, ou seja, pelas raízes, caules e fôlhas e, em conjunto, como plantas inteiras.

4.2.3.1. Raiz

Os pêsos das raízes sêcas, média de 4 repetições, expressos em gramas, se encontram no Quadro 3 e ilustrados na Fig. 11.

A análise estatística dos dados, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, assinala que o tratamento Completo apresenta o maior pêsso de raiz, ao lado dos tratamentos -Ca, -Mg e -K, pois, estes não diferem do Completo significativamente. A omissão

são de enxôfre apresentou-se menor apenas do Completo, embora praticamente, seja menor do que o -Ca (13,25) dada a diminuta diferença relativa à d.m.s.

O menos nitrogênio foi menor, significativamente, do que o Completo do -Ca e do -Mg, não diferindo, entretanto, do -P e do -K.

O pobre desenvolvimento radicular observado no tratamento com omissão de fósforo corresponde bem aos sintomas característicos da deficiência deste elemento, descritos por BINGHAN (1966). A omissão de cálcio na solução não chegou a afetar o desenvolvimento radicular, não obstante CHAPMAN(1966) assinalar a marcada redução do sistema radicular como um dos sintomas típicos da sua deficiência. Aliás, é interessante notar que o -Ca causou nas outras partes da planta um desenvolvimento bem maior do que no Completo (Ver no Quadro 3).

4.2.3.2. Caule

O peso da matéria seca dos caules em gramas, medias de 4 repetições acham-se no Quadro 3. Aplicando-se aos dados o teste de Tukey ao 5%, verifica-se que o tratamento -Ca foi superior a todos, e difere significativamente de todos os tratamentos, inclusive do Completo.

Os tratamentos -K e -Mg não diferiram, significativamente, do Completo embora o façam dos -N, -P e -S. Estes últimos foram os que apresentaram menor peso de caule, sendo que dos três o -N não chegou a diferir significativamente do tratamento Completo. As faltas de fósforo e de enxôfre foram os tratamentos que mais afetaram a produção de caule, concorrendo bem com as medições de altura das plantas.

4.2.3.3. Fôlhas Inferiores

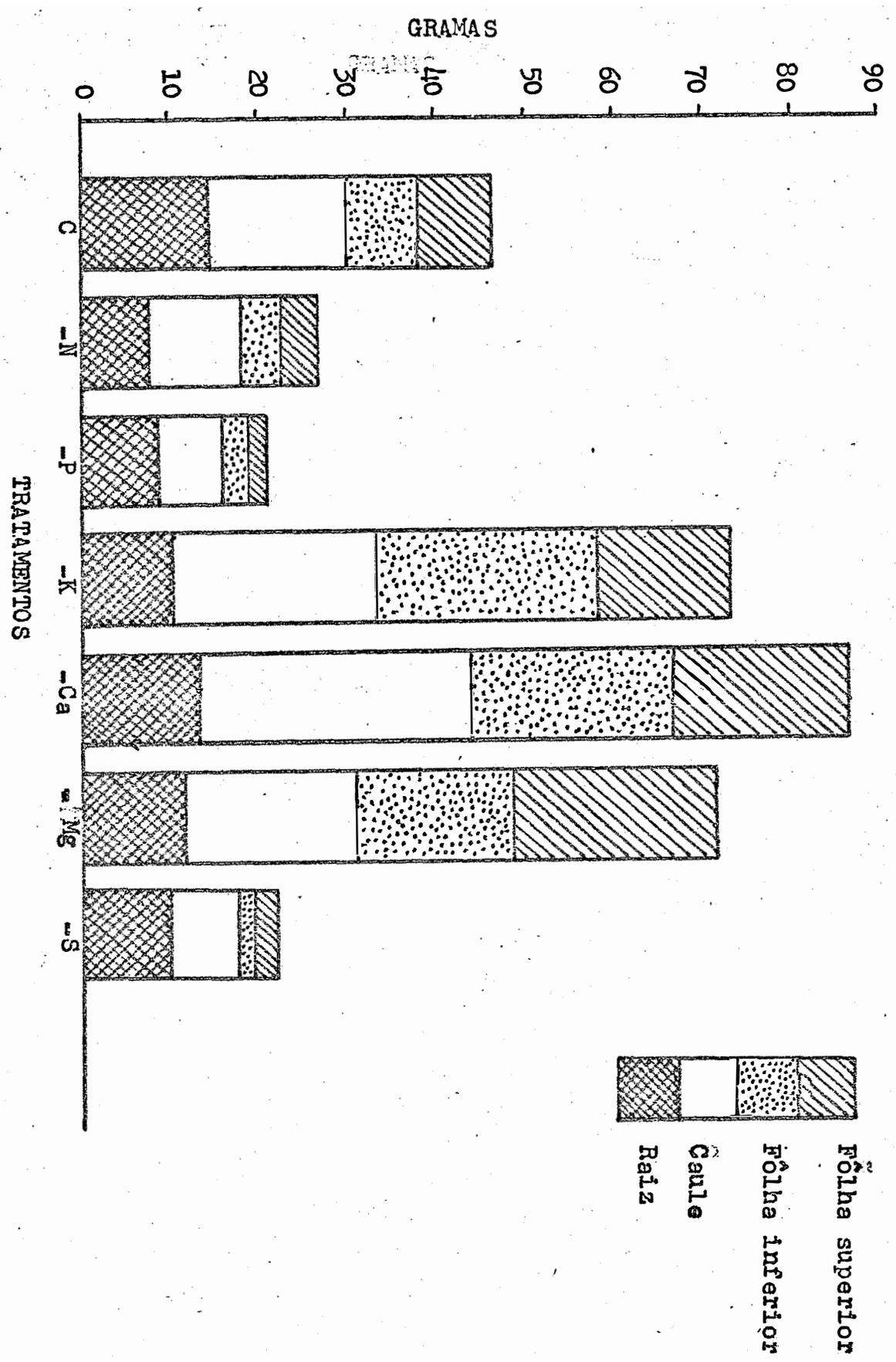
Os valores médios de peso de matéria seca de fôlhas inferiores em gramas se acham expostas no Quadro 3 e ilustrados na Fig. II.

Os maiores tratamentos foram os -K e -Ca que diferem significativamente do -Mg, e os três do tratamento Completo, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os -N, -P e -S foram

QUADRO 3 PÊSO DA MATÉRIA SÊCA NAS DIFERENTES FRAÇÕES DAS PLANTAS (MÉDIA DE QUATRO REPELIÇÕES), EXPRESSO EM GRAMAS.

