

ABSORÇÃO E DEFICIÊNCIAS DOS MACRONUTRIENTES PELO FEIJOEIRO

(Phaseolus vulgaris L., var. roxinho)

ANTONIO COBRA NETTO
Engenheiro-Agrônomo

Cadeira nº 2

Química Agrícola
Departamento de Química

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
U.S.P.

Tese apresentada à Escola
Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz", para
obtenção do título de
"Doutor em Agronomia".

PIRACICABA
ESTADO DE SÃO PAULO
1967

" IN MEMORIAM "

Ao saudoso Professor Dr. Tufi Coury

D E D I C O

aos meus pais
à minha espôsa
e aos meus filhos

AGRADECIMENTOS

O autor expressa o seu agradecimento às seguintes pessoas e instituições:

Ao Prof. Catedrático Euripedes Malavolta, a cuja orientação devemos a execução deste trabalho, pelas sugestões e revisão do texto.

Ao Prof. Catedrático Walter R. Accorsi pela colaboração no desenvolvimento do trabalho.

Aos Professores Henrique P. Haag e Francisco de A.F. - de Mello pelo estímulo e colaboração apresentadas no decorrer da confecção da tese.

Aos Professores Moacyr de O.C. do Brasil Sobr^o e Otto J. Crocomo pelos auxílios prestados.

À Fundação Rockefeller e ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

Í N D I C E

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA : : :	2
2.1. MARCHA DE ABSORÇÃO	2
2.2. SINTOMAS MORFOLÓGICOS E ANATÔMICOS DE DEFICIÊN- CIAS MINERAIS E TEORES QUÍMICOS	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS	10
3.1. VARIEDADE	10
3.2. DESINFECÇÃO DAS SEMENTES	10
3.3. ENSAIO DE CAMPO	11
3.3.1. INSTALAÇÃO DO ENSAIO	11
3.3.2. COLHEITA DO ENSAIO	12
3.4. ENSAIO EM CASA DE VEGETAÇÃO	13
3.4.1. INSTALAÇÃO DO ENSAIO	13
3.4.2. COLHEITA DAS PLANTAS	13
3.4.3. SINTOMATOLOGIA	14
3.5. ANÁLISES QUÍMICAS	14
3.5.1. PREPARO DA AMOSTRA	14
3.5.2. DIGESTÃO DA AMOSTRA	14
3.5.3. MÉTODOS ANALÍTICOS	14
3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1. ENSAIO DE CAMPO	
4.1.1. DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS	15
4.1.2. CONCENTRAÇÃO DOS MACRONUTRIENTES NAS DIVERSAS PARTES DAS PLANTAS	20
4.1.3. QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NAS DIVERSAS PARTES DAS PLANTAS	22
4.2. ENSAIO NA ESTUFA	33

	<u>Pág.</u>
4.2.1. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO	33
4.2.1.1. SINTOMAS EXTERNOS (MORFOLÓGICOS)	33
4.2.1.2. SINTOMAS FOLIARES INTERNOS (ANATÔMICOS) ...	33
4.2.2. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO	34
4.2.2.1. SINTOMAS EXTERNOS (MORFOLÓGICOS)	34
4.2.2.2. SINTOMAS FOLIARES INTERNOS (ANATÔMICOS) ...	35
4.2.3. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS DE POTÁSSIO	35
4.2.3.1. SINTOMAS EXTERNOS (MORFOLÓGICOS)	35
4.2.3.2. SINTOMAS FOLIARES INTERNOS (ANATÔMICOS)....	36
4.2.4. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO	37
4.2.4.1. SINTOMAS EXTERNOS (MORFOLÓGICOS)	37
4.2.4.2. SINTOMAS FOLIARES INTERNOS (ANATÔMICOS) ...	37
4.2.5. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO	38
4.2.5.1. SINTOMAS EXTERNOS (MORFOLÓGICOS)	38
4.2.5.2. SINTOMAS INTERNOS (ANATÔMICOS)	39
4.2.6. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE ENXÔFRE	39
4.2.6.1. SINTOMAS EXTERNOS (MORFOLÓGICOS)	39
4.2.6.2. SINTOMAS FOLIARES INTERNOS (ANATÔMICOS) ...	40
4.2.7. DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS	41
4.2.7.1. DISTRIBUIÇÃO DA MATÉRIA SÊCA NOS ÓRGÃOS DA PLANTA	43
4.2.8. CONCENTRAÇÃO DOS MACRONUTRIENTES NOS ÓRGÃOS DA PLANTA	44
4.2.9. DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL NA PLANTA DO TOTAL DE CADA NUTRIENTE ABSORVIDO	55
5. RESUMO E CONCLUSÕES	60
6. LITERATURA CITADA	63

1. INTRODUÇÃO.

A produção mundial de feijão em 1964 atingiu 9,4 milhões de toneladas, obtida numa superfície plantada de 21 milhões de ha, e resultando, portanto, um rendimento médio de 433 kg/ha. Coube ao Brasil a parcela de 20,8 % daquele total, com o que a lavoura brasileira de feijão assegurou o primeiro lugar entre os diversos países produtores.

Nossa produção da leguminosa aproximou-se de 2 milhões de toneladas, segundo os levantamentos do Serviço de Estatística da Produção do Ministério da Agricultura, relativos à safra de 1964. Seguem-se-lhe, por ordem de grandeza, a Índia (1,8 milhão de t), China (1,6 milhão de t), Estados Unidos (939 mil t), México (816 mil t) e Japão (274 mil t) (de Conjuntura Econômica 1966).

Trata-se, portanto, de uma cultura de grande importância econômica para o Brasil. Entretanto, são escassos em nosso meio os ensaios a respeito dessa leguminosa, principalmente no que se refere à sua alimentação mineral, base necessária para os trabalhos de adubação.

Considerando os fatos acima mencionados, o presente trabalho pretende contribuir, em parte, para sanar tal falha.

Os objetivos foram:

- a. Avaliar as quantidades de macronutrientes extraídas pelo feijoeiro, em diversas épocas do desenvolvimento da cultura.
- b. Obter um quadro sintomatológico das deficiências dos macronutrientes.
- c. Aquilatar o efeito da omissão dos macronutrientes nas alterações de alguns constituintes celulares.
- d. Verificar os efeitos da omissão de cada um dos macronutrientes no crescimento do feijoeiro.

e. Verificar os efeitos da omissão dos macronutrientes um por vêz, sôbre os teores dos mesmos nas diversas partes da planta.

2. REVISÃO DE LITERATURA.

Dentro da extensa bibliografia sôbre feijões foram selecionados sômente os trabalhos de nutrição mineral relacionados com o gênero Phaseolus.

A presente revisão foi subdividida em duas partes: a primeira se refere à marcha de absorção dos macronutrientes; a segunda se relaciona com os sintomas visuais de deficiências minerais, morfológicos e anatômicos e com os teores de macronutrientes encontrados por diversos autores.

2.1. MARCHA DE ABSORÇÃO.

BRUNS(1935) constatou em condições de campo que grandes quantidades de nitrogênio eram necessárias desde o início do desenvolvimento até a maturação. O fósforo foi absorvido durante todo o período, não apresentando épocas preferenciais. O cálcio foi absorvido em maior quantidade no início do crescimento e a absorção cessou quatro a cinco semanas antes da maturação. A absorção do magnésio foi mais intensa durante o florescimento, diminuindo posteriormente. A marcha de absorção do magnésio e do potássio foram similares, êste último foi, porém, absorvido em quantidades maiores.

SEMENOVA(1944), utilizando a solução nutritiva completa de Knopp, verificou que em tórno do 24º dia de idade das plantas ocorria absorção mais intensa de P, K e Ca, decrescendo, então, rapidamente. Em tórno do 50º dia havia novo aumento na absorção.

GALLO e MIYASAKA(1961) estudaram a composição e a absorção de elementos nutritivos pelo feijoeiro adubado com N, P e K e não adubado desde a época do florescimento até a maturação, em condições de campo. Esses autores encontraram que aos 65 dias de idade, isto é, no início da queda das folhas e com 10% das vagens maduras, as plantas cultivadas nas parcelas adubadas já haviam retirado as seguintes quantidades de nutrientes, extrapoladas em kg/ha:

<u>Elementos</u>	<u>kg/ha</u>
Nitrogênio (N)	83,84
Fósforo (P)	6,63
Potássio (K)	67,67
Cálcio (Ca)	34,35
Magnésio (Mg)	10,46
Enxôfre (S)	5,53

No período compreendido entre o 33º e o 44º dias de idade, ou seja, durante o pleno desenvolvimento das flores até a formação das primeiras vagens ocorreu a maior absorção de nutrientes, com as médias diárias para os macronutrientes que se seguem:

<u>Elementos</u>	<u>kg/ha</u>
Nitrogênio (N)	2,46
Fósforo (P)	0,27
Potássio (K)	2,17
Cálcio (Ca)	1,27
Magnésio (Mg)	0,53
Enxôfre (S)	0,26

Nas idades subsequentes a absorção diária foi pequena.

No tratamento não adubado a intensidade de absorção variou com o período e com o elemento.

HAAG e outros(1967) estudaram a composição química do feijoeiro durante todo o período vegetativo em vasos com solos adubados. O período de maior absorção de nitrogênio ocorreu durante os 60 dias iniciais da vida da planta. O mesmo fenômeno foi observado para o fósforo, potássio, magnésio e enxofre. O cálcio apresentou o máximo de absorção ao redor dos 50 dias. As quantidades extraídas até o período de maior absorção são apresentadas a seguir (Tabela 1).

<u>Elemento</u>	<u>Extração em kg/ha</u>	<u>Exportação em kg/ha</u>
Nitrogênio (N)	201,2	14,3
Fósforo (P)	17,5	1,6
Potássio (K)	200,7	10,2
Cálcio (Ca)	116,0	1,8
Magnésio (Mg)	36,0	1,0
Enxofre (S)	36,0	2,2

Tabela 1 - Quantidades de macronutrientes retirados pelo feijoeiro, segundo HAAG e outros(1967).

Segundo Catani e outros (sem data), citado por CASTAGNO LI(1966), uma cultura de feijoeiro extrai as seguintes quantidades de N, P e K, em kg/ha: N, 31; P, 3,5; K, 6,6.

2.2. SINTOMAS MORFOLÓGICOS E ANATÔMICOS DE DEFICIÊNCIAS MINERAIS E TEORES QUÍMICOS.

Nitrogênio

JACOB(1927) citado por DESAI(1937) constatou que a omis

são deste elemento reduziu o crescimento da planta de feijoeiro deixando-a com internódios curtos. As folhas tornaram-se menores e mais finas do que as das plantas normais. A relação parte aérea/raiz foi menor no tratamento onde se omitiu o nitrogênio, comparado com o completo.

WALLACE(1961, pág. 85) relata como consequência da insuficiência de nitrogênio uma redução no crescimento das plantas. As folhas novas mostravam-se pequenas e cloróticas sendo que as mais velhas tornavam-se amareladas e caíam prematuramente. A floração era reduzida.

THOMSON e WEIER(1962) cultivaram feijão em areia com a solução nutritiva de HOAGLAND e ARNON(1950), omitindo nitrogênio; observaram que os sintomas nas folhas novas se caracterizavam por um esmaecimento da cor verde sendo que as folhas mais velhas estavam intensamente cloróticas. Esses autores verificaram, através da microscopia eletrônica, que células deficientes em nitrogênio mostravam uma grande diminuição na quantidade do estroma e os compartimentos dos grãos eram inchados e em número reduzido.

Fósforo

DESAI(1937) cultivou plantas em solução nutritiva com omissão de fósforo. Constatou que as mesmas tinham crescimento paralizado apresentando internódios longos e finos. As folhas novas de plantas deficientes apresentavam coloração verde escura sendo que as folhas inferiores secavam rapidamente exibindo uma coloração marrom.

WALLACE(1961, pág. 85) traduziu a deficiência de fósforo como atuando na paralisação do crescimento. As folhas jovens apresentavam redução no tamanho, coloração verde escura que passava à bronzeada com o progredir dos sintomas. Havia queda prematu

ra das fôlhas com floração reduzida.

THOMSON & WEIER(1962) descreveram os efeitos da omissão de fósforo pelo aparecimento de côr verde intenso nas fôlhas novas e a degradação da grana nos cloroplastos em massa difusa.

BINGHAN(1966, pág. 334) agrupou os trabalhos referentes aos teores de fósforo encontrados no feijoeiro, relacionados na Tabela 2.

Potássio

Sintomas da deficiência de potássio foram descritos por diversos autores entre os quais citamos DESAI(1937); Eckstein e outros, 1937, citados por ULRICH e OHK(1966); WALLACE(1961); COBRA e outros(1963) e consistem no seguinte: as fôlhas primordiais de inserção oposta ora se apresentavam normais, ora reduzidas no tamanho e com a superfície do limbo corrugada. Os sintomas eram todavia mais pronunciados nas primeiras fôlhas compostas que se seguem às fôlhas primordiais. Manifestavam-se na extremidade dos folíolos como manchas de tonalidade acinzentada, de tamanhos diversos, irregulares, em pleno processo de necrose. Em fôlhas mais desenvolvidas, além da clorose, surgiam inúmeras e pequenas pontuações, bem próximas entre sí. Da associação dessas manchas formavam outras maiores, de côr pardo escuro, já em fase de necrose.

THOMSON e WEIER(1962) observaram com auxílio de microscópio eletrônico que fôlhas deficientes em potássio apresentavam degradação do grana nos cloroplastos em massa difusa, fenômeno similar ao observado na deficiência de fósforo.

COBRA e outros(1963), fazendo córtes transversais nos limbos dos folíolos, abrangendo áreas cloróticas, observaram ao microscópio ótico alterações estruturais nos cloroplastos afetando a côr, a forma, o tamanho e a distribuição no campo celular.

Condições de cultivo	Amostragem		P % na matéria seca			Autores
	Tipo	Época	c/ sintomas	teores Baixo	Médio	
Estufa	Ramos	Formação de vagens	0,11	--	0,20 - 0,40	LAWTON & DAVIS(1956)
Campo	Fôlhas	Colheita	--	--	0,22 - 0,26	BEAR e outros(1949)
Campo	Fôlhas	Colheita	--	--	0,30	HOWLETT(1961)
Campo	Fôlhas	Colheita	--	--	0,32	HOWLETT(1961)
Campo	Sementes	Colheita	--	0,26	0,63 - 0,78	BEESON(1941)
Campo	Casca	Colheita	--	0,08	0,11 - 0,16	BEESON(1941)

Tabela 2 - Teores de P encontrados em algumas partes do feijoeiro (BINGHAN, 1966, pag. 334).

São escassos os dados sôbre os teores de K relacionados com o estado nutricional do feijoeiro. COBRA e outros(1963); ULRICH e OHKI(1966, pág. 372) citando ULRICH e BERRY(s/data)⁽¹⁾ apresentaram os valores contidos na Tabela 3.

Cálcio

WALLACE(1961, pág. 86) descreveu a sintomatologia da deficiência de cálcio pela paralização do crescimento da planta, amarelecimento e queda prematura das fôlhas. As fôlhas novas mostram-se retorcidas e pequenas, ocorrendo a morte da gema apical. Os pedúnculos e vagens degeneravam com formação de sementes defeituosas.

CHAPMAN(1966, pág. 68) citando Brenchley e Warrington, 1927, relataram como resultante da falta de cálcio o enegrecimento e morte da planta.

Os trabalhos relacionando os teores de cálcio com o estado nutricional da planta são escassos, destacando-se dentre eles o trabalho de Wolf, 1942, citado por CHAPMAN(1966, pág. 76). Esse autor determinou que caules de feijoeiros que apresentavam deficiência de Ca, cultivados em condições de campo, continham de 0,60 a 0,90 % desse nutriente solúvel em acetato. CHAPMAN(1966), contudo, não esclareceu qual a concentração da solução de acetato empregada.

Magnésio

A carência de magnésio ocasiona o aparecimento de manchas pardo-avermelhadas nas fôlhas velhas e com o progredir dos sintomas adquirem coloração amarelada com exceção da nervura principal e secundárias. Estes sintomas são descritos por Wallace,

(1) - Trabalho não publicado

Condições de cultivo	Parte da planta	Amostragem	K% na matéria seca		Autores
			Plantas c/ sintomas de deficiência	Plantas normais	
Solução	2º pecíolo	Início do florescimento	0,29 - 0,44	1,11 - 4,45	ULRICH e BERRY(s/data)
Solução	2º pecíolo	Início do florescimento	0,24 - 0,86	1,24 - 6,80	ULRICH e BERRY(s/data)
Solução	Fôlha	15 dias após a germinação	0,63	1,68	COBRA e outros(1963)
Solução	Caule	15 dias após a germinação	0,32	2,00	COBRA e outros(1963)
Solução	Raiz	15 dias após a germinação	0,32	2,00	COBRA e outros(1963)

Tabela 3 - Teores de K relacionados com o estado nutricional do feijoeiro

1944-1951, citado por CHAPMAN(1966, pág. 228) e WALLACE(1961, pág. 86).

THOMSON e WEIER(1962) observaram ao microscópio eletrônico que nas plantas carentes de magnésio os grana dos cloroplastos se desorganizavam e os novos se mostravam imperfeitos.

Enxofre

Não se encontrou na literatura descrição da deficiência de enxofre, quer seja no aspecto morfológico ou anatômico.

Gauch e Wadleigh, 1945, citados por EATON(1966, pág. 453), cultivaram em diversos níveis de Na_2SO_4 de 4 a 160 mg/litro e encontraram o teor de enxofre variando de 0,16 a 0,64 % na matéria seca das folhas quando extraído com solução de acetato de sódio com índice de pH 8,5.

3. MATERIAIS E MÉTODOS.

3.1. VARIEDADE.

Nos experimentos foram utilizadas sementes de Phaseolus vulgaris L., variedade roxinho. Esta variedade se caracteriza pelo porte ereto, maturação relativamente uniforme, com ciclo vegetativo de aproximadamente 90 dias e sementes de casca delicada (GRANER, 1959, pág. 308).

3.2. DESINFECÇÃO DAS SEMENTES.

As sementes para os dois ensaios realizados foram preliminarmente tratadas com Abavit-Novo⁽¹⁾, um produto a base de mercúrio. A dosagem empregada foi de 2 g do produto por kg de semente.

(1) - Schering - Alemanha.

3.3. ENSAIO DE CAMPO.

3.3.1. INSTALAÇÃO DO ENSAIO.

O experimento foi instalado em solo da série "Luiz de Queiroz" (RANZANI e outros, 1966) em área que pertence à Secção Técnica "Química Agrícola". A análise química do mesmo, seguindo os métodos descritos em CATANI e outros (1955), apresentou as seguintes características (Tabela 4).

pH	6,1
Matéria orgânica %	2,06
Nitrogênio (N) %	0,16
PO ₄ ⁻⁻⁻ e. mg/100 g de solo	0,15
K ⁺ trocável e. mg/100 g de solo	0,40
Ca ⁺⁺ trocável e. mg/100 g de solo	3,00
Mg ⁺⁺ trocável e. mg/100 g de solo	1,00
H ⁺ trocável e. mg/100 g de solo	4,90

Tabela 4 - Características da terra em que foi instalado o ensaio de campo.

A área do ensaio, após receber o preparo do solo, foi de marcada em 2 parcelas de 10 m de largura por 20 m de comprimento. O terreno foi sulcado no espaçamento de 0,4 m onde se distribuiu por ha, 500 kg de superfosfato simples, 200 kg de cloreto de potássio e 300 kg de nitrocálcio de Cubatão. O nitrogênio foi fracionado, 1/3 aplicado por ocasião do plantio e o restante 20 dias após a semeadura. Em sulco lateral ao adubado foram colocados grupos de 3 sementes num espaçamento de 20 cm, deixando-se duas plantas após o desbaste, sendo êste efetuado 10 dias após a semeadura. Durante todo o período experimental efetuaram-se os tratos

culturais necessários.

3.3.2. COLHEITA DO ENSAIO.

No campo foram colhidas com raízes com auxílio de um enxada até a profundidade de aproximadamente 20 cm, ao acaso, 100 plantas de cada parcela, nas seguintes idades:

<u>Dias após a sementeira</u>	<u>Estado fisiológico da cultura</u>
5 a 8	Germinação
15	1ª Amostragem, 1ª folha composta aberta
20	Aplicação do nitrogênio em cobertura
25	2ª Amostragem. Planta formada com 3 a 4 folhas compostas.
34	3ª Amostragem. Plantas apresentando botões florais.
37	Início do florescimento
46	4ª Amostragem. Máximo de floração
56	5ª Amostragem. Final de floração e vagens formadas
66	6ª Amostragem. Vagens maduras e queda das folhas.
77	7ª Amostragem. Vagens e plantas na maioria secas e com poucas folhas.

O material colhido foi preparado para análise seguindo o seguinte critério:

A - Primeiramente foram lavadas em solução de HCl aproximadamente 0,2 N e depois em água destilada.

B - Separadas em raiz, caule, folha (folíolos + pecíolos), flor e vagem.

C - Cada parte da planta foi pesada separadamente, anotando-se o peso fresco.

D - Finalmente, o material foi deixado secar em estufa

a 70-80°C obtendo-se o peso do material seco.

3.4. ENSAIO EM CASA DE VEGETAÇÃO.

3.4.1. INSTALAÇÃO DO ENSAIO.

Na obtenção das plântulas para as soluções nutritivas, procedeu-se à germinação, em condições de laboratório, em bandeja de polietileno revestida internamente com papel de filtro umi-
decido sobre o qual foram distribuídas as sementes desinfetadas. Após 3 dias, ao escuro, as sementes já se achavam germinadas. Os hipocótilos obtidos foram transferidos para a casa de vegetação, em vasos de polietileno de 1,5 litros de capacidade contendo 1 litro da solução nutritiva completa de HOAGLAND & ARNON(1950) modificada no que se refere ao fornecimento do Fe, o que foi feito sob a forma de quelado FeNa EDTA. Quando as plantulas atingiram 15 dias de idade, ou seja, quando da abertura da primeira folha composta, procedeu-se ao desbaste das mudas deixando 4 mudas em cada vaso para serem submetidas a um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 7 tratamentos e 3 repetições:

<u>TRATAMENTOS</u>	<u>SOLUÇÕES</u>
Completo	Completa (macronutrientes + micronutrientes)
- 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

3.4.2. COLHEITA DAS PLANTAS.

As plantas cultivadas em casa de vegetação, em solução

nutritiva, apresentando sintomas de carência eram colhidas obedecendo o critério descrito em 3.3.2.

3.4.3. SINTOMATOLOGIA.

Durante o transcorrer do ensaio em casa de vegetação, as plantas que se mostraram deficientes eram colhidas para a descrição dos sintomas morfológicos e anatômicos. Para o exame deste último, foram feitos cortes a mão livre nos folíolos. Os cortes, obtidos com lâmina de barbear e medula de sabugueiro, foram montados em água e glicerina, em partes iguais.

3.5. ANÁLISES QUÍMICAS.

3.5.1. PREPARO DA AMOSTRA.

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

3.5.2. DIGESTÃO DA AMOSTRA.

As determinações do fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre foram feitas em alíquotas de um extrato, obtido pela digestão de 1 g de amostra com ácido nítrico e perclórico (LOTT e outros, 1956).

3.5.3. MÉTODOS ANALÍTICOS.

Nitrogênio: Digestão de 100 mg de material por ácido sulfúrico em presença de selenito de sódio, sulfato de cobre e sulfato de potássio; destilação em aparelho de Kirk (MALAVOLTA, 1957).

Fósforo: Método colorimétrico, baseado na formação do ácido fosfovanadomolibdico (LOTT e outros, 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 e outros, 1956).

Enxôfre: Gravimetria do sulfato de bário (TOTH e outros, 1948).

3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA.

Foram feitas análises estatísticas dos dados do peso da matéria seca e dos teores químicos transformados em $\arcsen \sqrt{x}$, onde x é a porcentagem do elemento na matéria seca (PIMENTEL GOMES, 1963).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

4.1. ENSAIO DE CAMPO.

4.1.1. DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS.

Uma visualização geral do desenvolvimento das plantas poderá ser obtida através dos dados das Tabelas 5 e 6 que resumem as produções de materiais frescos e secos de lotes de 100 plantas colhidos com diferentes idades.

Com os dados relativos às produções totais construiu-se a Figura 1.

A Figura 1 mostra que, no que concerne à matéria fresca, houve um aumento contínuo de produção até o 56º dia após a semeadura, decrescendo daí por diante até a última amostragem, devido

Idade da planta em dias	Partes do vegetal					Total
	Raiz	Caule	Fôlha	Flôr	Vagem	
15	49,4	81,1	236,2	--	--	366,7
25	120,6	182,7	819,7	--	--	1123,0
34	198,2	494,5	2579,0	--	--	3271,7
46	209,5	873,0	3250,4	255,5	--	4588,4
56	213,5	1074,2	3087,2	173,0	1432,4	5980,3
66	215,0	864,0	1907,5	--	1680,3	4666,8
77	195,7	887,8	285,9	--	1419,3	2788,7

Tabela 5 - Material fresco produzido nas diversas partes e idades do feijoeiro. Peso médio da matéria fresca de 100 plantas em g.

Idade da planta em dias	Partes do vegetal					Total
	Raiz	Caule	Fôlha	Flôr	Vagem	
15	2,1	5,0	16,7	--	--	23,8
25	8,0	16,7	68,8	--	--	93,5
34	23,7	55,8	220,8	--	--	300,3
46	33,7	129,9	327,9	19,7	--	511,2
56	39,5	205,5	597,5	8,4	97,2	948,1
66	30,6	155,8	155,6	--	271,2	613,2
77	32,1	160,0	29,3	--	489,9	711,3

Tabela 6 - Material sêco produzido nas diversas partes e idades do feijoeiro. Peso médio da matéria sêca de 100 plantas em g.

principalmente, à queda de fôlhas e à perda de umidade pelas plantas consequente do envelhecimento das mesmas. Com referência à matéria sêca passou-se fato semelhante, embora menos intenso, até o 66º dia, com produção máxima também na amostragem correspondente ao 56º dia. Na amostragem seguinte notou-se um ligeiro decrés

LEGENDA

⊙ Pêso da matéria fresco total

⊗ Pêso da matéria sêca total

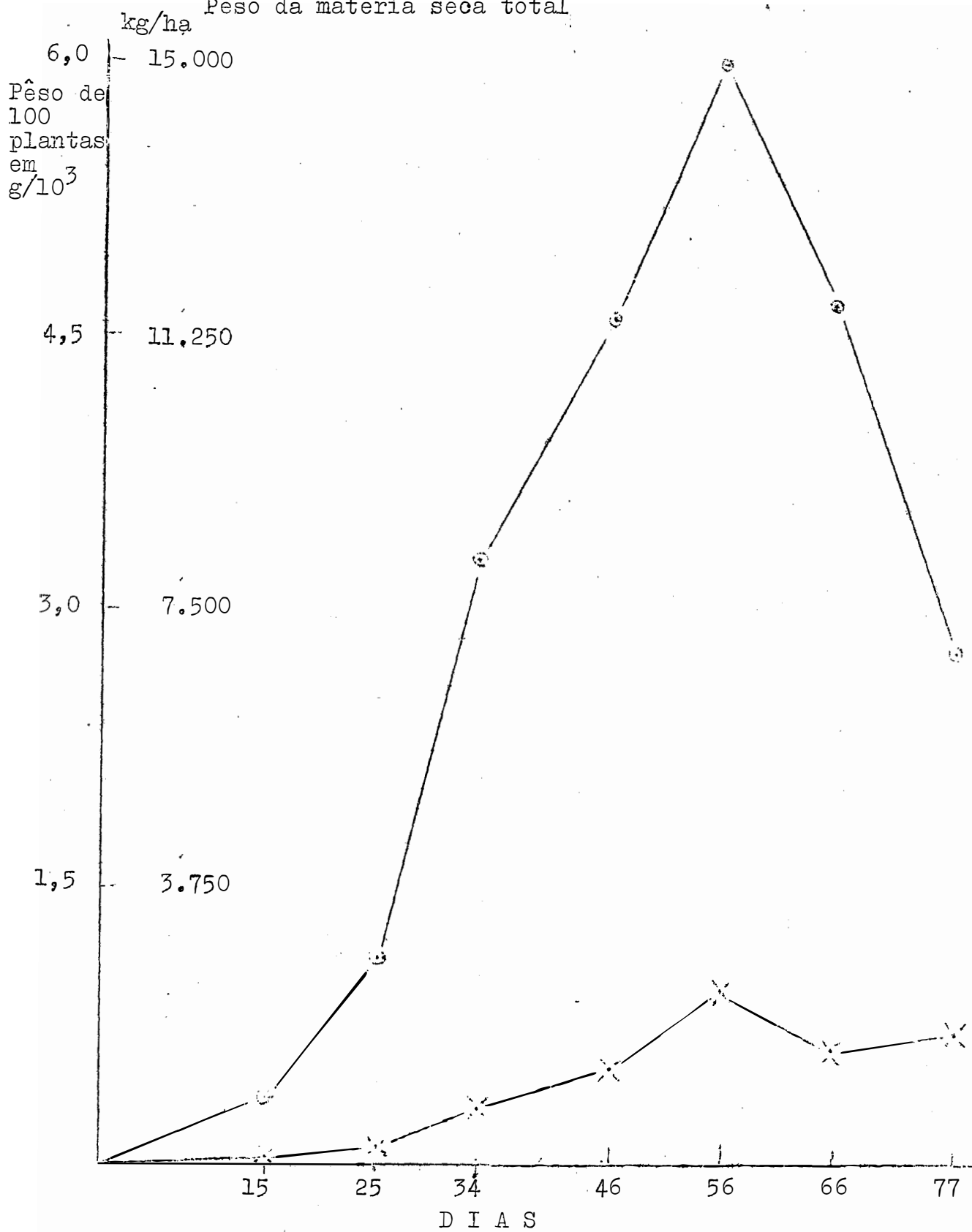


Fig. 1 - Quantidade total de material sêco e fresco produzido pelo feijoeiro durante o ciclo vegetativo.

cimo na quantidade de matéria sêca produzida, devido principalmente à intensa queda de fôlhas, seguida de um leve aumento motivado sobretudo pela maior produção de vagens.

Atribuindo-se o valor 100 à produção de matéria sêca - correspondente à amostragem feita aos 56 dias após a sementeira e exprimindo-se as produções anteriores em percentagens desta obtem-se que aos 15, 25, 34 e 46 dias depois da sementeira as produções foram iguais a 2,5, 9,8, 31,6 e 53,9 %, respectivamente.

A correlação entre pêsos da matéria sêca e idade das plantas em dias, foi significativa ao nível de 1% de probabilidade ($r = 0,965$).

As observações feitas em soja (Bors e Thatcher, 1931, citados por HOWELL, 1960, pág. 278) e no algodoeiro (SARRUGE e outros, 1963) concordam, em linhas gerais, com os resultados acima descritos.

INFORZATO & MIYASAKA (1963) observaram que o desenvolvimento máximo do sistema radicular do feijoeiro ocorria durante o florescimento e que cêrca de 97,4 % do mesmo se encontrava na camada superficial do solo correspondente aos 20 primeiros centímetros. Isso indicava que o processo da colheita das plantas empregado no presente trabalho permitiu a obtenção de proporções elevadas de raízes.

Os pêsos dos materiais fresco e sêco das raízes aumentaram até o 56º dia após a sementeira (Tabelas 5 e 6). Atribuindo-se o valor 100 à produção de matéria sêca obtida nesta idade deduz-se que as produções percentuais aos 15, 25, 34, 46 e 56 dias foram, respectivamente, 5,3, 20,2, 60,0, 85,3 e 100 %. Nas amostras seguintes foi observada uma tendência de diminuição do pêsos do material sêco.

A análise estatística feita entre pêso médio de material sêco e idade em dias das raízes apresentou uma correlação positiva e significativa ao nível de 1 % ($r = 0,98$). Isso mostra que o aumento provável de matéria sêca das raízes ocorreu até o final da floração e início da formação das vagens.

A produção de matéria fresca e sêca dos caules aumentou gradativamente até o 56º dia após a sementeira (Tabelas 5 e 6). Considerando-se igual a 100 a quantidade de matéria sêca correspondente à 5ª amostragem (56 dias após a sementeira), têm-se as seguintes produções percentuais em relação àquela, para a 1ª, 2ª, 3ª e 4ª amostragens: 2,4, 8,1, 27,1 e 63,2 %. As duas últimas amostragens revelaram uma diminuição da produção de caules.

A análise estatística mostrou que a correlação entre pêso da matéria sêca dos caules e idade das plantas até o 56º dia após a sementeira é positiva e significativa ao nível de 1 % ($r = 0,97$).

Com respeito às fôlhas observa-se (Tabelas 5 e 6) - uma tendência de produção algo semelhante ao que ocorreu com as raízes e caules. A produção de matéria fresca aumentou até o 46º dia após a sementeira e o pêso máximo de matéria sêca foi obtido aos 56 dias.