TRATAMENTOS	PARTES DO VEGETAL				PLANTA INTEIRA
	RAÍZES	CAULE	FÓLHAS INFERIORES	FÓLHAS SUPERIORES	
Completa	14,25	16,25	7,50	8,50	46,50
-N	7,50	10,50	4,75	4,25	27,00
-P	8,50	7,50	3,00	2,25	21,75
-K	10,75	22,25	26,00	20,75	79,75
-Ca	13,25	30,75	22,50	19,75	86,25
-Mg	11,50	19,50	17,50	23,00	71,50
-S	9,75	7,50	2,00	2,25	21,50
d.m.s. a 5% Teste Tukey C.V %	3,54 14,30	6,66 17,74	3,74 13,70	4,03 15,22	15,00 12,88

FIGURA 10. PÊSO MEDIO DA MATERIA SECA.



os de menor peso e diferem significativamente do Completo, embora não entre si.

4.2.3.4. Fôlhas Superiores

Os pesos das fôlhas superiores de cada tratamento média de 4 repetições, expressos em gramas, se acham no Quadro 3 e ilustrado na Figura II.

A análise estatística, pelo teste Tukey ao nível de 5% assinala que os tratamentos -Mg, -K e -Ca diferem significativamente do tratamento Completo, mas não entre si. Os tratamentos que apresentaram menores pesos nas fôlhas superiores foram: os -N, -P e -S diferindo significativamente do Completo. Entre os três últimos não houve supremacia de nenhum deles sobre os outros.

4.2.3.5. Peso Total da Matéria Sêca (Planta Inteira)

Os pesos totais das plantas de cada tratamento representados pela soma dos pesos médios de todas as partes expressos em gramas acham-se no Quadro 3 e ilustrado na Fig. II.

De acordo a análise estatística dos dados pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade os tratamentos -Ca, -K e -Mg foram os maiores em produção de matéria sêca e diferem significativamente dos demais tratamentos, inclusive, do Completo. Os tratamentos -N, -P e -S apresentam os menores conteúdos de matéria sêca total, e diferem significativamente do Completo. Da mesma forma como ocorre com os três primeiros, os três últimos também não mostraram diferenças entre si.

Os dados de peso da matéria sêca total mostram reação semelhante aos das alturas apresentados no Quadro 2.

4.3. COMPOSIÇÃO MINERAL DAS PLANTAS

As análises químicas dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S nas diferentes frações da planta relativas aos tratamentos com e sem omissão dos elementos se encontram expostos neste capítulo. Considerando as plantas do tratamento Completo como normais e os com omissão como deficientes.

4.3.1. EFEITOS DOS MACRONUTRIENTES SOBRE O TEOR DE NITROGÊNIO NAS DIFERENTES PARTES DA PLANTA

4.3.1.1. Raiz

Os conteúdos de nitrogênio na raiz médias de 4 repetições, expressos em porcentagem, encontram-se no quadro 4.

Os maiores teores de nitrogênio na raiz corresponderam aos tratamentos -S e Completo não diferindo estes, significativamente, entre si. Somente o -S diferiu dos demais. Os tratamentos Completo, -P e -Ca também não diferiram entre si, mas dentre os três apenas o Completo difere do -Mg, e este último é maior do que o -N, mas não do que o -K.

Pelos resultados estatísticos vê-se que a falta do enxofre, do fósforo e do cálcio não influenciaram nos teores de nitrogênio da raiz. O mesmo não se pode dizer em relação às omissões do magnésio, potássio e nitrogênio. Os três tratamentos reduziram o teor de nitrogênio da raiz, principalmente o -K que chegou a afetar a concentração do elemento na mesma intensidade do -N.

Skok e Burstrom, citados por GAUCH (1957) assinalam que as plantas deficientes em cálcio não podiam absorver ou utilizar nitratos. Ao contrário desses autores os resultados obtidos no presente trabalho mostram que o tratamento com omissão de cálcio absorvem tanto nitrogênio quanto o tratamento Completo.

Provavelmente, essa aparente contradição se explique pelas reservas de cálcio da semente e pelas adições de cálcio antes do início do ensaio, conforme foi exposto no item 4.2.1.

A omissão de fósforo na solução nutritiva afetou a absorção de nitratos, conforme observou HILLS (1970) em beterraba, HAAG (1958), em raízes de cafeeiro, não encontrou diferenças no teor de nitrogênio em plantas que apresentavam as deficiências dos

QUADRO 4 TEOR PERCENTUAL DE NITROGÊNIO NO MATERIAL SECO NAS DIFERENTES PARTES DAS PLANTAS (MÉDIA DE 4 REPETIÇÕES)

TRATAMENTOS	PARTES DO VEGETAL			
	RAÍZ	CAULE	FÓLHAS INFERIORES	FÓLHAS SUPERIORES
completo	1,88	1,77	2,77	2,96
-N	0,83	0,80	1,20	1,29
-P	1,72	2,24	2,60	2,74
-K	1,13	1,47	2,13	2,39
-Ca	1,56	1,55	2,56	2,64
-Mg	1,46	1,62	2,84	2,90
-S	2,07	2,32	3,60	3,79
dms 5% CV %	0,36 10,37	0,24 6,38	0,53 9,23	0,54 8,87

diversos macronutrientes o que não concorda plenamente com os resultados aqui obtidos.

Os teores encontrados em relação a omissão de nitrogênio e Ao Completo foram:

	Completo	Com Omissão
N%	1,88	0,83

4.3.1.2. Caule

Os conteúdos de nitrogênio no caule, expressos em porcentagem acham-se no Quadro 4.

A análise estatística dos dados pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, mostram que os tratamentos -S e -P superam estatisticamente ao tratamento Completo. Os tratamentos Completo, -Mg e -Ca não diferem entre si, mas o -K apesar de não se diferenciar dos dois últimos é menor do que o Completo.

O -N foi o de mais baixo teor, diferenciando-se, significativamente, de todos os tratamentos.

No caule, os resultados mostram que as omissões de fósforo e enxôfre favoreceram a absorção de nitrogênio enquanto que a falta de potássio baixou o teor. As omissões de cálcio e magnésio não alteraram os níveis do nitrogênio. A falta de nitrogênio provocou, como era esperado, uma queda acentuada do nível do elemento no caule (0,80%), constituindo no mais baixo teor encontrado na planta.

Os teores encontrados em relação a omissão de nitrogênio e ao Completo foram:

	Completo	Com Omissão
N%	1,77	0,80

4.3.1.3. Fôlhas Inferiores

Os dados expostos no Quadro 4 mostram pelo teste de Tukey ao nível de 5%, que o tratamento -S apresenta o maior teor de nitrogênio nas fôlhas inferiores.

Os tratamentos -Mg, -P, -Ca e Completo não diferem estatisticamente entre si. O -K difere do Completo mas não do -Ca e

-P. As plantas que vegetavam em soluções nutritivas carentes em nitrogênio apresentaram os teores mais baixos em nitrogênio diferindo, significativamente, de todos os tratamentos.

A omissão de enxôfre provocou grande acúmulo de nitrogênio nas fôlhas inferiores embora com menor intensidade do que nas fôlhas superiores. A omissão de potássio na solução nutritiva causou diminuição de nitrogênio nas fôlhas inferiores. De acôrdo com COLEMAN (1962) o potássio intervém no metabolismo dos compostos nitrogenados afetando a redução de nitratos e a síntese de proteínas.