Atribuindo-se o valor 100 à produção mais elevada de matéria sêca e exprimindo-se as anteriores em percentagem dela observa-se que os aumentos de produção desde a 1ª até a 5ª amostragem ocorreram nas seguintes proporções: 2,7, 11,5, 36,9 e 100%. A correlação entre produções de matéria sêca de folhas e dias após a sementeira mostrou-se significativa ao nível de 1 % ($r = 0,97$).

Os pêsos de matéria fresca e sêca das flores mostraram-se mais elevados aos 46 dias após a sementeira, devido à floração mais intensa.

O pêsso da matéria fresca das vagens aumentou da primeira colheita à segunda e diminuiu na última, devido à perda de unidade das mesmas. Todavia, o pêsso da matéria sêca se elevou da primeira colheita até a maturação, evidenciando acúmulo dêsse constituinte.

4.1.2. CONCENTRAÇÃO DOS MACRONUTRIENTES NAS DIVERSAS PARTES DAS PLANTAS.

As análises químicas dos materiais sêcos das plantas permitiram a elaboração da Tabela 7, através da qual podem ser feitas diversas observações.

Dias apos o plantio	Parte da planta	Nutrientes					
		N%	P%	K%	Ca%	Mg%	S%
15	Raíz	3,22	0,31	3,05	1,10	0,57	0,76
	Caule	3,29	0,47	4,82	1,78	0,48	0,89
	Fôlha	4,69	0,44	3,87	1,99	0,54	0,59
25	Raíz	2,95	0,28	2,47	1,20	0,33	0,68
	Caule	2,90	0,22	4,55	1,92	0,29	0,71
	Fôlha	4,48	0,27	3,65	2,92	0,57	0,64
34	Raíz	2,10	0,15	2,17	0,98	0,22	0,67
	Caule	2,38	0,21	3,82	1,34	0,25	0,78
	Fôlha	3,76	0,32	3,12	2,82	0,39	0,59
46	Raíz	1,61	0,11	2,10	1,72	0,21	0,83
	Caule	1,61	0,19	3,02	1,06	0,26	0,95
	Fôlha	3,36	0,35	2,70	3,28	0,33	0,56
	Flor	4,13	0,80	3,62	1,04	0,34	0,57
56	Raíz	1,75	0,15	1,80	1,83	0,43	0,96
	Caule	1,68	0,11	2,10	1,60	0,24	0,71
	Fôlha	3,57	0,30	3,82	2,64	0,76	0,74
	Flor	3,71	0,70	4,87	1,40	0,70	0,89
	Vagem	4,06	0,43	2,90	1,38	0,43	0,65
66	Raíz	1,36	0,05	2,17	1,44	0,59	0,96
	Caule	1,54	0,08	1,92	0,88	0,57	0,82
	Fôlha	3,01	0,16	2,67	2,58	0,63	0,81
	Vagem	2,76	0,27	1,95	0,52	0,41	0,71
77	Raíz	1,98	0,02	1,70	1,58	0,59	0,96
	Caule	1,67	0,04	1,92	1,34	0,56	0,78
	Fôlha	2,87	0,15	1,60	2,96	0,66	0,74
	Vagem	3,04	0,29	1,80	0,36	0,36	0,77

Tabela 7 - Teores médios dos macronutrientes na matéria sêca das plantas.

Entre os órgãos vegetativos, as folhas apresentaram teores mais elevados de N, P, Ca e Mg. Os caules se mostraram mais ricos em K até o 46º dia após a sementeira; nas duas amostragens subsequentes os caules exibiram maior concentração de N para novamente o K apresentar maior conteúdo na última amostragem, isto é, aos 77 dias após a sementeira. No que se refere ao S até o 46º dia após a sementeira os caules apresentaram os teores mais elevados; daí por diante foram as raízes.

Com relação aos órgãos reprodutivos deve-se destacar as elevadas proporções de P nas flores.

De um modo geral, nos órgãos vegetativos os teores de N, P e K tenderam a decrescer com a idade das plantas.

O teor de Ca nas raízes tendeu a se elevar até o 56º dia após a sementeira decrescendo a seguir; nos caules variou muito com a idade das plantas, ora aumentando, ora diminuindo. Nas folhas cresceu até os 46 dias, depois decresceu e tornou a subir na última amostragem.

A percentagem de Mg nas raízes decresceu até o 46º dia e daí por diante apresentou tendência para se elevar. Nos caules o decréscimo continuou até o 56º dia aumentando depois. Nas folhas passou-se o seguinte: houve tendência de diminuição do teor de Mg até o 46º dia após a sementeira, aumentando no 56º dia e diminuindo algo nas duas últimas amostragens.

Finalmente, o teor de S nas raízes decresceu até o 34º dia, aumentando daí por diante e permanecendo estável a partir do 56º dia após a sementeira. Nos caules a percentagem de S não apresentou tendência definida de variação. Nas folhas, as três últimas amostragens apresentaram teores mais elevados.

Nas flores, os teores de N e P decresceram algo do 46º para o 56º dia após a sementeira; passou-se o contrário com o K,

Ca, Mg e S.

As vagens apresentaram teores mais elevados de N e P quando mais novas, isto é, aos 56 dias após a semeadura; êles depois decresceram na ocasião da amostragem seguinte para de novo se elevarem na última amostragem.

Quanto ao K, Ca e Mg os teores decresceram com a maturação das vagens, passando-se o contrário com o S.

Os teores dos macronutrientes encontrados apresentam ligeiras variações, mas de modo geral concordantes com aqueles observados por GALLO e MIYASAKA(1961) e HAAG e outros(1967).

4.1.3. QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES NAS DIVERSAS PARTES DAS PLANTAS.

Com os dados apresentados nas Tabelas 6 e 7 e considerando-se que uma cultura de feijoeiro contem em média 250.000 plantas por hectare, com uma produção de 1.088 kg/ha de grãos, foi elaborada a Tabela 8, na qual aparecem as quantidades totais (kg/ha) dos macronutrientes encontrados nos diversos órgãos das plantas em um hectare bem como as quantidades totais desses elementos nas mesmas.

No que se refere aos órgãos vegetativos constatou-se que a tendência geral das quantidades de N, K, Ca e S é de aumentar até ao redor do 56º dia após o plantio e depois diminuir. Com o Mg ocorreu fenômeno semelhante nos caules e folhas; as raízes, porém, tenderam a aumentar sempre o seu conteúdo total deste nutriente. As quantidades totais de P contidas nas raízes e folhas das plantas aumentaram até o 56º dia após a semeadura, decrescendo a seguir; fenômeno semelhante ocorreu em relação aos caules, porém a quantidade máxima do elemento em foco foi encontrada aos 46 dias depois da semeadura.

Dias após o plantio	Partes da planta	NUTRIENTES EM KG/HA					
		N	P	K	Ca	Mg	S
15	Raiz	0,169	0,016	0,160	0,058	0,030	0,040
	Caule	0,411	0,059	0,602	0,222	0,060	0,112
	Folha	1,749	0,187	1,615	0,830	0,227	0,248
	Total	2,329	0,262	2,377	1,100	0,317	0,400
25	Raiz	0,590	0,056	0,494	0,240	0,066	0,137
	Caule	1,210	0,095	1,899	0,801	0,124	0,298
	Folha	7,706	0,466	6,278	5,022	0,992	1,109
	Total	9,506	0,617	8,671	6,063	1,182	1,554
34	Raiz	1,244	0,091	1,286	0,581	0,131	0,397
	Caule	3,320	0,298	5,329	1,869	0,351	1,092
	Folha	20,755	1,777	17,222	15,566	2,197	3,284
	Total	25,319	2,166	23,837	18,016	2,679	4,773
46	Raiz	1,356	0,094	1,769	1,449	0,184	0,706
	Caule	5,228	0,643	9,807	3,442	0,860	3,114
	Folha	30,904	3,256	24,833	30,167	3,044	5,205
	Flôr	2,034	0,395	1,782	0,512	0,170	0,282
	Total	39,522	4,388	38,191	35,570	4,258	9,307
56	Raiz	1,728	0,153	1,777	1,807	0,426	0,948
	Caule	8,631	0,575	10,789	8,220	1,258	3,668
	Folha	53,327	4,601	57,061	39,435	11,487	11,069
	Flôr	0,779	0,147	1,023	0,294	0,149	0,187
	Vagem	9,866	1,045	7,047	3,353	1,047	1,579
	Total	74,331	6,521	77,697	53,109	14,367	17,451
66	Raiz	1,040	0,042	1,660	1,101	0,457	0,735
	Caule	5,998	0,327	7,478	3,428	2,247	3,209
	Folha	11,709	0,653	10,386	10,036	2,451	3,151
	Vagem	18,713	1,837	13,221	3,526	2,786	4,841
	Total	37,460	2,859	32,745	18,091	7,941	11,936
77	Raiz	1,589	0,022	1,364	1,268	0,479	0,771
	Caule	6,680	0,176	7,680	5,360	2,252	3,120
	Folha	2,102	0,110	1,172	2,168	0,486	0,543
	Vagem	37,232	3,662	22,045	4,409	4,458	9,528
	Total	47,603	3,970	32,261	13,205	7,676	13,962

Tabela 8 - Quantidades de macronutrientes na matéria sêca das plantas em kg/ha.

Relativamente aos órgãos reprodutivos as quantidades dos macronutrientes diminuíram do 46º para o 56º dias após o plantio nas flôres, em virtude, principalmente, da queda desses órgãos;

contrariamente, com o desenvolvimento das vagens, houve um crescimento constante das quantidades de macronutrientes nas mesmas.

Todos os nutrientes estudados apresentaram-se em quantidades mais elevadas na ocasião da quinta amostragem, isto é, aos 56 dias depois da sementeira.

A sucessão das quantidades totais dos macronutrientes encontrados nas diferentes amostragens é ilustrada nas Figs. 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

Pode-se considerar que nas condições em que se desenvolveu este trabalho obteve-se uma estimativa razoável das quantidades de macronutrientes absorvidas por uma cultura de feijoeiro em diversas idades fisiológicas. Assim sendo, somando-se as quantidades encontradas nos órgãos vegetativos e nas flores aos 56 dias após o plantio com aquelas achadas nas vagens na ocasião da última amostragem, verifica-se que uma cultura de feijoeiro absorve as seguintes quantidades de macronutrientes:

<u>Nutrientes absorvidos</u>	<u>Kg/ha</u>
N	101,6
P	9,1
K	92,6
Ca	54,1
Mg	17,7
S	25,4

Observa-se que os nutrientes absorvidos em maiores quantidades são o N e o K seguindo-se, pela ordem, o Ca, o S e o Mg; o P é o macronutriente absorvido em menor quantidade. De um modo geral, estas observações concordam com as verificadas por GALLO e MIYASAKA(1961) e HAAG e outros(1967).

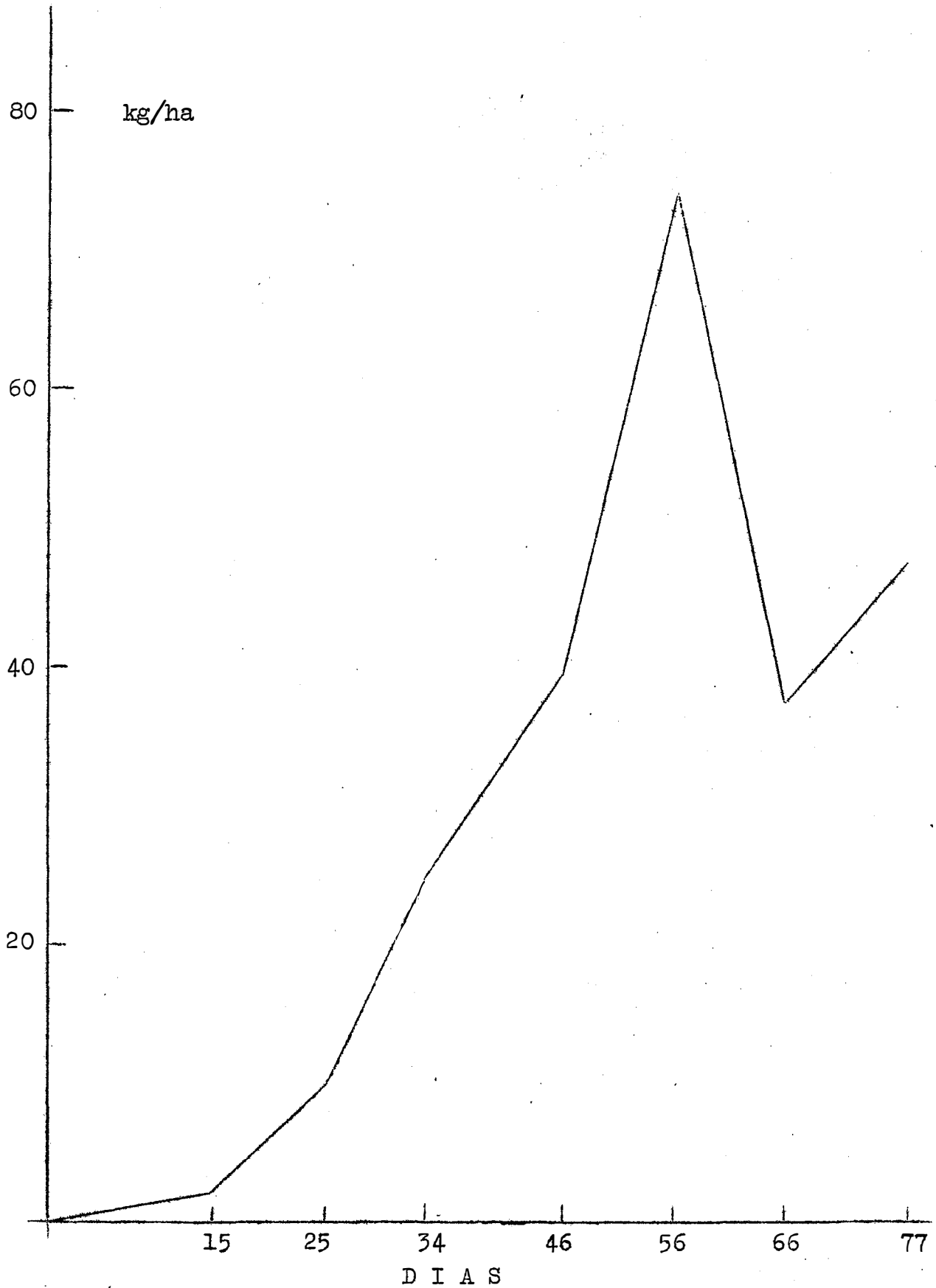


Fig. 2 - Quantidade de nitrogênio (kg/ha) extraído pela cultura nas diversas amostragens.

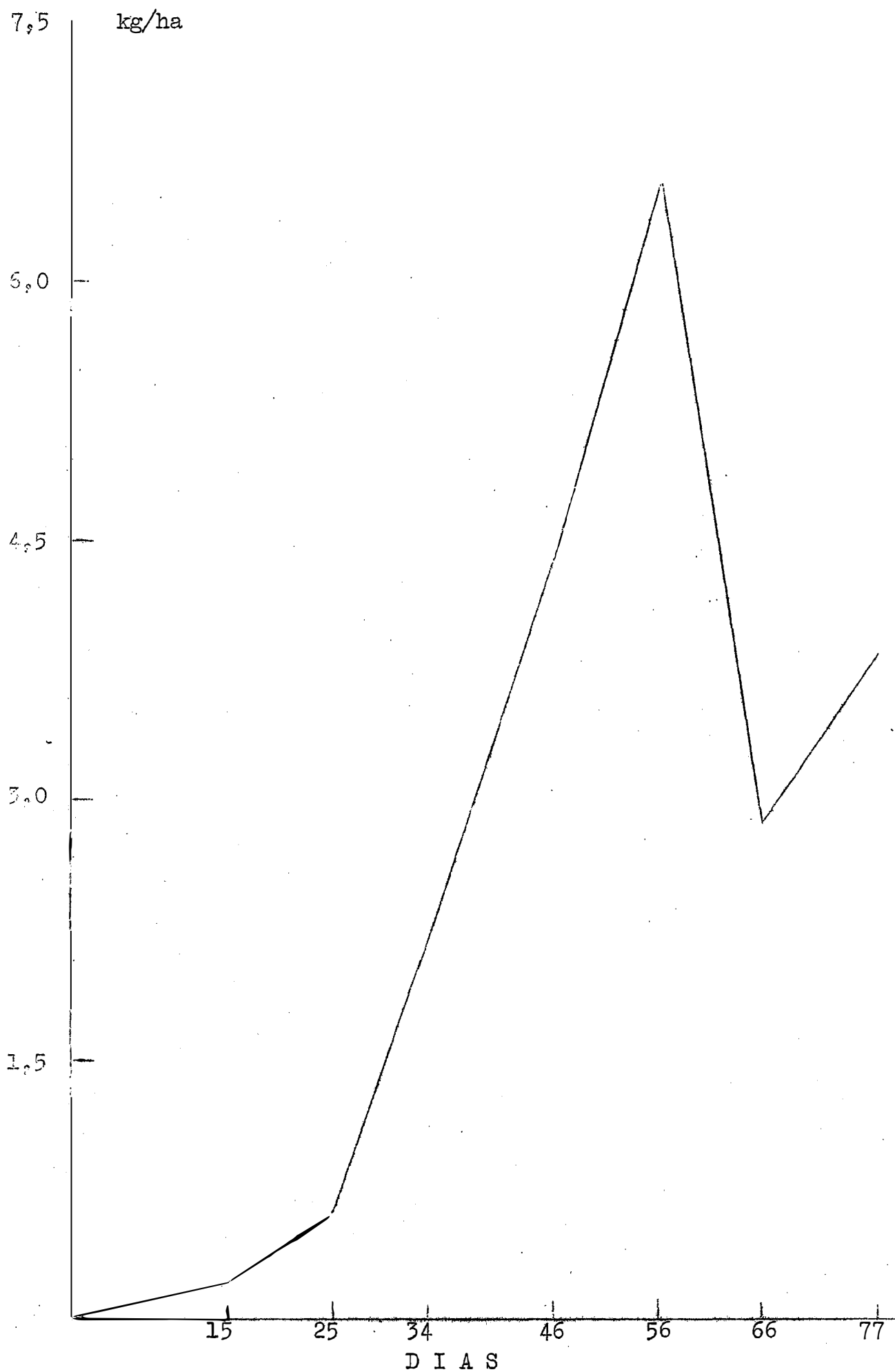


Fig. 3 - Quantidade de fósforo (kg/ha) extraído pela cultura nas diversas épocas de amostragens.