EATON (1950) em soja, ERGLE e EATON (1957) em algodoeiro observaram a elevação do teor de nitrogênio em plantas carentes em fôsforo, atribuindo êste fato a uma deficiência na síntese de proteína, no presente trabalho não se observou êste fato.

Os teores encontrados em relação a omissão de nitrogênio e ao Completo foram:

	Completo	Com Omissão
N%	2,77	1,20

4.3.1.4. Fôlhas Superiores.

De acôrdo com os resultados, expostos no Quadro 4, o tratamento com omissão de enxôfre na solução, apresentou a maior concentração de nitrogênio, correspondendo ao tratamento menos nitrogênio o teor mais baixo.

A análise estatística dos dados, pelo teste Tukey ao nível de 5%, indica que os tratamentos Completo, -Mg, -P e -Ca não diferem entre si estatisticamente. Os tratamentos -K e -N são, significativamente, inferiores ao tratamento Completo, e o -N em relação ao -K e demais.

No caso presente houve maior absorção de nitrogênio apenas no tratamento -S. O teor de nitrogênio foi afetado pela falta do potássio e pela falta do próprio elemento, o que confirma os outros dados discutidos, anteriormente, em relação a outras partes do trabalho.

A acumulação de compostos nitrogenados no tratamento -S concordam com os obtidos por GILBERT (1951) pois em geral as

plantas deficientes neste elemento caracterizam-se pelo alto teor de nitrogênio.

COLEMAN (1966) assinala que a carência de enxofre causa profundas mudanças no metabolismo do nitrogênio, acarretando uma redução na síntese de proteínas e acumulação de compostos nitrogenados orgânicos e inorgânicos solúveis, isto devido a incapacidade da planta em reduzir seus nitratos.

O tratamento -Ca não afetou a acumulação de nitratos, o que é concordante com os obtidos por MACHICADO (1961) em cacau.

Os teores encontrados em relação a omissão de nitrogênio e ao Completo foram:

	Completo	Com Omissão
N%	2,96	1,29

4.3.2. EFEITOS DOS MACRONUTRIENTES SOBRE O TEOR DE FÓSFORO NAS DIFERENTES PARTES DA PLANTA

4.3.2.1. Raiz

Os teores de fósforo na raiz, média de 4 repetições expressos em porcentagem encontram-se no Quadro 5.

De acordo com os dados apresentados, o tratamento -S diferiu, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, de todos os tratamentos, enquanto que os -N, -Mg, -Ca e -K foram superiores ao tratamento Completo; o tratamento -P foi, estatisticamente, mais baixo que o Completo.

Vê-se portanto, que com exceção do fósforo, a omissão individual de todos os macronutrientes aumentou o teor de fósforo na raiz.

No tratamento com omissão de cálcio os resultados não concordam com as observações de TANADA (1956) de que o íonio cálcio incrementa, apreciavelmente, a absorção do fósforo.

Os teores encontrados em relação a omissão de fósforo e ao Completo foram:

	Completo	Com Omissão
N%	0,227	0,076

QUADRO 5 TEOR PERCENTUAL DE FÓSFORO NO MATERIAL SECO NAS DIFERENTES PARTES DAS PLANTAS (MÉDIA DE 4 REPELIÇÕES)

TRATAMENTOS	PARTES DO VEGETAL			
	RAÍZ	CAULE	FÓLHAS INFERIORES	FÓLHAS SUPERIORES
completo	0,227	0,183	0,222	0,343
-N	0,322	0,374	0,256	0,136
-P	0,076	0,063	0,097	0,118
-K	0,290	0,266	0,238	0,297
-Ca	0,297	0,258	0,224	0,245
-Mg	0,315	0,369	0,265	0,326
-S	0,383	0,360	0,161	0,186
dms 5%	0,052	0,039	0,032	0,024
C V %	8,35	6,40	6,64	4,51

4.3.2.2. Caule

Os conteúdos de fósforo no caule acham-se no Quadro 5 expressos em porcentagem.

A análise estatística dos dados pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, indica que os tratamentos -N, -Mg, -S, -K e -Ca superaram significativamente o tratamento Completo, sendo só o tratamento -P inferior a este último. Os -N, -Mg e -S apresentaram-se, também, superiores ao -K e -Ca.

Da mesma maneira que para a raiz, a omissão individual de todos os elementos, com excessão do fósforo, provocou acúmulo deste nutriente no caule.

A omissão de fósforo apresentou o seu mais baixo teor (0,063%) em toda a planta.

Os teores encontrados em relação a omissão de fósforo e ao Completo foram:

	Completo	Com Omissão
N%	0,183	0,063

4.3.2.3. Fôlhas Superiores

Os teores de fósforo nas fôlhas inferiores são apresentados, expressos em porcentagem no Quadro 5.

Os dados obtidos mostram que os tratamentos -Mg e -N, superaram, significativamente, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey, ao tratamento Completo. Os tratamentos -Mg e -Ca não se mostraram diferentes do Completo, enquanto os -S e -P apresentaram as mais baixas porcentagens de fósforo, diferindo, significativamente, do Completo, e mostrando o -P menor, também, que o -S.

As omissões de magnésio e de nitrogênio provocaram acúmulo de fósforo nas fôlhas inferiores. No que diz respeito ao nitrogênio os resultados concordam com os obtidos por SMITH e SCUDDER (1952) em mangueira.

O -S provocou, ao contrário, queda no teor do elemento, embora não atingisse os baixos valores do -P. Os resultados obtidos com o tratamento em ausência de fósforo coincidem bem com os sintomas de deficiência do mesmo descritos em 4.1.2.

Os teores encontrados em relação a omissão de fósforo e ao Completo foram:

	Completo	Com omissão
P%	0,222	0,097

4.3.2.4. Fôlhas Superiores

A análise estatística dos dados apresentados no Quadro 5 pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, indica que o tratamento Completo não difere do tratamento -Mg e supera, estatisticamente, aos tratamentos -K, -Ca, -S, -N e -P. As omissões de K, Ca, S e N provocaram significativamente, em ordem decrescente, um abaixamento no teor de fósforo.

A falta de nitrogênio, opostamente ao que sucedeu nas raízes, caule e fôlhas inferiores, provocou um decréscimo acentuado no teor de fósforo. Esse efeito positivo do nitrogênio tem sido encontrado por diversos autores em outras plantas.

O menor fósforo com os seus baixos teores, mais uma vez comprova a coincidência desses dados. Com os sintomas de deficiência observados nas plantas submetida a esse tratamento e descritos em 4.1.2., e, ainda, com o pequeno crescimento alcançado pelas mesmas.

A omissão de magnésio na solução nutritiva acusou elevação significativa na absorção de fósforo. Nas raízes, no caule e nas fôlhas inferiores. Quanto às fôlhas superiores não mostrou nem elevação, nem queda no teor de fósforo.