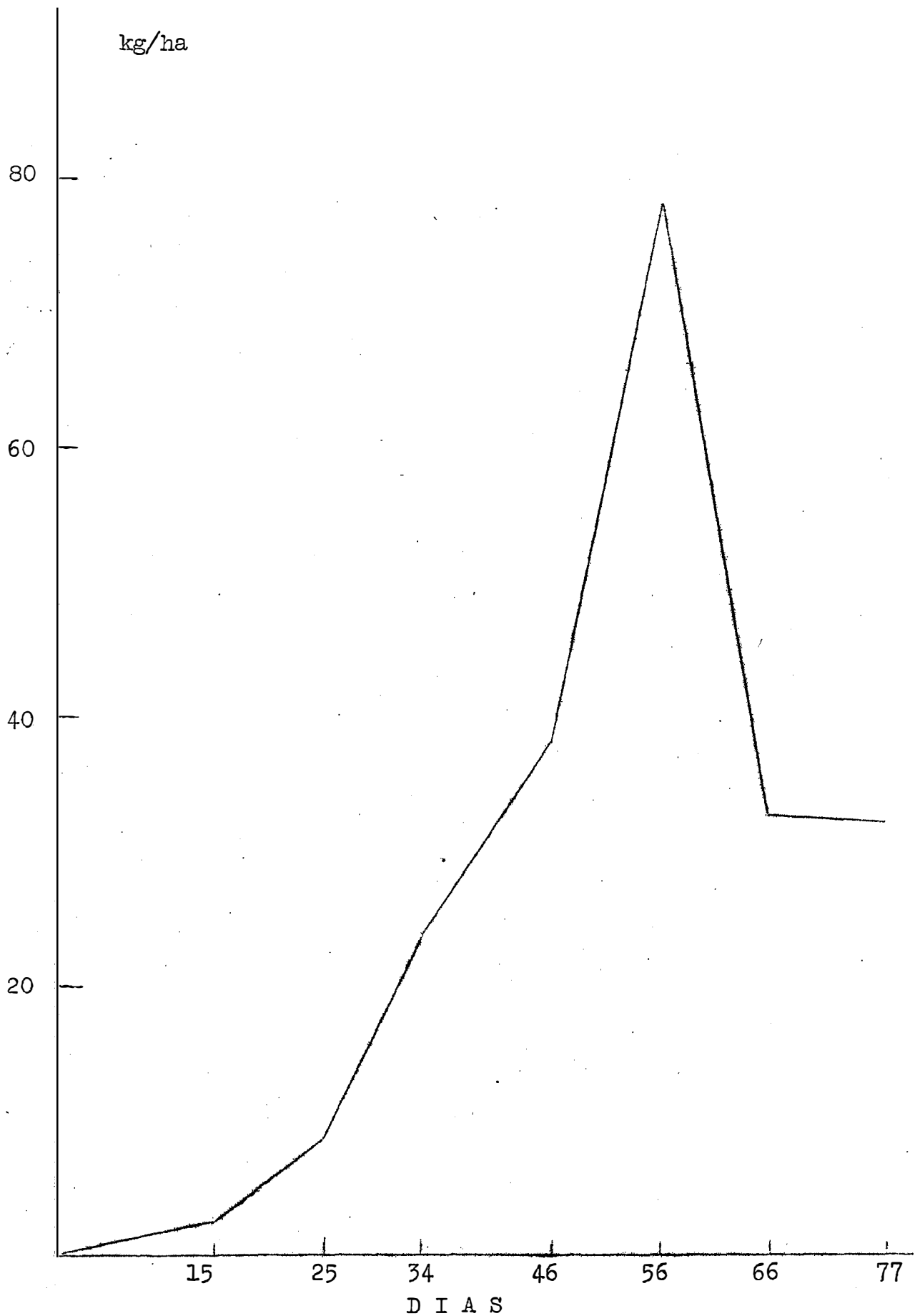


Fig. 4 - Quantidade de potássio (kg/ha) extraído pela cultura nas diversas amostragens.

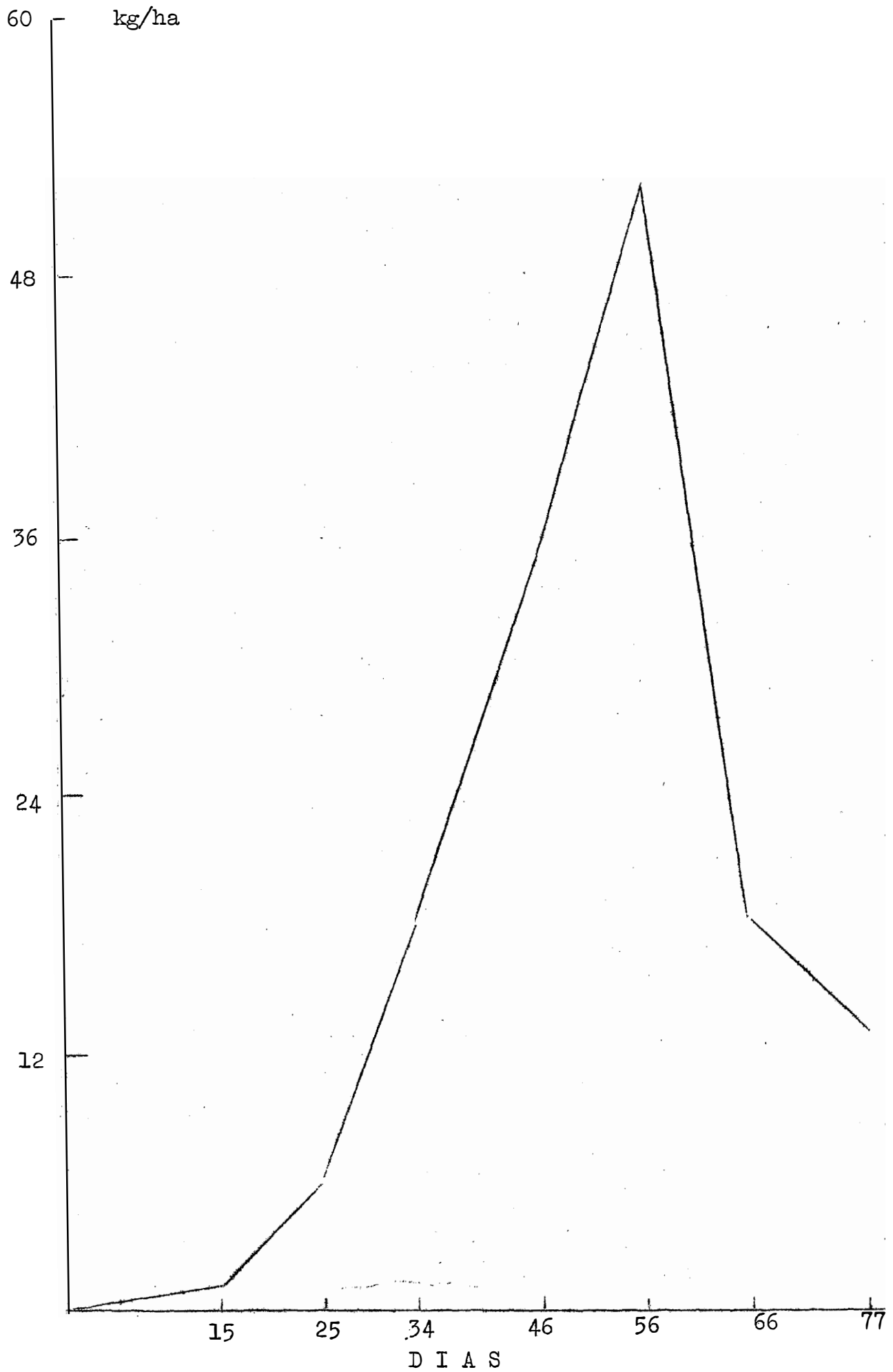


Fig. 5 - Quantidade de cálcio (kg/ha) extraído pela cultura nas diversas amostragens.

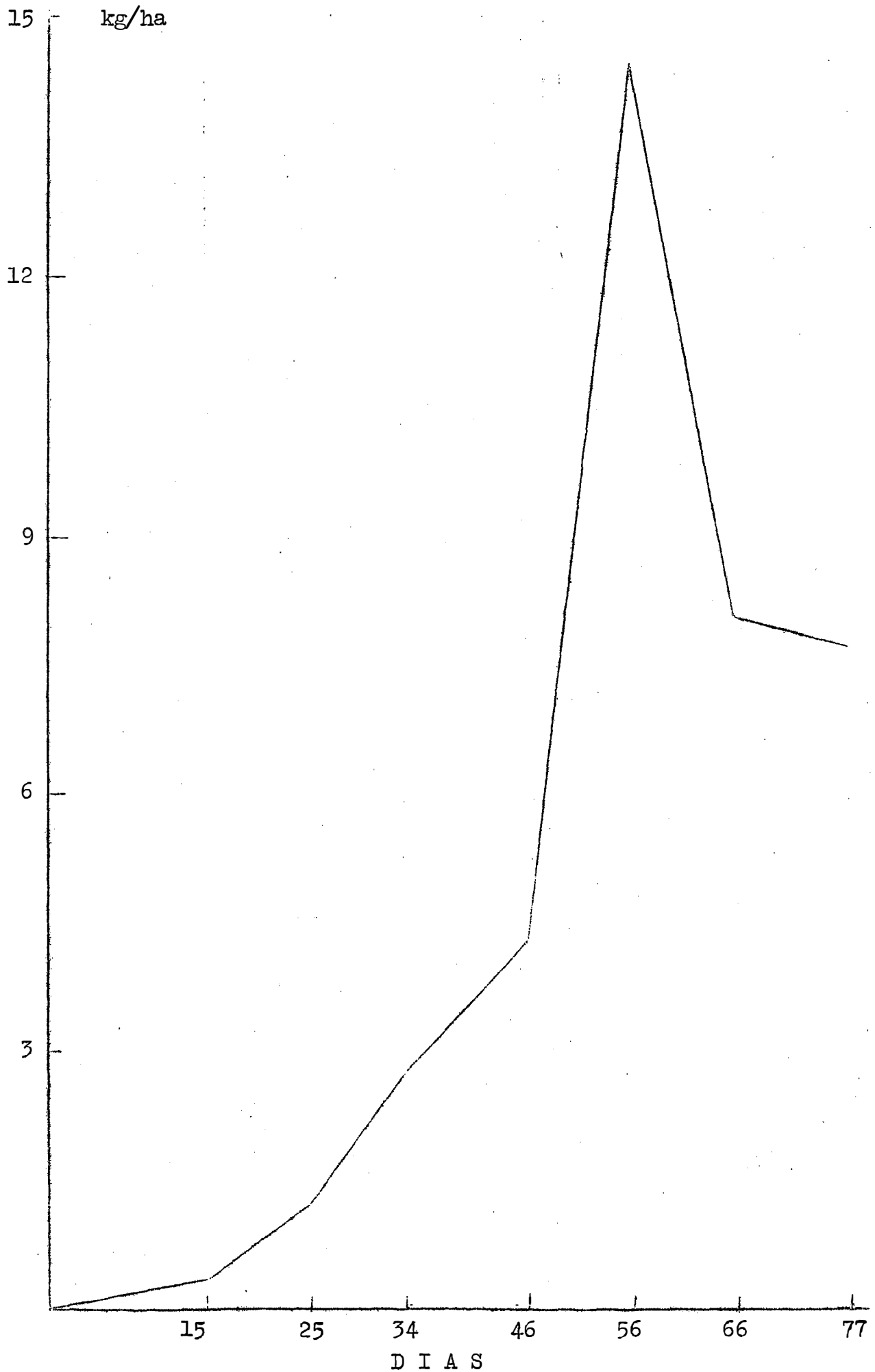


Fig. 6 - Quantidades de magnésio (kg/ha) extraído pela cultura nas diversas amostragens.

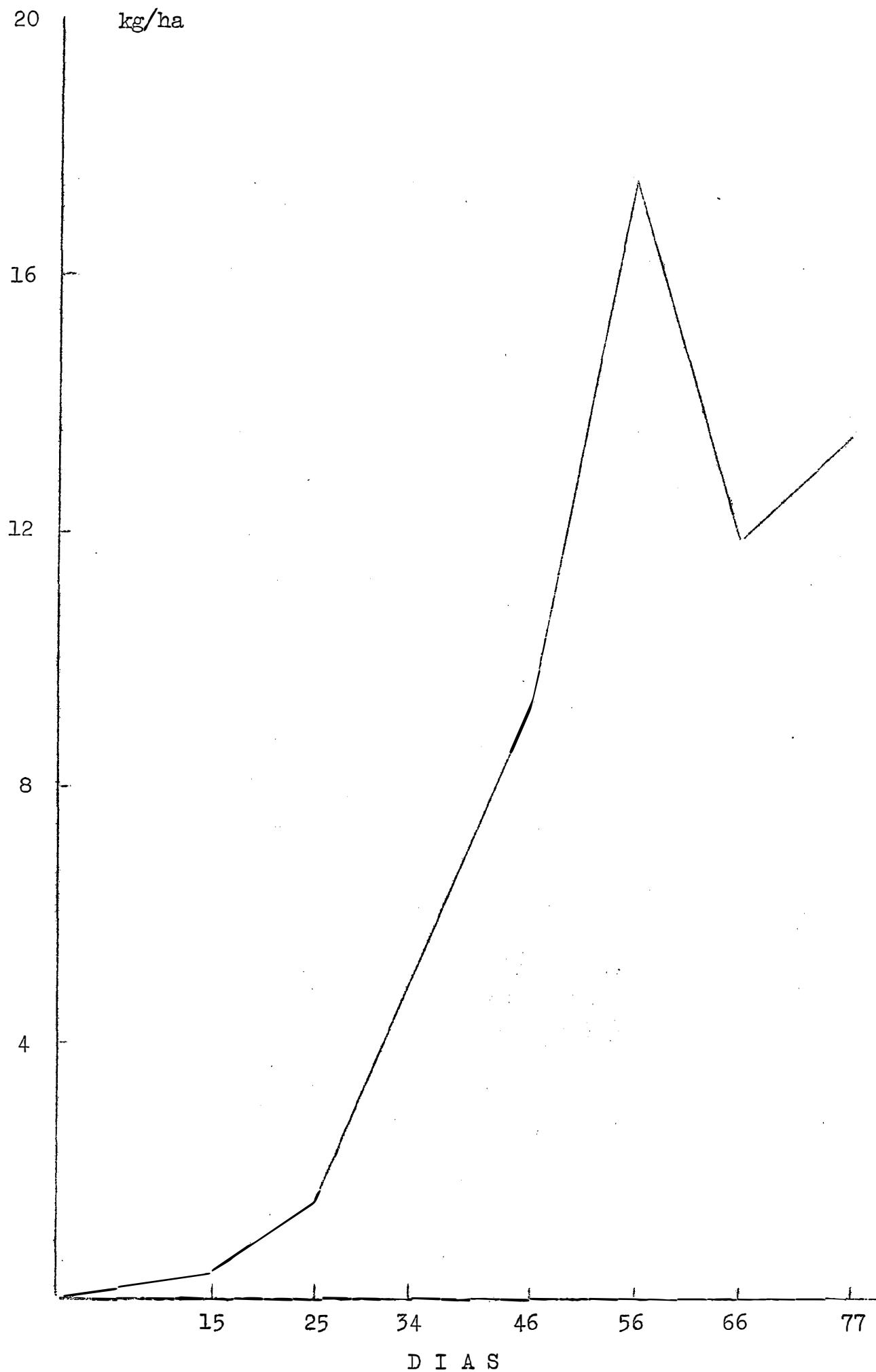


Fig. 7 - Quantidade de enxôfre (kg/ha) extraído pela cultura nas diversas amostragens.

Dando-se o valor 100 à quantidade de cada macronutriente absorvido pela cultura de feijoeiro, da maneira acima determinada, pode-se calcular, até o 56º dia após a sementeira, quais as percentagens do total correspondente a cada amostragem. Isso aparece a seguir (Tabela 9).

<u>Elemento</u>	<u>Dias após a sementeira</u>	<u>% do total</u>
N	15	2,2
	25	9,3
	34	24,0
	46	38,8
	56	73,0
P	15	2,8
	25	6,7
	34	23,7
	46	48,0
	56	71,3
K	15	2,4
	25	8,9
	34	24,6
	46	39,4
	56	80,3
Ca	15	2,0
	25	11,1
	34	33,2
	46	65,6
	56	98,0
Mg	15	1,7
	25	6,6
	34	15,0
	46	23,9
	56	80,8
S	15	1,5
	25	6,1
	34	18,7
	46	36,6
	56	68,7

Tabela 9 - Quantidades de macronutrientes absorvidas pelo feijoeiro (expressas como percentagem do total) em função da idade, até o 56º dia após a sementeira).

Observa-se, através dos dados da Tabela 9, que até o 56º dia após a semeadura uma cultura de feijão, desenvolvida nas condições experimentais em que se realizou o presente trabalho, absorve aproximadamente as seguintes percentagens de macronutrientes do total de cada um, absorvido durante todo o ciclo vital das plantas:

<u>Elemento</u>	<u>% absorvida até o 56º dia após a semeadura</u>
N	73
P	71
K	80
Ca	98
Mg	81
S	69

Portanto, até o 56º dia após a semeadura, as plantas absorvem a maior parte das quantidades de macronutrientes que necessitam. É, pois, de se supor que normalmente os fertilizantes contendo tais nutrientes devem ser aplicados antes dessa idade, seja em experimentos, seja na prática da adubação.

As quantidades de macronutrientes que seriam realmente exportadas do terreno são aquelas contidas nas vagens ou seja:

<u>Elemento</u>	<u>Quantidade exportada, em kg/ha</u>
N	37,2
P	3,6
K	22,0
Ca	4,4
Mg	4,4
S	9,5

Observa-se que o N e o K são exportados em quantidades mais elevadas enquanto que o P é o macronutriente retirado em menores quantidades. Estas estão aproximadamente na relação -

Os resultados obtidos de um modo geral concordam com os de GALLO e MIYASAKA(1961), porém os de HAAG e outros(1967) mostraram-se mais elevados, provavelmente, ao melhor controle efetuado em casa de vegetação. -

4.2. ENSAIO NA ESTUFA.

4.2.1. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO.

4.2.1.1. SINTOMAS EXTERNOS (MORFOLÓGICOS).

Plantas cultivadas com omissão de N apresentaram crescimento reduzido do caule dos folíolos. As fôlhas cotiledonares tornaram-se cloróticas, caindo prematuramente. As raízes, aparentemente não foram afetadas.

Observou-se uma clorose nos folíolos, a princípio uniforme e generalizada. Devido a isso, as nervuras de várias ordens, embora hialinas, tornaram-se mais destacadas do fundo. Com o evoluir dos sintomas a clorose se acentuou permanecendo, entre tanto, numerosas manchas punctiformes, pequeninas, como salpicos verdes. Nessa fase, surgiram áreas esbranquiçadas em várias partes do limbo e que foram aos poucos aumentando em superfície.

Os sintomas obtidos concordam de um modo geral com os descritos em DESAI(1937) e WALLACE(1961, pág. 85).

4.2.1.2. SINTOMAS FOLIARES INTERNOS (ANATÔMICOS).

As alterações mais evidentes que a deficiência de N provocou nas células do mesófilo ocorreram nos cloroplastos e -

inicialmente se apresentaram como um descoramento da côr verde característica. Com o evoluir dos sintomas, tanto nas células do paliçádico como nas do lacunoso, em lugar dos cloroplâstos - apareceram numerosos grânulos, de tamanhos vários, com formas - diversas, de bastonetes, bacilares, fusiformes, etc., sendo que os menores apresentavam movimento browniano. Todos êles estavam completamente descorados, daí as áreas esbranquiçadas que - apareceram no limbo. As mencionadas granulações reagiram com o amido quando tratadas com o reativo de lugol.

4.2.2. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO.

4.2.2.1. SINTOMAS EXTERNOS (MORFOLÓGICOS).

As plantas vegetando em solução da qual foi omitido o P apresentavam os folíolos novos de coloração verde azulada, - sendo que os mais velhos se mostraram de um verde mais claro. - Os caules se tornavam mais curtos e mais finos enquanto que as raízes, embora mais finas, aparentemente não diferissem, em volume, das raízes das plantas cultivadas em solução completa. As fôlhas cotiledonares caíam prematuramente. O desenvolvimento - da parte aérea, como um todo, era reduzido.

Os folíolos das fôlhas mais velhas exibiam sintomas - de deficiência em vários graus de intensidade. Estes surgiam, a princípio, como áreas internervais cloróticas, algumas das - quais com pequenas pontuações marrons principalmente nos bordos da porção terminal do limbo que, nesse estágio, começavam a se enrolar. Na fase aguda da deficiência, os folíolos adquiriram coloração pardacenta com manchas escuras e pontuações generalizadas; o limbo enrolado para cima desprendia-se necrosado.

Os sintomas descritos apresentavam desenvolvimento as

cedente.

De um modo geral os sintomas obtidos concordam com os descritos por DESAI(1937) e WALLACE(1961, pág. 85).

4.2.2.2. SINTOMAS FOLIARES INTERNOS (ANATÔMICOS).

A deficiência de P afetava principalmente os cloroplastos mais os do tecido paliçádico que os do lacunoso. O exame do mesófilo, na região da clorose internerval mostrava os cloroplastos do paliçádico esmaecidos, de forma irregular, aglutinados em número variável, com forma de rosário arqueado. Outros permaneciam isolados e alguns continuavam com aspecto normal. Em determinados trechos ocorriam aglomerações de cloroplastos, à semelhança de cachos de uva.

No tecido lacunoso, os cloroplastos eram menos aglutinados e, em geral, globulosos e mais numerosos.

As alterações se tornavam mais acentuadas onde os sintomas eram mais adiantados, isto é, nas áreas em que, além da clorose, havia formação de manchas marrons.

4.2.3. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE POTÁSSIO.

4.2.3.1. SINTOMAS EXTERNOS (MORFOLÓGICOS).

As plantas deficientes em K apresentavam crescimento reduzido, os caules eram finos e as raízes em menor quantidade que nas plantas testemunhas. Os folíolos apresentavam-se reduzidos e os sintomas eram mais evidentes nos mais velhos. As folhas primordiais eram menores mas não diferiam das testemunhas em outros aspectos.

Os sintomas de carência eram mais pronunciados na primeira folha composta após as primordiais. Manifestavam-se, a

princípio, na extremidade dos folíolos, como manchas de tonalidade acinzentada, de tamanhos diversos, irregulares, em pleno processo de necrose. Ao exame estereoscópico, verificava-se que a epiderme, na área das manchas, era finamente estriada. As pontas dos folíolos se curvavam na página superior.

Em folhas mais desenvolvidas, além da clorose, surgiram inúmeras pequeninas pontuações, bem próximas entre si, causando a impressão de retículo. Da associação dessas manchinhas formavam-se outras grandes, de cor pardo-escuro, já em fase de necrose. Nestas folhas, também os folíolos estavam com suas pontas viradas para a página superior.

Os sintomas encontrados concordam com os descritos em DESAI(1937), COBRA(1963) e ULRICH e OHKI(1966).

4.2.3.2. SINTOMAS FOLIARES INTERNOS (ANATÔMICOS).

Para o exame das alterações histológicas provocadas pela carência de K, executaram-se cortes transversais no limbo dos folíolos, abrangendo as áreas cloróticas salpicadas de pequeninas manchas marrons. As observações microscópicas revelaram alterações estruturais nos cloroplastos, afetando a cor, a forma, o tamanho e a distribuição no campo celular. Assim, nas imediações das áreas cloróticas, os cloroplastos já se mostravam um tanto esmaecidos, conservando, porém, a forma. Os da área clorótica eram bem amarelecidos, menores e de forma globular. Os tecidos, por sua vez, eram menos consistentes com células deformadas, de membranas contraídas. Nos espaços intercelulares ou nos meatos havia acúmulo de gases e a região se tornava sombreada. - Notava-se, ainda, que as pequenas pontuações marrons ou ferrugíneas do limbo resultavam das modificações sofridas pelas células epidérmicas e do parênquima paliçádico, cujo conteúdo adquiria -

coloração marrom e seus cloroplastos se desorganizavam. As manchas maiores mostravam as mesmas alterações, mais acentuada, porém, a fase final desse processo era a necrose.

4.2.4. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO.

4.2.4.1. SINTOMAS EXTERNOS (MORFOLÓGICOS).

As plantas, sob tratamento com omissão de Ca, mostravam pequenas quantidades de raízes e caules mal desenvolvidos.

Apesar de as plantas estarem bem afetadas pela carência de Ca até a data da colheita elas continuavam emitindo nova brotação, sem, contudo, mostrar nas partes novas, sintomas de deficiência.

No que se refere aos sintomas foliares, as folhas inferiores mostravam-se com pequeninas manchas acinzentadas e, posteriormente, eram afetadas de clorose parcial intensa que se iniciava na base dos folíolos e se propagava por entre as nervuras, em graus diversos de penetração, resultando daí formas de contorno irregular para a porção do limbo que se mantinha verde.

Sobre as áreas cloróticas surgiam manchas pardas, irregulares, de vários tamanhos, as quais podem ser consideradas como sintomas secundários. Os folíolos, ao atingirem esse estágio de deficiência se desprendiam da planta.

Os sintomas encontrados concordam com os descritos em WALLACE(1961, pág. 86) e CHAPMAN(1966, pág. 68), porém discordam no que se refere ao aparecimento da nova brotação.

SINTOMAS FOLIARES INTERNOS (ANATÔMICOS).

Procedendo-se ao exame microscópico das estruturas, constatou-se que as alterações motivadas pela deficiência de Ca -

se refletiam, a princípio, nos cloroplastos, afetando-lhes a cor, a forma e a distribuição na célula e, nos estágios mais avançados, verificou-se o mesmo fato até nos tecidos. Quanto à cor, observa-se uma clorose progressiva até a completa falta de clorofila, donde a presença de manchas cloróticas no limbo. Nessa região, as células continham apenas grânulos esparsos, de um amarelo ouro. Com a perda da clorofila, os plastos modificavam sua forma, diminuindo em tamanho, permanecendo isolados ou se aglomerando, em número variável. Nesse estágio não se registravam modificações intensas na forma das células do mesófilo. Todavia, nas áreas onde a necrose estava se processando, os tecidos se apresentavam desorganizados, adquirindo coloração marrom.

4.2.5. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO.

4.2.5.1. SINTOMAS EXTERNOS (MORFOLÓGICOS).

As plantas com carência de Mg apresentavam tamanho normal. Contudo, mostravam-se amareladas e havia queda prematura das folhas cotiledonares.

Os sintomas de carência ocorriam, inicialmente, nas folhas da porção inferior das plantas e a seguir, manifestavam-se nas superiores. Caracterizavam-se por uma clorose fraca, generalizada, menos junto às nervuras que permaneciam hialinas, onde o verde se mantinha à guiza de friso. Em consequência dessa disposição, a nervação se destacava do fundo esmaecido do limbo. Com o progredir dos sintomas, surgiam manchas pálidas, quasi esbranquiçadas, pela lâmina foliar, de vários tamanhos e de conformação irregular. Em seguida, as manchas começavam a escurecer na região central denotando a presença de necrose, a qual se propagava para a periferia da mancha. Muitas manchas escuras se apresenta-

vam aureoladas de branco. As folhas novas, superiores, mostravam indícios de clorose. De um modo geral, a lâmina foliar se apresentava um tanto arqueada.

Os sintomas encontrados não apresentaram a coloração pardo-avermelhada nas folhas velhas e, portanto, diferem em parte com os descritos por WALLACE(1961) e CHAPMAN(1966, pág. 228).

4.2.5.2. SINTOMAS INTERNOS (ANATÔMICOS).

Das observações levadas a efeito em grande número de cortes praticados na área dos sintomas, constatou-se que, junto às nervuras, os cloroplastos eram de coloração verde normal e nas áreas afetadas pela carência eles se apresentavam cloróticos, porém não tão acentuadamente como no caso da deficiência de Ca, ostentando uma tonalidade verde esmaecida. De um modo geral, os cloroplastos se fragmentavam em numerosos grânulos que a princípio se conservavam unidos e, posteriormente, se separavam, razão porque eram encontradas células cheias de granulações fusiformes, com formas de bastonetes, quase brancas. Com o emprêgo do reativo de Lugol pode-se verificar a presença de amido nos cloroplastos mais esmaecidos bem como nos grânulos. Nos plastos das células estomáticas também se registrou a presença de amido. Os sintomas acima se acentuavam nas imediações das áreas mais alteradas e na região das manchas escuras os tecidos estavam desorganizados.

4.2.6. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE ENXÔFRE.

4.2.6.1. SINTOMAS EXTERNOS (MORFOLÓGICOS).

As plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão do S apresentavam-se mais desenvolvidas que as normais, como se fossem cultivadas em local pouco iluminado. Os caules tornavam-se

alongados e finos e as raízes não mostravam diferenças aparentes em seu volume.

Os sintomas foliares de carência de S eram mais evidentes nas folhas novas. De um modo geral, as folhas exibiam maior superfície do limbo que os das plantas normais. Os folíolos apresentavam clorose, cuja intensidade variava de acordo com a época do aparecimento. Surgiam na região periférica dos folíolos, ora como manchas isoladas, de tamanho e contorno diversos, ora reunidos formando extensas áreas amareladas. Encontravam-se, às vezes sobre algumas dessas áreas cloróticas, diminutas áreas necróticas, revelando a evolução dos sintomas. Em outras folhas a clorose era total e os folíolos se mostravam um tanto transparentes, realçando as nervuras, já um tanto claras, do fundo amarelado.

4.2.6.2. SINTOMAS FOLIARES INTERNOS (ANATÔMICOS).

O exame microscópico dos cortes transversais da lâmina foliar, na área dos sintomas, revelou que as alterações principais, decorrentes da deficiência de S atingiam, principalmente, os cloroplastos, tanto do paliçádico como do lacunoso, afetando-lhes o número, a forma e a cor. Nas proximidades das nervuras, notadamente da principal, essas modificações eram menos pronunciadas, por isso que as nervuras se destacavam pela sua coloração esverdeada.

Os cloroplastos alterados estavam reunidos, via de regra, na região central da célula, predominando os tipos fusiformes, vindo com menos frequência os tipos bastonetes e globulosos. Ocorriam, ainda, pequenas massas esverdeadas e formadas por alguns cloroplastos aglutinados.

Os trechos do mesófilo mais afastados das nervuras, on

de, portanto, os sintomas eram mais pronunciados, possuíam cloroplastos profundamente alterados na forma, de tamanhos reduzidos, cloróticos, aglutinados em grande parte e que eram a causa das áreas cloróticas do limbo.

4.2.7. DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS.

O desenvolvimento das plantas, de todos os tratamentos, foi avaliado através da matéria seca produzida, separadamente, nas raízes, nos caules e nas folhas (folíolos + pecíolos).

Raíz

Os valores de peso de matéria seca das raízes, médias de 3 repetições, expressas em gramas, se acham na Tabela 10.