CROCOMO et al (1964), contrariamente, encontraram em raízes destacadas de cevada, uma ação estimulante do íônio magnésio na absorção do fósforo.

A carência de enxôfre na solução, não provocou concentração anormal do teor de fósforo, característica assinalada por HAAG e MALAVOLTA (1960) e LOTT et al (1960) no cafeeiro.

Os teores encontrados em relação a omissão de fósforo e ao Completo foram

	Completo	Com Omissão
P%	0,345	0,118

4.3.3. EFEITOS DOS MACRONUTRIENTES SÔBRE O TEOR POTÁSSIO NAS DIFERENTES PARTES DA PLANTA

4.3.3.1. Raiz

As porcentagens de potássio na raiz, médias de 4 repetições, encontram-se no Quadro 6.

A análise estatística dos dados, indica pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, que os tratamentos -N, -Mg, -S e -P superam, significativamente, ao tratamento Completo, e mostram diferenças entre si, na ordem decrescente com que foram enumerados. Os tratamentos -Ca e -K apresentaram os teores mais baixos do que o Completo sendo o -K o tratamento de concentração mais baixa em potássio.

Observa-se pelos dados estatísticos que a omissão dos elementos N, Mg, S e P, e, particularmente, a do nitrogênio, provocar um acúmulo sensível de potássio nas raízes. Por outro lado as omissões de cálcio e potássio reduziram a absorção deste último.

Wallace (1963), citado por COBRA (1967), utilizando potássio radioativo (K^{42}) encontrou que as raízes de feijoeiro cultivadas em solução carente de nitrogênio reduziam a absorção do potássio, enquanto que os dados aqui obtidos assinalam o contrário, sendo o tratamento -N o que apresentou maior teor do elemento.

A omissão de magnésio na solução nutritiva causou um aumento na concentração do potássio nas raízes de cana de açúcar, segundo HAAG (1958). É clássica na literatura a competição entre -K e -Mg verificada em muitas espécies MALAVOLTA (1971).

Os teores encontrados em relação a omissão de potássio e a) Completo foram

	Completo	Com Omissão
K%	1,31	0,39

4.3.3.2. Caule

A análise estatística, dos dados apresentados no Quadro 6, mostraram pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, que os tratamentos -Ca, -N, -S, -Mg e -P são, significativamente, maiores que o Completo e diferentes entre si. O teor mais bai-

QUADRO 6 TEOR PERCENTUAL DE POTÁSSIO NO MATERIAL SECO NAS DIFERENTES PARTES DAS PLANTAS (MÉDIA DE 4 REPETIÇÕES)

TRATAMENTOS	PARTES DO VEGETAL			
	RAIZ	CAULE	FÓLHAS INFERIORES	FÓLHAS SUPERIORES
completo	1,31	1,40	2,28	2,70
-N	2,02	1,69	2,58	2,81
-P	1,45	1,49	2,83	2,69
-K	0,39	0,59	0,35	0,99
-Ca	1,09	1,82	3,89	3,05
-Mg	1,80	1,50	4,03	3,44
-S	1,48	1,62	2,60	2,59
dms 5%	0,05	0,06	0,06	0,07
C V %	1,60	1,91	1,07	1,21

xo encontrado correspondeu à omissão deste elemento sendo significativa sua diferença quando comparado com o Completo.

O teor de potássio no tratamento com omissão de cálcio não concorda com o relatado por NIELSEN e OVERSTREET (1955) de que o cálcio aumentava a absorção do potássio, admitindo, ainda, que o cálcio funcionaria como cofator no transporte do potássio.

Os teores encontrados em relação a omissão de potássio e ao Completo foram

	Completo	Com Omissão
K%	1,40	0,59

4.3.3.3. Fôlhas Inferiores

Os teores de potássio nas fôlhas inferiores encontram-se no Quadro 6. A análise estatística, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, indica que os tratamentos -Mg, -Ca, -P, -S e -N são maiores significativamente ao Completo. No tratamento com omissão de potássio apresentou-se o teor mais baixo, diferindo significativamente do Completo.

O teor de potássio obtida nas fôlhas inferiores apresentou-se menor do que o encontrado nas superiores (0,99%) o qual corresponde ao desenvolvimento dos sintomas de deficiência deste elemento discutidos em 4.1.3.

CIBES e SAMUELS (1957) verificaram que a omissão de fósforo ou enxôfre favoreceram o acúmulo de potássio. MANI (1964) em cítricas, encontrou elevados teores de cálcio, magnésio e nitrogênio em plantas com sintomas de deficiência de potássio, cultivados em solução nutritiva.

WEIR (1969) estudando o efeito interionico do potássio e magnésio na nutrição mineral das cítricas verificou o efeito competitivo entre ambos os iônios. A baixa concentração de um deles no meio, provocava a concentração do outro nas fôlhas.

Os dados obtidos no presente trabalho concordam com as observações dos autores acima citados.

Os teores encontrados em relação a omissão de potássio e ao Completo foram

	Completo	Com Omissão
K%	2,28	0,35

4.3.3.4. Fôlhas Superiores

A análise estatística dos dados apresentados no Quadro 6 pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, indica que os tratamentos -Mg, -Ca e -N são superiores, significativamente, ao Completo e diferem entre si. Os tratamentos -S e -K apresentaram porcentagens de potássio mais baixa, do que o Completo, sendo o -P igual a este último.

A omissão de cálcio ou magnésio na solução nutritiva - provocou acúmulo de potássio da mesma maneira como aconteceu nas fôlhas inferiores embora em menor intensidade.

Comparando os teores de potássio no tratamento -K nas fôlhas inferiores e superiores nota-se que os resultados de ambos coincidem bem com as descrições dos sintomas de deficiência, verificando-se que o K parece se translocar das fôlhas velhas para as mais novas.

Os teores encontrados em relação a omissão de potássio e ao Completo foram

	Completo	Com Omissão
K%	2,70	0,99

4.3.4. EFEITOS DOS MACRONUTRIENTES SOBRE O TEOR DE CÁLCIO NAS DIFERENTES - PARTES DA PLANTA

4.3.4.1. Raiz

Os teores de cálcio na raiz acham-se no Quadro 7. A análise estatística dos dados revela, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, que os tratamentos com omissão de magnésio e potássio, respectivamente, são superiores ao tratamento Completo. Os tratamentos -P, -N e -Ca são menores, significativamente do que o Completo, enquanto que o -S não difere do mesmo. O -Ca difere do -N significativamente.

O teor de cálcio mais baixo, apresentou-se no tratamento com omissão deste elemento, sendo sua concentração a menor observada em toda a planta.

A omissão de magnésio e potássio causaram uma acumulação de cálcio na raiz. A literatura sobre as relações de K/Ca e -

QUADRO 7 TEOR PERCENTUAL DE CÁLCIO NO MATERIAL SECO NAS DIFERENTES PARTES DAS PLANTAS (MÉDIAS DE 4 REPETIÇÕES)

TRATAMENTOS	PARTES DO VEGETAL			
	RAÍZ	CAULE	FÓLHAS INFERIORES	FÓLHAS SUPERIORES
completo	0,675	0,507	0,940	0,572
-N	0,352	0,415	0,725	0,312
-P	0,494	0,524	0,827	0,607
-K	0,835	0,947	0,987	0,662
-Ca	0,050	0,090	0,235	0,075
-Mg	0,999	0,934	0,817	0,509
SS	0,667	0,440	0,764	0,530
dms 5%	0,106	0,077	0,092	0,063
C V %	7,92	6,08	5,31	5,90

Mg/Ca em plantas é bastante baixa e mostra que altas concentrações de um deles no solo ou na solução nutritiva se opõem à absorção do outro. HAAG (1958) em cafeeiro obteve resultados semelhantes.

Os teores encontrados em relação a omissão de cálcio - e ao Completo foram

	Completo	Com omissão
Ca%	0,675	0,050

4.3.4.2. Caule

A análise estatística dos teores de cálcio contidos no caule são apresentados no Quadro 7, revela, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, que os tratamentos -K e -Mg são superiores, significativamente, ao tratamento Completo. Os tratamentos -N e -Ca apresentaram teores de cálcio menores que o Completo, tendo o -Ca apresentado o nível mais baixo do elemento no caule. Os tratamentos -P e -S não diferiram do Completo.

Realmente, observou-se no caule o mesmo que ocorreu em raízes, isto é, maior absorção de cálcio nas omissões de magnésio e potássio, e menor absorção nas ausências de nitrogênio e cálcio.

Os teores encontrados em relação a omissão de cálcio - e ao Completo foram

	Completo	Com omissão
Ca%	0,507	0,090

4.3.4.3. Fôlhas Inferiores

Os dados de cálcio nas fôlhas inferiores apresentam-se no Quadro 7. A análise estatística, indica pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade que o tratamento -K não difere significativamente do Completo. Os tratamentos -P, -Mg, -S, -N e -Ca mostraram uma concentração, significativamente, inferior ao Completo, sendo que o -P e o -Mg foram superiores aos -N e este ao -Ca.

O tratamento -Ca apresentou o menor teor de cálcio nas fôlhas inferiores, mas apresentou-se em nível mais elevado do que ao das fôlhas superiores (0,075%) o qual põe em evidência sua baixa mobilidade dentro da planta. Esses dados confirmam os sintomas de deficiência de cálcio descritos em 4.1.4.

Os teores encontrados em relação a omissão de cálcio e ao Completo foram

	Completo	Com Omissão
Ca%	0,940	0,235

4.3.4.4. Fôlhas Superiores

Os teores de cálcio contêúdos nas fôlhas superiores encontram-se no Quadro 7. As análises estatísticas dos mesmos, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, mostram que o tratamento -K superou significativamente ao Completo. Os tratamentos -P, -S, ao contrário do -Mg, não se diferenciaram do Completo.

As soluções com omissão de nitrogênio e cálcio apresentam os teores mais baixos, sendo o tratamento -N maior do que o tratamento -Ca.

A omissão de potássio na solução favoreceu a acumulação de cálcio. OVERSTREET (1952) explica êste fato assinalando - que o potássio e cálcio são absorvidos por um mecanismo similar, e que ambos os cationios competem pelo mesmo ponto do carregador. Na ausência de um dêles, ocorreria maior absorção do outro. As observações de OVERSTREET são confirmadas pelo presente trabalho, - pois o tratamento com omissão de cálcio em caule, fôlhas e raízes provocaram grande acúmulo de potássio naquelas partes das plantas.

Os teores encontrados em relação a omissão de cálcio e ao Completo foram

	Completo	Com Omissão
Ca%	0,572	0,075

4.3.5. EFEITOS DOS MACRONUTRIENTES SÔBRE O TEOR DE MAGNÉSIO NAS DIFERENTES PARTES DA PLANTA

4.3.5.1. Raiz

Os teores de magnésio na raiz, médias de 4 repetições expressos em porcentagens acham-se no Quadro 8

A análise estatística dos dados, pelo teste de Tukey, - ao nível de 5% de probabilidade, assinala que os tratamentos -S e -K são os maiores, diferindo, significativamente, com respeito ao tratamento Completo. Os tratamentos completo -P e -Ca, não dife--

QUADRO 8 TEOR PERCENTUAL DE MAGNÉSIO NO MATERIAL SECO DIFERENTES PARTES DAS PLANTAS, (MÉDIA DE 4 REPETIÇÕES)

TRATAMENTOS	PARTES DO VEGETAL			
	RAIZ	CAULE	FÓLHAS INFERIORES	FÓLHAS SUPERIORES
completo	0,372	0,287	0,462	0,494
-N	0,249	0,247	0,379	0,362
-P	0,359	0,250	0,389	0,389
-K	0,417	0,324	0,565	0,427
-Ca	0,332	0,312	0,547	0,517
-Mg	0,060	0,054	0,097	0,114
-S	0,422	0,282	0,467	0,415
dms 5%	0,041	0,054	0,075	0,096
C V %	5,72	9,46	7,89	10,81

rem entre si, mas diferem do -N e este do -Mg cujo teor é o mais baixo das raízes

As omissões de enxôfre e de potássio provocaram um aumento na concentração de Mg, enquanto o -N baixou o teor de magnésio. A ausência de magnésio causou a menor concentração.

Os teores encontrados em relação a omissão de magnésio e ao Completo foram

	Completo	Com Omissão
Mg%	0,372	0,060

4.3.5.2. Caule

Os conteúdos de magnésio, no caule apresentam-se no Quadro 8. A análise estatística dos dados, assinalam que os maiores teores do elemento acham-se nos tratamentos com omissão de potássio e cálcio os quais não diferem significativamente do tratamento Completo. Não houve diferenças entre o Completo e os -P, -Ca -N e -S. Quanto ao -Mg foi o menor de todos significativamente.

Os teores encontrados em relação a omissão de magnésio e ao Completo foram

	Completo	Com Omissão
Mg%	0,287	0,054

4.3.5.3. Fôlhas Inferiores

Os tratamentos de magnésio nas fôlhas inferiores acham-se no quadro 8.

A análise estatística mostra, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, que os tratamentos com omissões de potássio e cálcio apresentaram os maiores teores de magnésio, diferindo significativamente do tratamento Completo. A omissão do magnésio na solução causou uma queda muito grande na concentração deste elemento mais acentuada que nas fôlhas superiores fato correlacionado com o aparecimento dos sintomas de deficiências. A diferença resultou significativa quando comparado com o tratamento Completo. O -P e o -N diferem do -Mg, que por sua vez difere de todos os tratamentos.