A maior produção de raízes é a do tratamento completo. O emprego do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade mostra que os tratamentos -Mg, -P, -N, -Ca, foram mais severos que o -K e o -S. Excetuando-se o -S, o tratamento Completo difere dos demais.

O fato do tratamento -S mostrar-se semelhante ao Completo foi também verificado por McMURTREY(1933) em algodoeiro, ARZOLLA(1961) em abacaxizeiro e HAAG(1965) em cana-de-açúcar. GAUCH e WADLEIGH(1945) cultivaram feijoeiros em solução nutritiva em diversos níveis de $SO_4^{=}$ e verificaram que as plantas apresentavam um efeito depressivo no crescimento à medida que aumentava o S- $SO_4^{=}$ na solução. Possivelmente, isto se tenha verificado devido às plantas terem sido cultivadas, no início, em solução completa e terem armazenado quantidades suficientes de S para garantirem o desenvolvimento.

Caule

A média de 3 repetições do peso da matéria seca dos cau

les, em gramas, se acha na Tabela 10. Aplicando-se às médias o mesmo teste empregado para a raiz, verifica-se que o tratamento Completo não difere do -K e -S, sendo, porém, superior ao -Mg, -Ca, -P, e -N. Êstes últimos apresentaram efeitos da respectiva omissão com maior intensidade.

Os dados do pêso da matéria sêca dos caules mostram reação semelhante aos das raízes, enquanto a omissão de nitrogênio afetou desfavoravelmente o desenvolvimento do caule, a omissão de enxôfre ou potássio não determinou efeito significativo ao nível de 5%.

TRATAMENTOS	Partes do vegetal em g				
	Raízes	Caules	Fôlhas	Vagens	Total
Macro + micronutrientes	7,3	8,4	14,5	5,5	35,7
Omissão de nitrogênio	3,0	2,0	3,5		8,5
Omissão de fósforo	3,1	2,1	4,1		9,3
Omissão de potássio	4,5	7,3	10,5	0,36	22,66
Omissão de cálcio	2,1	2,6	6,4		11,1
Omissão de magnésio	3,4	4,8	11,9		20,1
Omissão de enxôfre	5,7	6,4	11,9	6,5	30,5
d.m.s. a 5%	1,68	2,17	4,40		
d.m.s. a 1%	2,14	2,78	5,62		
C.V. %	14,35	15,84	17,41		

Tabela 10 - Produção de matéria sêca pelas partes da planta:
Média de três repetições de 12 plantas cada uma.

Fôlha

Os valores médios de pêso de matéria sêca de fôlhas, em

gramas, estão na Tabela 10. A maior quantidade de matéria seca pertence ao tratamento Completo, que não difere do -S, -Mg e -K, porém, sendo superior ao -Ca, -P e -N, quando contrastados pelo testes de Tukey, a 5% de probabilidade.

HAAG(1965) verificou também que a cana-de-açúcar cultivada em solução nutritiva com omissão de magnésio ou enxôfre não teve o seu crescimento paralizado devido ao suprimento inicial de todos os nutrientes.

OSBUN e outros(1965) observaram em feijoeiro que o potássio tem pequeno efeito sobre a produção de matéria seca de folhas, quando a deficiência aparece em estado de desenvolvimento avançado da planta.

Assim sendo, os tratamentos -N, -P e -Ca foram, como aconteceu com raízes e caules, os que mais afetaram a produção de matéria seca de folhas.

4.2.7.1. DISTRIBUIÇÃO DA MATÉRIA SECA NOS ÓRGÃOS DA PLANTA.

Os dados percentuais médios de matéria seca de raízes, caules e folhas, calculados em função do total de matéria seca produzida pelas plantas, nos diferentes tratamentos são encontrados na Tabela 11.

Partes da planta	TRATAMENTOS						
	Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S
Raiz	20,4	35,2	33,3	19,9	18,9	16,9	18,7
Caule	23,5	23,5	22,6	32,3	23,4	23,9	20,9
Fôlha	40,6	41,2	44,1	46,4	57,6	59,2	39,0
Vagem	15,4	--	--	1,5	--	--	21,3

Tabela 11 - Percentagem média de matéria seca nas partes da planta em função do peso da matéria seca total.

Observa-se que a distribuição da matéria sêca nos diversos órgãos da planta é bastante semelhante entre os tratamentos completo e -S.

MC MURTREY(1933) verificou que a omissão de um dos macronutrientes da solução nutritiva acarretava um aumento da percentagem de fôlhas de fumo em relação ao tratamento testemunha. Isso se verificou no presente trabalho, com exceção do tratamento -S.

Os tratamentos -N e -P determinaram um aumento na produção de matéria sêca de raízes, o -K de caule e o -Ca e -Mg de fôlhas.

4.2.8. CONCENTRAÇÃO DOS MACRONÚTRIENTES NOS ÓRGÃOS DA PLANTA.

Para a verificação das variações na composição química, em função dos tratamentos, as tabelas apresentadas, sob este título, possuem os valores representados pelo teor percentual médio e, embaixo, a sua transformação em $\text{arc sen } x$, colocado entre parêntesis. Empregou-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, para avaliar o efeito dos tratamentos comparado com o Completo.

Raiz

Na Tabela 12 são apresentados os teores dos macronutrientes encontrados nas raízes sob os diversos tratamentos e as respectivas transformações em $\text{arc sen } \sqrt{x}$.

A análise estatística dos teores de nitrogênio encontrados nas raízes revela que somente no tratamento em que se omitiu este nutriente houve diferença em relação ao Completo. Isto demonstra que, nas condições experimentais em que este trabalho foi

efetuado, o teor de nitrogênio neste órgão não é influenciado pela omissão dos demais macronutrientes. A observação feita por HAAG(1958), em raiz de cafeeiro cultivado em solução nutritiva, exibem a mesma concordância.

O menor teor de fósforo nas raízes foi encontrado no tratamento em que este elemento foi omitido da solução e difere, pelo teste mencionado, do Completo. Entretanto, este último não difere do -Mg, -Ca e -K. O -N encontra-se no limite superior da diferença mínima significativa, dada pelo teste, mostrando a tendência de acúmulo de fósforo quando se omite o nitrogênio. O -S revela-se com teor superior ao completo de modo a evidenciar um acúmulo de fósforo na raiz pela omissão do enxofre.

O teor de potássio na raiz do tratamento Completo difere do -P, -N, -Ca e -Mg de modo a revelar um aumento de potássio onde estes macronutrientes foram omitidos. O -K é inferior ao tratamento Completo mas o -S não difere deste último.

HAAG(1958) verificou em cafeeiro que o teor de potássio da raiz se eleva no tratamento -N e -Mg; o que concorda com os dados obtidos neste trabalho. Por outro lado, HAAG(1965) observou em cana-de-açúcar que nos tratamentos onde se omitia o nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio ou enxofre ocorria uma diminuição significativa nos teores de potássio na raiz.

WALLACE(1963, pág. 102) utilizando potássio radioativo (K^{42}) encontrou que as raízes de feijoeiro cultivadas em solução carente de nitrogênio reduziam a absorção de K.

Os teores de cálcio na raiz mostram influência depressiva na absorção quando N, P e K são omitidos da solução. Isto é observado quando se faz o contraste das médias pelo teste de Tuckey, ao nível de 5% de probabilidade; os tratamentos -Mg e -S não diferem do Completo neste particular.

TRATAMENTO	N	P	K	Ca	Mg	S
Completo	2,88 (9,76)	0,98 (5,68)	4,50 (12,27)	3,01 (9,99)	0,73 (4,90)	1,01 (5,70)
Omissão de nitrogênio	1,91 (7,93)	1,21 (6,31)	6,53 (14,81)	0,43 (3,75)	0,37 (3,48)	1,75 (7,59)
Omissão de fósforo	3,20 (10,31)	0,17 (2,35)	6,53 (14,80)	1,00 (5,73)	0,49 (4,02)	1,11 (6,04)
Omissão de potássio	2,80 (9,61)	0,81 (5,18)	0,90 (5,43)	1,90 (7,93)	0,88 (5,39)	1,23 (6,36)
Omissão de cálcio	2,75 (9,54)	0,90 (5,43)	7,90 (16,32)	0,25 (2,88)	0,47 (3,93)	1,25 (6,42)
Omissão de magnésio	2,56 (9,21)	0,95 (5,61)	8,00 (16,41)	2,18 (8,49)	0,27 (2,98)	1,22 (6,35)
Omissão de enxofre	3,12 (10,17)	1,26 (6,44)	4,90 (12,73)	2,70 (9,46)	0,68 (4,74)	0,74 (4,94)
d.m.s. a 5%	1,28	0,62	2,37	1,58	0,82	1,34
C.V. %	4,70	4,1	6,2	4,6	6,9	7,5

Tabela 12 - Concentração dos macronutrientes nas raízes.

OVERSTREET e outros(1952) sugerem que o cálcio compete com o potássio para os mesmos pontos de ligação no carregador, - dentro de certas condições. Entretanto, nas condições experimentais em que este trabalho foi realizado a omissão do potássio deprimiu a absorção de cálcio.

A concentração de Mg nas raízes é menor nos tratamentos -P, -Ca e -N. Compreende-se esse fato em relação à omissão de P devido ao efeito sinérgico, no que se refere à absorção, entre esse metaloide e o Mg (CIBES & SAMUELS, 1957; McEVOY, citado por STENBER & TSO, 1958). JENNING(1963) julga que o mecanismo - responsável pela absorção de Mg está relacionado com o metabolismo do fosfato na célula. GILBERT(1950) observa que o Mg é mais

abundante na planta onde as nucleoproteínas estão sendo formadas. A escassez de P reduz a síntese desses compostos ocasionando pequenas quantidades de Mg nas células. Contudo, o mesmo não se pode dizer com referência às omissões de Ca e de N. A carência de S e de K não determinaram alterações significativas nos teores de Mg das raízes em relação ao tratamento Completo. Relativamente ao K o fato é estranhável em vista da conhecida ação antagônica entre este nutriente e o Mg (BOYNTON & COMPTON, 1945; MULDER, 1950; SMITH & REUTHER, 1954; BEYERS, 1955; McCOLLOCH e outros, 1957; HOULAND & CALDWELL, 1960; EMMERT, 1961; GALLO e outros, 1960; MELLO, 1965).

HAAG(1958) verificou em cafeeiro que a omissão de cálcio na solução nutritiva aumentava o teor de magnésio na raiz. Entretanto, em cana-de-açúcar, HAAG(1965) não constatou esse fato.

A deficiência de fósforo acarreta também diminuição do teor de magnésio. CIBES e SAMUELS(1957), Mc Evoy citado por STEINBER & TSO(1958) também verificaram esse efeito. JENNING(1963) julga que o mecanismo responsável pela absorção de magnésio está relacionado com o metabolismo de fosfato na célula. GILBERT(1950) observa que o magnésio é mais abundante na planta onde as nucleoproteínas estão sendo formadas. A escassez de fósforo reduz a síntese desses compostos ocasionando pequena quantidade de magnésio nas células.

Os teores de enxofre nas raízes revelaram que no tratamento onde se omitiu o nitrogênio ocorreu um acúmulo de enxofre. O tratamento -S não se mostrou estatisticamente diferente do completo. Provavelmente isso se deve ao enxofre acumulado até os 15 dias de idade.

Como ilustração das variações ocorridas na concentração dos nutrientes na raiz, foi elaborada a figura nº 8 baseada nos

efeitos significativos, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey, obtidos pelas comparações dos tratamentos com o tratamento Completo.

As linhas cheias, ligando os elementos, indicam o aumento da concentração e as interrompidas a diminuição.

Observa-se que o fósforo acumulou no tratamento -S. O potássio, também revelou acumulos nos tratamentos -P, -N, -Mg e -Ca. De modo inverso aos citados, o cálcio resultou em diminuição nos tratamentos -N, -P e -K. Do mesmo modo, o magnésio sofreu redução no -N, -P e -Ca. O enxôfre acumulou no tratamento -N.

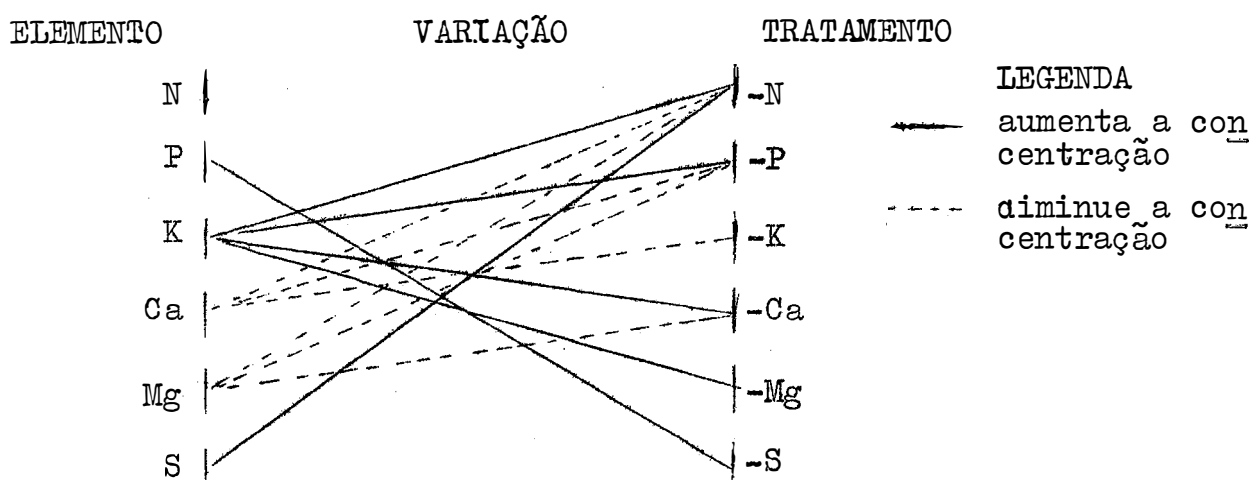


Fig. 8 - Variação da concentração dos elementos na raiz devido ao efeito do tratamento.

Caule

Os teores médios dos macronutrientes no caule bem como a sua transformação em $\text{arc sen}^{-1} \sqrt{\bar{x}}$, se acham na Tabela 13.

O contraste entre médias dos teores de nitrogênio no caule, pelo teste de Tukey, mostra que os tratamentos -Mg, -K,

-Ca e -P foram superiores, evidenciando um acúmulo de nitrogênio devido a omissão destes nutrientes, quando comparados com o Completo. Este, porém, não difere do -S. HAAG(1958) observou em cafeeiro que a deficiência de fósforo elevou a concentração de nitrogênio.

Os teores de fósforo no caule, exceção do tratamento -P, revelaram, pela análise estatística não diferiram entre si de modo a evidenciar que a omissão dos elementos não interferiam na concentração deste macronutriente.

A aplicação do teste de Tukey às médias da concentração de potássio no caule revelou que o tratamento -K apresentou um teor menor desse elemento em relação ao Completo enquanto que no tratamento -Ca ocorreu o contrário. O aumento do teor de potássio no tratamento -Ca deve ser atribuído a ausência deste elemento na solução nutritiva. Os outros tratamentos -N, -P, -S e -Mg não diferiram do tratamento Completo.

A concentração de cálcio apresentou variações superiores e inferiores à diferença mínima significativa em relação ao Completo, sendo que no tratamento -N ocorreu o menor teor; o teor mais elevado se verificou no tratamento -Mg. A menor concentração encontrada onde se praticou a omissão de nitrogênio pode ser atribuída como sendo a falta de nitrato para a absorção de cálcio. O acúmulo de cálcio no tratamento com deficiência de magnésio indica um antagonismo entre estes nutrientes.

Na verificação da variação das concentrações de magnésio no caule, encontra-se a recíproca do que se discutiu com referência ao cálcio, pois, o tratamento -Ca exibe superioridade quando comparado com o completo. Por outro lado, no tratamento -P o teor de magnésio se apresentou muito próximo ao encontrado no tratamento -Mg. A participação do magnésio em uma ou mais

TRATAMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	S
Completo	1,63 (7,33)	0,56 (4,28)	5,81 (13,93)	1,97 (8,07)	0,68 (4,72)	0,96 (5,62)
Omissão de nitrogênio	1,07 (5,94)	0,50 (4,05)	4,91 (12,80)	0,62 (4,53)	0,57 (4,34)	1,25 (6,40)
Omissão de fósforo	3,82 (11,28)	0,10 (1,84)	4,98 (12,89)	1,77 (7,65)	0,53 (4,18)	0,79 (5,09)
Omissão de potássio	2,38 (8,86)	0,47 (3,93)	1,05 (5,82)	1,90 (7,93)	0,75 (4,98)	0,75 (4,97)
Omissão de cálcio	3,11 (10,16)	0,67 (4,66)	8,23 (16,67)	0,22 (2,71)	1,09 (5,98)	1,18 (6,23)
Omissão de magnésio	2,00 (8,13)	0,60 (4,44)	7,73 (16,13)	2,86 (9,74)	0,46 (3,90)	0,69 (4,73)
Omissão de enxofre	1,60 (7,26)	0,48 (3,96)	5,41 (13,42)	1,69 (7,44)	0,61 (4,50)	0,59 (4,43)
d.m.s. a 5%	0,62	0,88	2,27	1,11	0,37	1,28
C.V. %	2,6	7,9	6,1	5,6	2,7	8,4

Tabela 13 - Concentração dos macronutrientes no caule.

reações de fosforilação na fotossíntese naturalmente implica em um profundo efeito na concentração do magnésio (HEWITT, 1963).