MALAVOLTA (1967) assinala duas causas principais para a carência de magnésio do cafeeiro ou em outras plantas estudadas

até agora, sendo o antagonismo com o potássio um a dêles.

Via de regra, quando a absorção de K aumenta a do Mg - diminui.

Os tratamentos -S, -P e -N não mostram diferenças significativas quando comparados com o tratamento Completo. Em relação do tratamento -Ca, MANI (1964) observou o mesmo em plantas cítricas.

Os teores encontrados em relação a omissão de magnésio e ao Completo foram

	Completo	Com Omissão
Mg%	0,462	0,097

4.3.5.4. Fôlhas Superiores.

Os teores de magnésio apresentados no Quadro 8 analisados estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, assinalam que os tratamentos -Ca, -K e -S não diferiram significativamente do tratamento Completo, Os tratamentos com omissão de fósforo, nitrogênio e magnésio apresentaram teores de magnésio inferiores ao tratamento Completo, sendo que este último foi o mais baixo de todos os tratamentos.

A omissão de cálcio da mesma forma que nas fôlhas inferiores, causou um acúmulo no teor de magnésio, consequência do antagonismo entre os dois cations, observada também por CIBES e SAMUEL (1957), em fumo e por MANI (1964) em plantas cítricas.

As plantas que estavam em soluções com omissão de fósforo apresentaram um teor baixo de magnésio, Jerming (1963), citado por LOPEZ (1966), assinala que o mecanismo responsável pela absorção de magnésio está relacionado ao metabolismo do fosfato nas células.

Os teores encontrados em relação a omissão de magnésio e ao Completo foram

	Completo	Com Omissão
Mg%	0,494	0,114

4.3.6. EFEITO DOS MACRONUTRIENTES SÔBRE
O TEOR DE ENXÔFRE NAS DIFERENTES
PARTES DA PLANTA

4.3.6.1. Raiz

Os teores de enxôfre na raiz média de 4 repetições expressosem porcentagem, acham-se no quadro 9.

De acôrdo com a análise estatística, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, os tratamentos com omissão de nitrogênio, potássio, fósforo e magnésio nas soluções nutritivas não diferiram do tratamento Completo, mas diferiram todos êles dos -Ca e -S. Os tratamentos com omissão de enxôfre apresentou o mais baixo teor de enxôfre diferindo significativamente do tratamento Completo e demais.

Dentre os diversos elementos somente o Ca e o S afetaram os teores de enxôfre da raiz, pois as omissões de um e outro reduziram o teor de enxôfre no referido órgão.

Segundo NELSON (1956) a omissão de nitrogênio causou uma maior concentração de enxôfre, assinalando êste autor que a absorção do sulfato é inversamente proporcional às concentrações de nitrato no substrato, COBRA (1967) em feijoeiro obteve semelhantes resultados.

O tratamento -Ca provocou uma diminuição de conteúdo de enxôfre o qual concorda com LEGGETT e EPSTEIN (1956), os quais observaram um efeito estimulante na absorção de sulfato por raízes isoladas de cevada.

Os teores encontrados em relação a omissão de enxôfre e ao Completo foram

	Completo	Com Omissão
S %	0,069	0,021

4.3.6.2. Caule

No quadro 9 apresentam-se os teores de enxôfre contidos no caule nos diferentes tratamentos.

A análise estatística dos dados, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, indica que o tratamento -S resultou menor e difere significativamente do tratamento Completo e de-

QUADRO 9 TEOR PERCENTUAL DE ENXÔFRE NO MATERIAL SÊCO NAS DIFERENTES FRAÇÕES DAS PLANTAS (MÉDIA DE 4 REPELIÇÕES)

TRATAMENTOS	PARTES DO VEGETAL			
	RAIZ	CAULE	FÔLHAS INFERIORES	FÔLHAS SUPERIORES
completo	0,069	0,045	0,061	0,061
-N	0,077	0,050	0,066	0,054
-P	0,067	0,046	0,065	0,056
-K	0,071	0,043	0,059	0,048
-Ca	0,045	0,038	0,064	0,048
-Mg	0,059	0,043	0,058	0,052
-S	0,021	0,013	0,026	0,017
dms 5%	0,020	0,017	0,014	0,016
C V %	15,11	19,23	10,64	14,33

mais. Os outros tratamentos não diferem do tratamento Completo.

Confirmando o que ocorreu na raiz a omissão de enxôfre provocou uma queda do teor de elemento no caule.

Os teores encontrados em relação a omissão de enxôfre e ao Completo foram

	Completo	Com Omissão
S%	0,045	0,013

4.3.6.3. Fôlhas Inferiores*

Os teores de enxôfre nas fôlhas inferiores apresentam-se no Quadro 9.

A análise estatística, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, mostra que só o tratamento com omissão de enxôfre difere significativamente do Completo, apresentando o menor teor do enxôfre de todos os tratamentos nas fôlhas inferiores.

Os tratamentos com omissão de nitrogênio e fósforo apresentam uma tendência de acumulação de enxôfre onde as deficiências de ambos elementos apresentam-se em forma mais acentuada. Pode-se explicar este fato pela necessidade de manter o equilíbrio iônico dentro das plantas.

Os teores encontrados em relação a omissão de enxôfre e ao Completo foram

	Completo	Com Omissão
S%	0,061	0,026

4.3.6.4. Fôlhas Superiores

Os conteúdos de enxôfre nas fôlhas superiores expressados em porcentagem, acham-se no Quadro 9.

A análise estatística, dos dados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, mostra que somente o tratamento S difere do Completo.

Os restantes dos tratamentos não apresentam diferenças entre si. Dentre os que possuem os teores mais altos de enxôfre nas fôlhas superiores apresenta-se o tratamento Completo.

A carência de enxôfre causou uma queda no teor deste elemento mais acentuada que nas fôlhas inferiores, o qual concorda com o aparecimento dos sintomas.

41

Os teores encontrados em relação a omissão de enxôfre
e ao Completo foram

	Completo	Com Omissão
S%	0,061	0,017

5. CONCLUSÕES

1 - Foram constatados e descritos sintomas morfológicos característicos de deficiências de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. As plantas deficientes em cálcio não apresentaram morte das gemas terminais

2 - Dos macronutrientes, somente o nitrogênio, o fósforo e o enxofre, afetaram positivamente o desenvolvimento das plantas.

3 - A falta de fornecimento dos macronutrientes as plantas provocou em todos os casos uma redução acentuada nos seus teores nas diversas partes da planta.

4 - Diversas interações entre os elementos foram verificadas na composição dos tecidos das plantas, destacando-se pelos seus efeitos mais evidentes as seguintes:

4.1. A falta de nitrogênio provocou:

4.1.1. Acúmulo de fósforo nas folhas inferiores, caule e raízes, e queda acentuada nas folhas superiores.

4.1.2. Acúmulo de potássio nas diversas partes da planta.

4.1.3. Diminuição de cálcio nos tecidos das diferentes partes da planta.

4.2. A omissão de fósforo provocou:

4.2.1. Concentração de potássio nas folhas inferiores no caule e nas raízes.

4.3. A falta de potássio apresentou

4.3.1. Diminuição de nitrogênio em todas as partes da planta.

4.3.2. Concentração de cálcio nas diferentes partes da planta.

4.3.3. Acúmulo de magnésio nas raízes, no caule e nas folhas inferiores.

4.4. A omissão de cálcio causou:

4.4.1. Acúmulo de potássio nas diferentes partes da planta exceto nas raízes.

4.4.2. Acúmulo de magnésio nas diversas partes da planta menos nas raízes.

4.5. A falta de magnésio provocou:

4.5.1. Acúmulo de fósforo nas raízes, no caule e nas folhas inferiores.

4.5.2. Acúmulo de potássio nas diversas partes da planta.

4.5.3. Acúmulo de potássio em todas as partes da planta.

4.5.4. Concentração de cálcio nas raízes e no caule, mas diminuição nas folhas inferiores e superiores.

4.6. A omissão de enxofre apresentou:

4.6.1. Concentração de nitrogênio em toda a planta.

4.6.2. Acúmulo de fósforo nas raízes e caule, e diminuição nas folhas.

4.6.3. Acúmulo de potássio nas raízes, no caule e nas folhas inferiores.

6. RESUMO

Plantas de cajueiro (Anacardium occidentale. L) de 60 dias de idade, foram transplantadas para vasos contendo areia de quartzo moído e regadas com solução nutritiva modificada de, HOAGLAND e ARNON (1950) completa e deficiente em cada um dos macronutrientes, a fim de se obter um quadro sintomatológico das deficiências e dados analíticos de plantas deficientes e sadias.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e constou de 7 tratamentos com 4 repetições utilizando-se uma planta por cada repetição.

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

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

Dos macronutrientes, somente o nitrogênio, o fósforo e o enxôfre, afetaram positivamente o desenvolvimento das plantas.

Os níveis encontrados nas plantas com tratamento completo e com omissão dos diferentes macronutrientes expressos em porcentagem do elemento na matéria seca foram:

Elemento	tratamento	PARTES DAS PLANTAS			
		RAÍZ	CAULE	FÓLHAS INFERIORES	FÓLHAS SUPERIORES
Nitrogênio	Completo	1,88	1,77	2,77	2,96
	omissão	0,83	0,80	1,20	1,29
Fósforo	Completo	0,227	0,183	0,222	0,343
	omissão	0,076	0,063	0,097	0,118
Potássio	Completo	1,31	1,40	2,28	2,70
	omissão	0,39	0,59	0,35	0,99
Cálcio	Completo	0,675	0,507	0,940	0,572
	omissão	0,050	0,090	0,235	0,075
Magnésio	Completo	0,372	0,287	0,462	0,494
	omissão	0,060	0,054	0,097	0,114
Enxôfre	Completo	0,069	0,045	0,061	0,061
	omissão	0,021	0,013	0,026	0,017

SUMMARY

This work was carried out with the aim of studying the effects of macronutrients on the growth and chemical composition of the early growth of cashew plants (Anacardium occidentale, L.), cultivated in sand culture.

Cashew plants of 60 days old were transferred to pots containing silica sand. The nutrient solutions of HOAGLAND & ARNON (1950) modified, with and without the presence of macronutrients, were used.

Symptoms of lack of N, P, K, Ca, Mg, and S, were observed and described.

As soon as symptoms of deficiency appeared, the plants were harvested and divided in the following fractions: upper leaves, lower leaves, stem and root.

Nitrogen, phosphorus and sulfur affected the development of the plants.

The macronutrients concentrations, determined from the fractions of the plants, were the following:

Element	Treatment	Fractions of the plants			
		Root	Stem	Upper leaves	Lower leaves
N	Complete	1,88	1,77	2,77	2,96
	Without N	0,83	0,80	1,20	1,29
P	Complete	0,227	0,183	0,222	0,343
	Without P	0,076	0,063	0,097	0,118
K	Complete	1,31	1,40	2,28	2,70
	Without K	0,39	0,59	0,35	0,99
Ca	Complete	0,675	0,507	0,940	0,572
	Without Ca	0,050	0,090	0,235	0,075
Mg	Complete	0,372	0,287	0,462	0,494
	Without Mg	0,060	0,054	0,097	0,114
S	Complete	0,069	0,045	0,061	0,061
	Without S	0,021	0,013	0,026	0,017

LITERATURA CITADA

- BINGHAM, F.T "Phosphorus", In CHAPMAN, H.D ed: Diagnostic Criteria for plants and soil, Berkeley, Univ of Calif, Div Agric, Sciences 1966 cap 23 p. 324-361
- BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATISTICA. Anuario estatístico do Brasil, 1970. Rio de Janeiro, 1970, 771-p.
- CHAPMAN, H.D. "Calcium" In: _____ ed. Diagnostic criteria for plants and soils. Berkeley, Univ. of Calif, Div. of Agric, Sciences , 1966. cap. 6, p. 65-92.
- CIBES, N. & SAMUELS, G. Mineral deficiency Symptoms displayed by coffee trees under controlled conditions. Tech paper, Agric Exp. Univ P.R. Rio Piedras, P.R n.14 1955.
- CIBES, N e SAMUELS, G. Mineral deficiency Symptoms displayed by tobacco grown in the greenhouse under controlled conditions. Tech paper. Agric Exp Sta. Univ P.R, Rio Piedras, P.R n.23 1957.
- COBRA, A Absorção e deficiências dos macronutrientes pelo feijoeiro (Phaseolus vulgaris. L. var roxinho) Tese E.S.A.L.Q, U.S.P Piracicaba, S.P, 1967. 67p.
- COLEMAN, R.G. The effect of sulfur deficiencies, on the free amino acids of some plants. Aust. J. biol. Sci., 10 (1): 50-56,1957.
- COLEMAN, R.G. The effect of nutrient deficiencies on nitrogen metabolism Bull. Commonw. Agric. Bur, London, n.46 : 98-117,1962.
- CROCOMO, O.J. & MALAVOLTA, E. The Uptake of radiophosphate by barley plants as influenced by magnesium. An. Esc.Sup.Agric. Luiz de Queiróz, Piracicaba, 21: 43-49, 1964.
- CROCOMO, O.J. NEPTUNE, M.A.L.; REYES-ZUMETA, H. Absorción de iones por las plantas. Maracaibo, Fac. de Agronomia, Univ. del Zulia , 1965. 188p.
- CUILLE, J. Note sur l'anacardier dans les pays africains de l'ensemble. Fruits, 25 (3): 205-9, 1970.
- EATON, F.M. "Sulfur" In: Chapman, H.D., ed. Diagnostic criteria for plants and soils. Berkeley, Univ. of Calif., Div. of Agric. Sciences, 1966. cap. 29, p. 444-75.