O teor de enxofre, igualmente ao que se observou na raiz não apresentou efeitos significativos estatisticamente devido a influência dos tratamentos.

A exemplo do que se fez para a raiz, na Fig. 9 estão representadas as variações de concentração dos macronutrientes no caule. Portanto, o nitrogênio elevou-se nos tratamentos -P, -K e -Mg. O potássio, também aumentou no tratamento -Ca. O cálcio acumulou no -Mg, porém, diminuiu no tratamento -N. De mesmo modo, o magnésio aumentou no -Ca e diminuiu no tratamento -P.

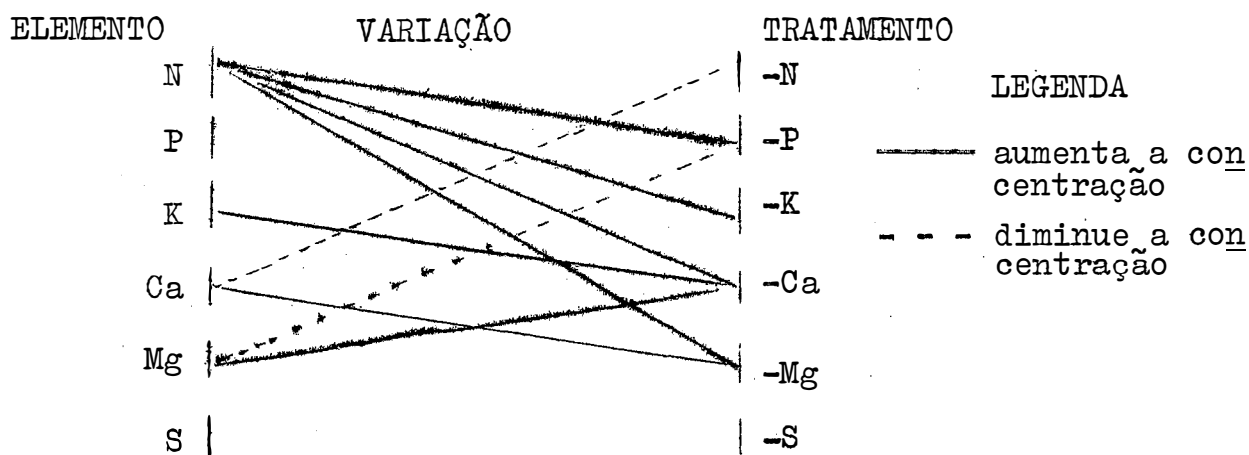


Fig. 9 - Variação da concentração dos elementos no caule devido ao efeito do tratamento.

Fôlha

Na Tabela 14 estão representados os valores referentes à concentração dos macronutrientes nas fôlhas, bem como as transformações correspondentes em $\text{arc sen } \sqrt{x}$.

A concentração de nitrogênio nas fôlhas foi mais baixa no tratamento em que ele foi omitido da solução. Nos tratamentos -Ca, -Mg, -K e -P foram superiores ao Completo ao nível de 5%.

SUZUKI e KENDO(1936) em cana-de-açúcar, CIBES e SAMUELS(1955) e HAAG(1958) em cafeeiro e HAAG(1965) em cana-de-açúcar - também verificaram que a omissão de potássio eleva o teor de nitrogênio. Segundo EATON(1952), RICHARDS e BERNER(1954) as plantas deficientes em potássio aumentam a quantidade de ácidos aminados livres. Esta explicação encontra apoio nas teorias de RICHARDS e TEMPLEMAN(1936) e WALL(1939).

GILBERT(1951) encontrou que, em geral, as plantas deficientes em enxofre se caracterizam por teores elevados de nitrogênio. NEAS(1953) observou maior teor de nitrogênio nas plantas de fumo que não receberam enxofre. Os dados obtidos não apresentam concordância com os mencionados autores.

TRATAMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	S
Macro + micro-nutrientes	2,61 (9,29)	0,36 (3,39)	4,45 (12,18)	4,01 (11,55)	0,86 (5,32)	0,81 (5,16)
Omissão de nitrogênio	1,54 (7,13)	0,81 (5,18)	4,76 (12,60)	1,06 (5,90)	0,84 (5,25)	1,54 (7,11)
Omissão de fósforo	4,24 (11,89)	0,13 (2,09)	5,90 (14,06)	2,77 (9,58)	0,63 (4,56)	0,75 (4,98)
Omissão de potássio	3,64 (10,97)	0,53 (4,18)	0,93 (5,54)	5,09 (13,03)	0,95 (5,60)	0,84 (5,26)
Omissão de cálcio	3,54 (10,85)	0,45 (3,85)	5,46 (13,51)	0,42 (3,70)	1,37 (6,71)	0,79 (5,11)
Omissão de magnésio	3,59 (10,92)	0,50 (4,07)	6,86 (15,19)	2,92 (9,84)	0,48 (3,99)	0,78 (5,07)
Omissão de enxofre	2,70 (9,46)	0,35 (3,37)	5,46 (13,53)	4,18 (11,78)	0,87 (5,36)	0,70 (4,80)
d.m.s. 5%	0,94	0,79	1,16	1,62	0,88	0,62
C.V. %	3,3	7,5	3,3	6,1	5,9	4,1

Tabela 14 - Concentração dos macronutrientes na fôlha.

O tratamento -P apresentou alto teor de nitrogênio nas fôlhas. Êste acúmulo também foi observado por CLEMENTS e outros (1941) em cana-de-açúcar. A deficiência de fósforo em soja elevou a concentração das frações de nitrogênio total solúvel, insolúvel, amídico e amônia, segundo EATON(1949). Êste autor sugere que a deficiência de fósforo resultou em proteólise nas fôlhas inferiores e prejudicou a resíntese.

Os tratamentos que afetaram a concentração de fósforo nas fôlhas quando contrastados com o Completo foram o -P e o -N o primeiro diminuindo e o segundo aumentando. Os outros tratamentos não apresentaram diferença estatística em relação ao Completo.

O aumento do teor de fósforo onde se produziu a deficiência de nitrogênio concorda com a observação de CLEMENTS e outros(1941) e HAAG(1965) em cana-de-açúcar. JENNING(1963) citando o experimento de Ketchum comenta 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.

Os contrastes entre os teores de potássio nas folhas - revelam que os tratamentos -K, -Ca, -S, -P e -Mg diferiram do - Completo. Este último não diferiu somente do -N. A omissão do magnésio, cálcio, enxofre e fósforo favoreceram o acúmulo de potássio. A absorção de potássio pelas raízes está relacionada à absorção de outros ions. A diminuição na absorção de um cation será compensada pela absorção de outro de modo que o total de bases permanecerá constante (HOAGLAND, 1948).

CIBES e SAMUELS(1957) verificaram que nos tratamentos sem fósforo ou enxofre o teor de potássio era mais elevado. Observaram ainda uma diminuição da concentração de potássio quando foi omitido o nitrogênio. Os dados obtidos neste experimento, - de um modo geral, mostram-se concordantes com os observados por aqueles autores.

A concentração de cálcio nas folhas foi menor, em relação ao Completo, nos tratamentos onde se omitiu o cálcio, nitrogênio, fósforo e magnésio da solução nutritiva. Por outro lado, o tratamento Completo não diferiu dos tratamentos -S e -K. O - tratamento -K mostra-se quase no limite da diferença mínima significativa de modo a indicar um acúmulo de cálcio relacionado -

com deficiência de potássio. Isto evidencia novamente a proposição do equilíbrio de bases sugerida por HOAGLAND(1948).

OVERSTREET e outros(1952) afirmam que o potássio e o cálcio são absorvidos por um mecanismo semelhante e que outros cations competem pelo mesmo ponto do carregador de modo que a falta de um resultou na maior absorção do outro.

A omissão do nitrogênio ou fósforo ocasionou um efeito depressivo na absorção de cálcio.

A concentração de magnésio nas folhas não apresentou diferença significativa a 5% entre os tratamentos Completo, -P, -N, -S e -K. Entretanto, onde se omitiu o magnésio encontrou-se um teor mais baixo desse nutriente e onde se omitiu o cálcio achou-se um teor significativamente mais elevado que nos demais tratamentos. O acúmulo de magnésio no tratamento -Ca pode ser explicado como devido à falta de cálcio na solução nutritiva.

Excetuando-se o tratamento -N os restantes não diferiram do tratamento Completo, no que concerne ao teor de S, embora as folhas mostrassem sintomas de deficiência desse nutriente que pode ser atribuído ao elevado teor acumulado por ocasião do desenvolvimento inicial das plantas em solução completa. Deve-se frisar que as análises químicas se referem ao teor de cada elemento encontrado nas folhas e os sintomas de deficiência se manifestaram nas folhas novas. Estas foram reunidas em cada repetição com as restantes em virtude da quantidade ser insuficiente para análise.

As folhas apresentaram maior número de variações nos teores quando comparados com os das raízes e dos caules.

A figura 10 mostra que o nitrogênio elevou-se nos tratamentos -P, -K, -Ca e -Mg. O fósforo revelou este fenômeno somente para o -N. De mesmo modo, o potássio também elevou-se nos

tratamentos -P, -S, -Mg e -Ca. Nos tratamentos -P, -N e -Mg, o cálcio revelou diminuir a concentração. No tratamento -N verifica-se que houve um aumento da concentração de enxôfre nas fôlhas.

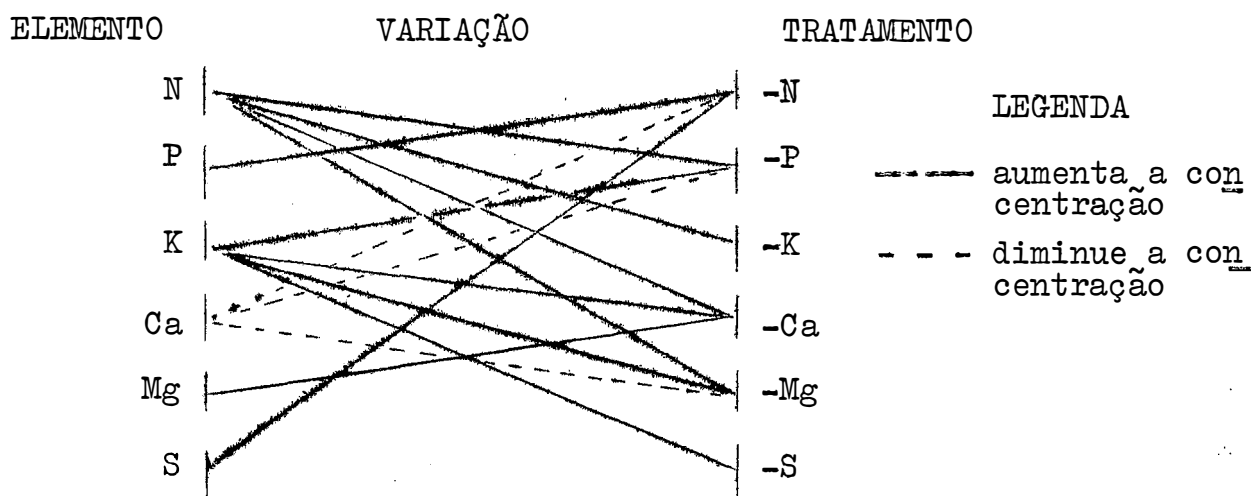


Fig. 10 - Variação da concentração dos elementos na fôlha devido ao efeito do tratamento .

4.2.9. DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL NA PLANTA DO TOTAL DE CADA NUTRIENTE ABSORVIDO.

A verificação da distribuição dos elementos na raiz, caule e fôlhas, influenciados pelos tratamentos foi baseada no cálculo da quantidade encontrada de cada parte estudada e a sua percentagem no total da planta.

Para uma apresentação de ordem geral, a figura 11 mostra a distribuição do nitrogênio na planta. As fôlhas possuíam cerca de 50% do total. Os tratamentos Completo, -P e -S mostram

semelhança na distribuição. A omissão do nitrogênio alterou a distribuição na planta uma vez que a maior percentagem foi encontrada na raiz. Nos tratamentos -K, -Ca e -Mg verifica-se a tendência de diminuir na raiz para um aumento nas folhas e caule.

A distribuição do fósforo (figura 12) nos tratamentos Completo e -S mostram semelhança demonstrando que a maior quantidade deste nutriente pertence às raízes. No tratamento -P observa-se que a quantidade da raiz não variou mas, nas folhas, houve um aumento em detrimento do caule. A omissão de nitrogênio indica uma modificação na distribuição de fósforo de modo a aumentar nas raízes. Nos tratamentos -K, -Ca e -Mg encontramos um comportamento semelhante ao descrito para o nitrogênio ou seja a diminuição de fósforo nas raízes.

Na figura 13 onde está representada a distribuição do potássio observa-se que os tratamentos -K, -Ca, -Mg e -S foram, com algumas variações, semelhantes ao Completo. Entretanto, nos tratamentos -N e -P a distribuição tende a revelar um aumento de potássio nas raízes em detrimento aos caules.

Na observação da figura 14 encontramos que o cálcio nas folhas está ao redor de 60%. Os tratamentos -S e o -N mostraram semelhança ao Completo enquanto que os restantes exibem uma tendência na diminuição de cálcio nas raízes.

A figura 15 apresenta a distribuição do magnésio na planta sob os diversos tratamentos. De modo semelhante ao nitrogênio, cálcio e potássio cerca de 50% do total é destinado às folhas. As proporções encontradas para os tratamentos -N, -K e -S mostraram semelhança com o Completo. O -P revela um aumento favorável às raízes. Os tratamentos -Ca e -Mg revelam igualmente uma diminuição do magnésio nas raízes a exemplo do que foi verificado com a distribuição do nitrogênio, fósforo e cálcio. Isto sugere

que a omissão destes cationios provoca um acúmulo de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio na parte aérea da planta.

Na figura 16 verifica-se que a distribuição do enxôfre é alterada pelos tratamentos -N e -P. Os tratamentos restantes não apresentam variações marcantes para uma observação geral.