- EATON, S.V. Effects of phosphorus deficiency on growth and metabolism Bot. Gaz., 111 (4): 426-436, 1970
- EMBLETON, T.W. "Magnesium" In: Chapman, H.D. ed: Diagnostic criteria for plants and soil. Berkeley, Univ. of Calif, Div of Agric. Sciences, 1966 cap. 18, p. 225-263.
- ENGLER, A. "Anacardiaceae" In: MARTIUS, C.F.P. VON Flora brasiliensis. Lipsiae, Monachii, 1872-77, v.12, pt 2, p. 367-418.
- ERGLE, D.R e EATON, F.M; Aspects of phosphorus metabolism in the cotton plant. Plant Physiol 32 (2): 106-112 1957.
- FORSHEY, C.G & Mc KEE, M.W. Effects of potassium deficiency on nitrogen metabolism of fruit plants. J. Amer Soc Hort Sci, 95(6): 727-729 1970.
- GAUCH, H.G. Mineral nutrition of plants. Ann. Rev. Plant Physiol, 8: 31-64, 1957.
- GILBERT, F.A. The place of sulfur in plant nutrition. Bot. Rev., - 17 (9): 671-691, 1951.
- HAAG H.P. Efeitos das deficiências e excessos de macronutrientes no crescimento e na composição do Cafeeiro (*Coffea arabica*. L - var bourbon (B. Rodr) Choussi) cultivado em solução nutritiva. - Tese. ESALQ, USP. Piracicaba, S.P., 1958 103p.
- HAAG, H.P. & MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do Cafeeiro. Rev. Agric., Piracicaba, 35 (5): 273-289, 1960.
- HILLS, F.J.; SAILSBERY, R.L.; ULRICH, A. ; SIPITANOS, K.M. Effect of phosphorus on nitrate in Sugar Beet (*Beta vulgaris*. L) Agron. J., 62 (1): 91-92, 1970.
- HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The Water culture method for growing plants without soil. Circ. Calif. Agric. Exp. Sta., n.347, 1950 32p.
- JONES, W.W. "Nitrogen" In: CHAPMAN, H.D. ed: Diagnostic criteria - for plants and soil. Berkeley. Univ of Calif. Div of Agric. - Sciences, 1966 cap. 22, p.310-323.
- LEFEBVRE, A. L'anacardier, une richesse de Madagascar Fruits, 24 (1): 43-61 1969.

- LEFEBVRE, A. Indications preliminaires sur la fertilisation de l'anacardier. Fruits, 25 (9): 621-8, 1970.
- LEGGETT, J.E. & EPSTEIN, E. Kinetics of sulfate absorption by Barley roots. Plant Physiol. 31 (3): 222-226, 1956.
- LOPEZ GOROSTIAGA, O.E. Efeito das deficiências de macronutrientes no crescimento e na composição mineral do fumo (Nicotiana tabacum L. var. M.A. 1) Tese. ESALQ. USP. Piracicaba S.P., 1966. 81p.
- LOTT, W.L.; GALLO, R.J.; MEDCALF, J.J. A técnica de análise foliar aplicado ao Cafeeiro. Bol. Inst. Agron. Campinas, n.79, 1956. 29p.
- LOTT, W.; Mc GLUNG, A.; MEDCALF, J.C. Sulfur deficiency in Coffee. Bull. IBEC Res. Inst., New York, n.22, 1960. 24p.
- MACHICADO, M. & BOYNTON, D. El efecto de las deficiencias de potasio, calcio y magnesio sobre los constituyentes intermediarios de nitrogenio en las hojas de Cacao: Turrialba, 11 (4): 133-137, 1961
- MALAVOLTA, E. Estudos sobre o enxofre. Tese. ESALQ: USP. Piracicaba S.P. 1951. 93p.
- MALAVOLTA, E. "Análises químicas dos teores totais". In: CURSO INTERNACIONAL DE DIAGNOSE FOLIAR. Piracicaba, S.P., ESALQ/IICA, 1964. 36p.
- MALAVOLTA, E.; HAAG H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL Sobr., M.O.C. Nutrição Mineral de algumas culturas tropicais. Ed. Univ São Paulo/ Piracicaba. S.Paulo. 1967. 251p.
- MALAVOLTA, E. Curso pós-graduado de Solos e Nutrição de plantas. Piracicaba, Dept Química, E.S.A.L.Q. 1970. 218p.
- MANI, V.S. & PRAKASH, V. Mineral nutrition of citrus. Indian J Agric Sci, 34 (2): 71-77, 1964.
- NEILSON, L.W. The mineral nutrition of corn as related to its growth and culture Advanc. Agron., 8: 321-375, 1956.
- NIELSEN, T.R. & OVERSTREET, R. A study of the role of the Hydrogen ion in the mechanism of potassium absorption by excised barley roots. Plant Physiol., 30 (4): 303-309, 1955.
- NORTHWOOD, P.J ; KAYUMBO, H. Y. Cashew production in Tanzania. World Crops: 88-91. 1970.

- OVEN STREET, R.; JACOBSON, L. ; HANDLEY, R. The effect of calcium on the absorption of potassium by barley. Plant Physiol, 27: 583-590 1952.
- PARLENTE, J.I.G. & ALBUQUERQUE, J.J.L. "Adubação mineral no cajueiro (Anacardium occidentale. L.) em Pacajus, no litoral cearense". - In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 22, Salvador, 1970. Resumos. São Paulo, 1971.
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental 3ª ed. Piracicaba, S.P., E.S.A.L.Q., 1966. 404p.
- SMITH, P.F. & SCUDDER, G.K. Some studies of mineral deficiency symptoms in Mango Proc. Fla. Mango Forum: 21-27, 1952
- TANADA, T. Effect of ribonuclease on salt absorption by excised mung bean roots Plant Physiol. 31 (3): 251-253, 1956.
- THE PERKIN-ELMER CORP, Analytical methods for atomic absorption spectro photometry. Connecticut, Perkin Elmer, 1966.
- TOTH, S.J; PRINCE, A.L.; WALLACE, A.; MIKKELSEN, D.S. Rapid quantitative determination of eight mineral elements in plant tissue by a systematic procedure involving use of a flame photometer. Soil. Sci., 66 (6): 459-466, 1948.
- VILLALOBOS-DOMINGUEZ, C. & VILLALOBOS, J. Atlas de los colores. - Buenos Aires, El Ateneo, 1947
- WALLACE, T. Diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual Symptoms: a colour atlas and guide "2ª ed!" London, H.M.S.O., 1951 p.107.
- WALLACE, T. The diagnosis of mineral deficiencies in plants. London, H.M.S.O., 1961.
- WEIL, C.C. Potassium and magnesium nutrition of citrus trees. Trop. Agriculture, Trin 46 (2): 131-136 1969
- WYN JONES, R.G. & LUNT, O.R. The function of calcium in plants. Bot. Rev., 33 (4): 407-426, 1967.