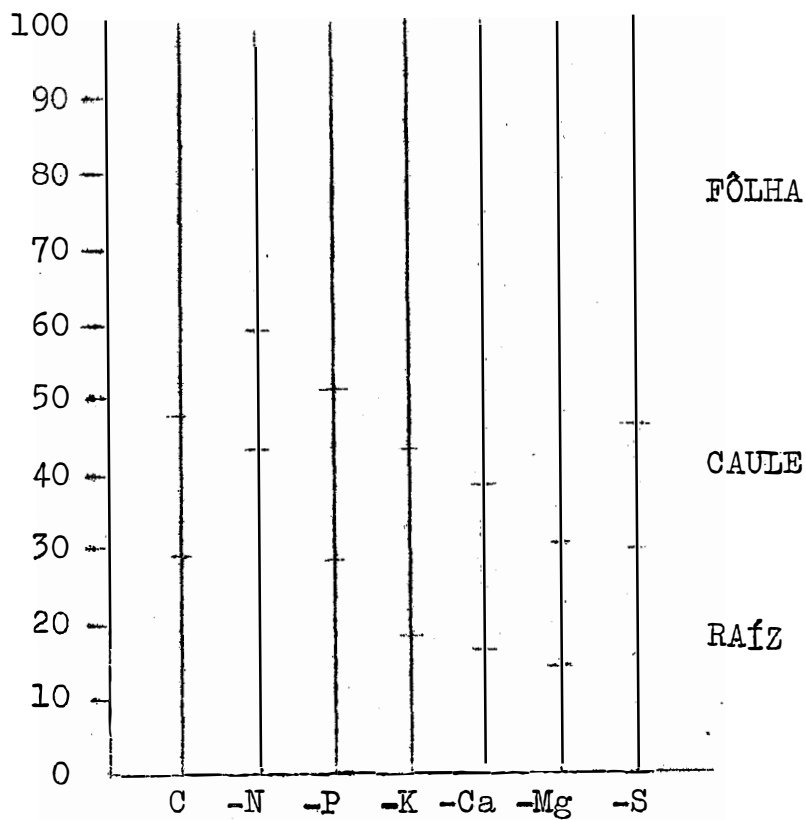


Fig. 11 - Distribuição percentual do N na raiz, caule e folha

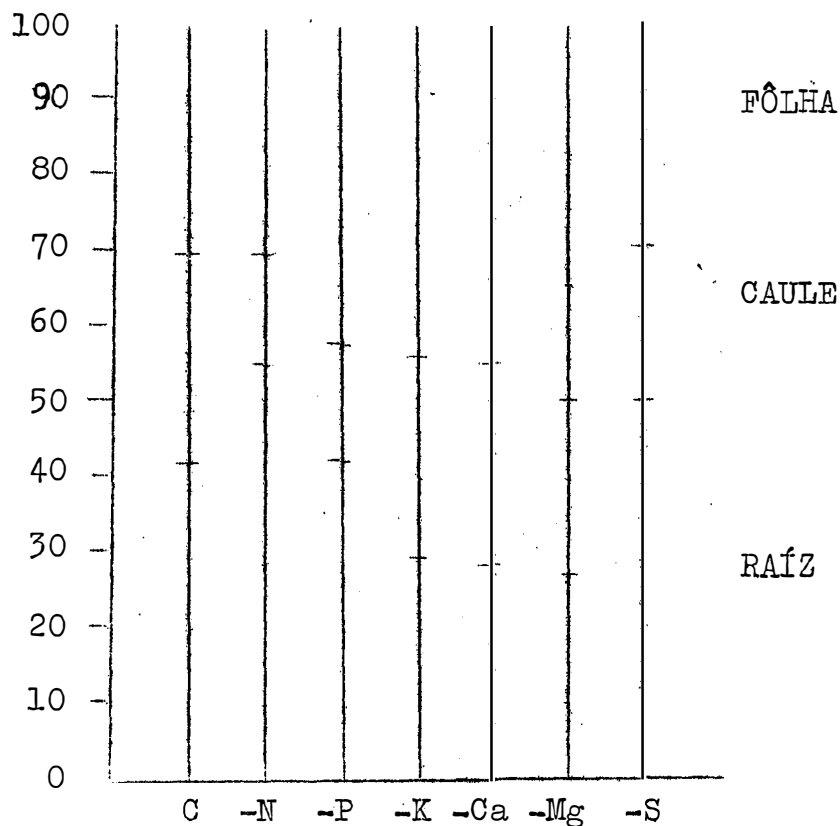


Fig. 12 - Distribuição percentual de P na raiz, caule e fôlha.

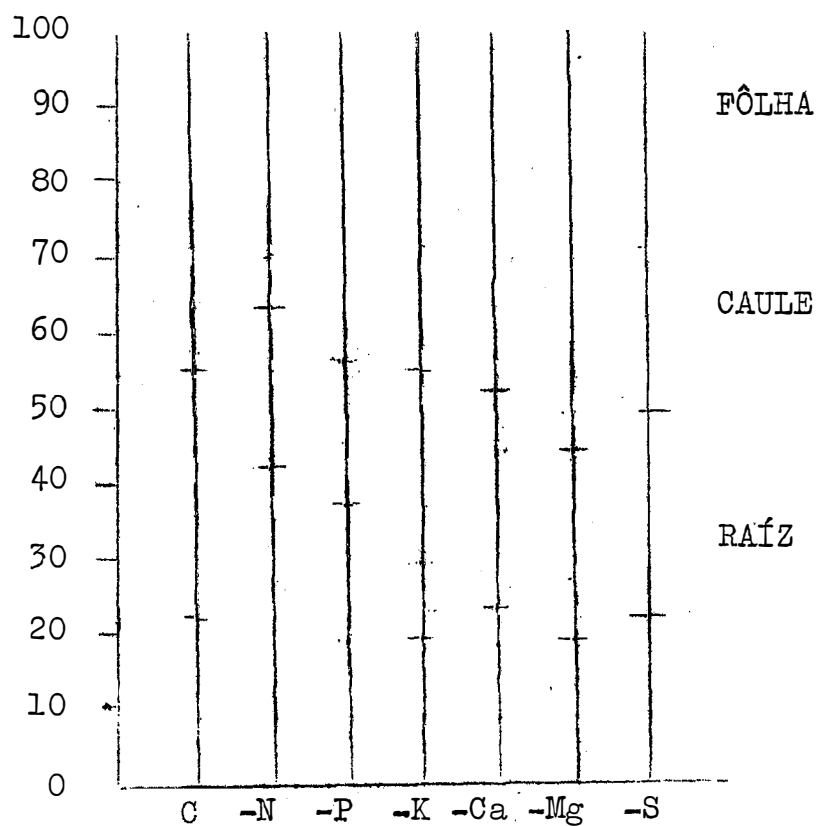


Fig. 13 - Distribuição percentual do K na raiz, caule e fôlha.

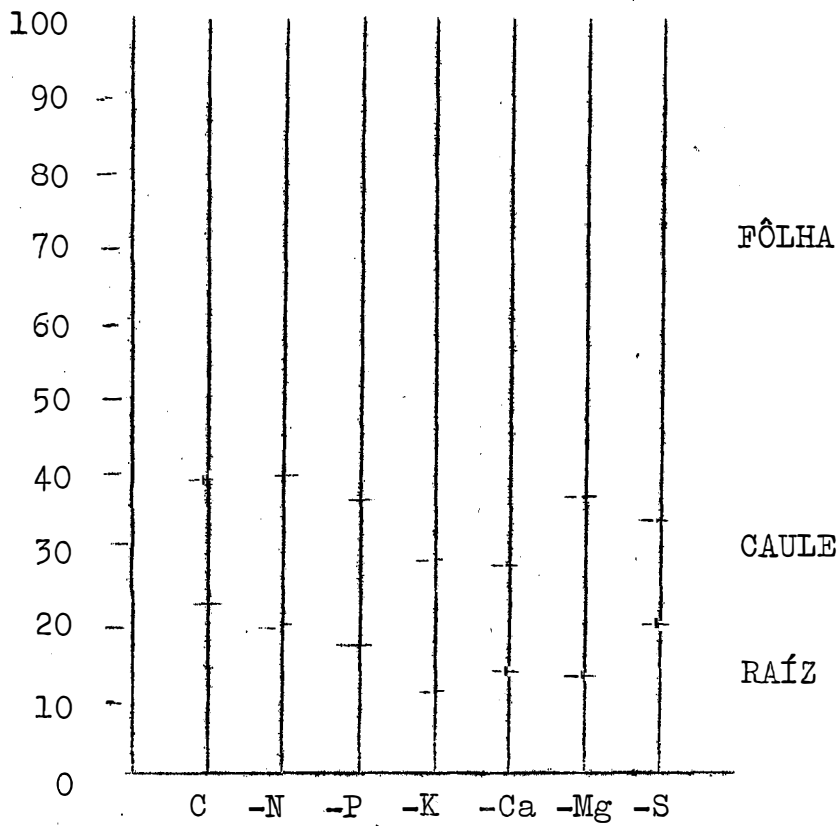


Fig. 14 - Distribuição percentual do Ca na raiz, caule e fôlha.

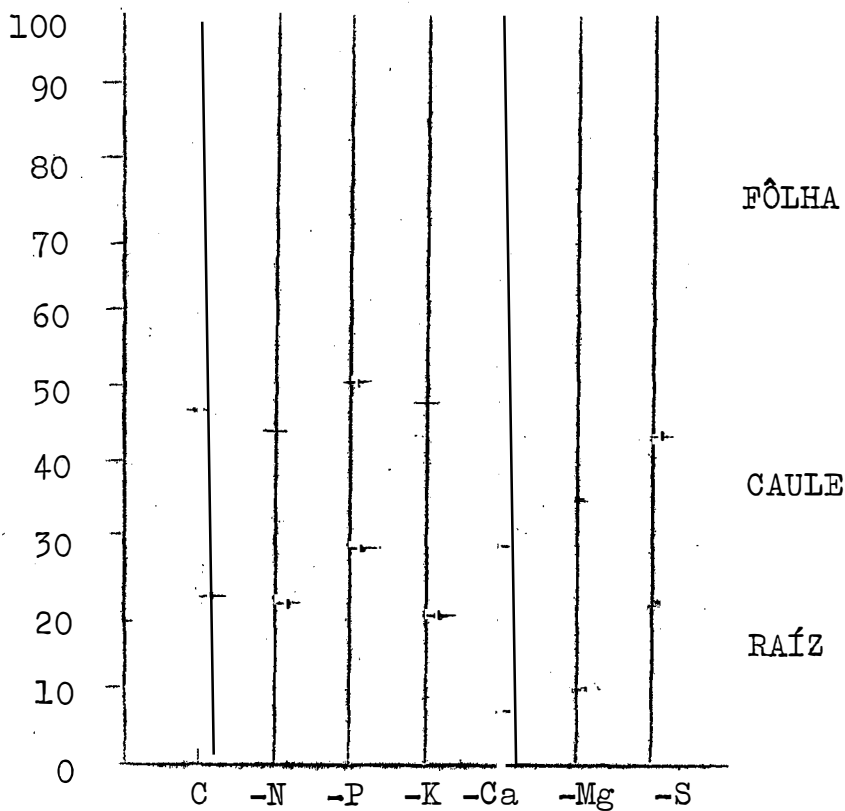


Fig. 15 - Distribuição percentual do Mg na raiz, caule e fôlha

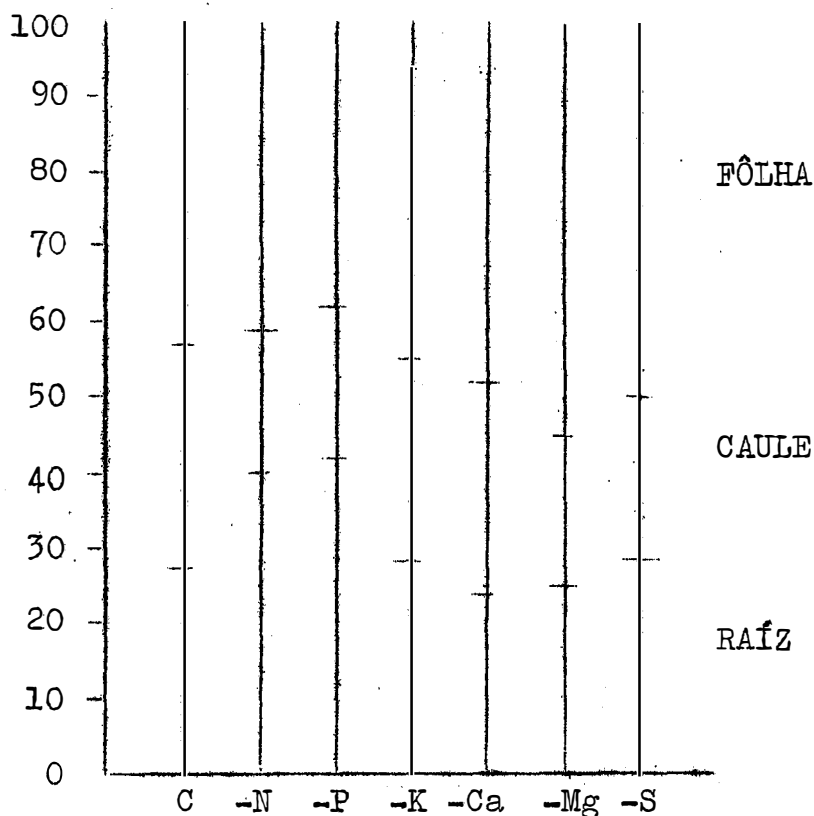


Fig. 16 - Distribuição percentual do S na raiz, caule e fôlha.

5. RESUMO E CONCLUSÕES.

O presente trabalho teve o propósito de estudar, preliminarmente, alguns aspectos da nutrição mineral do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L., var. roxinho) no que concerne: a sua exigência mineral dos macronutrientes em condições de campo; o efeito - da omissão destes nutrientes, em solução nutritiva, nas alterações morfológicas; alterações anatômicas, produção de matéria verde e seca e a sua composição mineral.

Para verificar as necessidades minerais do feijoeiro - foi instalado um ensaio de campo com 2 repetições adubadas, nas

quais eram colhidas amostras representativas contendo 100 plantas cada uma, de cada repetição, em intervalos de 10 dias a partir do 15º dia após o plantio. O material obtido, verde e sêco, e a análise química permitiram concluir:

1 - A maior produção de material verde e sêco ocorreu em torno de 56 dias após o plantio, revelando nesse período, uma correlação positiva (ao nível de 1%) entre a matéria sêca e a idade. Este fato foi observado também em relação a raiz, caule e folha.

2 - As quantidades de elementos (em kg/ha) retirados pela cultura durante o ciclo vegetativo foram de: 101,6 de N; 92,6 de K; 54,1 de Ca; 25,4 de S; 17,7 de Mg e 9,1 de P.

3 - Na idade em que se verificou a maior produção de matéria sêca (56 dias) as percentagens de elementos já absorvidos pela planta foram de: Ca-98, Mg-81, K-80, N-73, P-71 e S-69.

4 - As quantidades exportadas pelas sementes foram de: N-37,2, P-22,0, S-9,5, Ca-4,4, Mg-4,4 e P-3,6 kg/ha.

Para verificar os efeitos da omissão dos macronutrientes, plantas de feijoeiro com 15 dias de idade foram transplantadas para solução nutritiva completa e deficiente em condições controladas. Os tratamentos consistiram de completo e com omissão de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio ou enxofre da solução nutritiva. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com 3 repetições.

A colheita foi executada quando os sintomas de carência se mostraram evidentes, procedendo-se a descrição morfológica e anatômica das deficiências e, também, a separação em raízes, caules e folhas que forneceram o peso do material verde e sêco e o teor de cada macronutriente. Os dados obtidos permitiram as con-

clusões que seguem:

1 - A omissão de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxôfre resultou na apresentação de sintomas morfológicos de deficiências características a cada elemento.

2 - As principais alterações anatômicas na fôlha foram as modificações do cloroplasto no tamanho e na forma, devido a omissão do nutriente.

3 - A produção de matéria sêca foi afetada na raíz e no caule nos tratamentos -Mg, -Ca, -P e -N e as fôlhas no -Ca, -P e -N.

4 - A análise química revelou que omitindo um nutriente ocorre uma diminuição do teor do mesmo nos órgãos estudados, quando comparado com o tratamento completo. Os valores obtidos são:

	raíz		caule		fôlha	
	deficien <u>te</u>	comple <u>to</u>	deficien <u>te</u>	comple <u>to</u>	deficien <u>te</u>	comple <u>to</u>
N %	1,91	2,88	1,07	1,63	1,54	2,61
P %	0,17	0,98	0,10	0,56	0,13	0,36
K %	0,90	4,50	1,05	5,81	0,93	4,45
Ca %	0,25	3,01	0,22	1,97	0,42	4,01
Mg %	0,27	0,73	0,46	0,68	0,48	0,86
S %	0,74	1,01	0,59	0,96	0,70	0,81

5 - As principais interações entre os elementos nos órgãos estudados foram as seguintes:

a - Na raíz o fósforo acumulou no tratamento -S; o potássio nos tratamentos -P, -N, -Mg e -Ca; o enxôfre no -N. O cálcio diminuiu nos tratamentos -N, -P e -K; o magnésio no tratamento -N, -P e -Ca.

b - No caule o nitrogênio acumulou nos tratamentos -P, -K e -Mg; o potássio no -Ca; o cálcio acumulou no -Mg e diminuiu no tratamento -N; o magnésio acumulou no -Ca e diminuiu no trata-

mento -P.

c - Na fôlha o nitrogênio aumentou no -P, -K, -Ca e -Mg; o fósforo no -N; o potássio nos tratamentos -P, -S, -Mg e -Ca; o enxôfre aumentou no -N; o cálcio diminuiu nos tratamentos -P, -N e -Mg.

6. LITERATURA CITADA.

- ARZOLLA, S. 1961 Estudos sôbre a nutrição mineral do abacaxizeiro (Ananas sativus; Schult). Tese mimeografada. E.S.A. "L. Queiroz", U.S.P., Piracicaba, S. Paulo.
- BEYERS, E. 1955 Effect of fertilizers on composition of grape leaves, with special reference to magnesium deficiency, Union of South Africa Department of Agriculture, Science Bulletin n. 353.
- BIGHAM, F.T. 1966 Phosphorus. In: Diagnostic criteria for plants & soils. Ed: H.D. Chapman. University of California, Division of Agricultural Sciences.
- BOYNTON, D. e O.C. COMPTON. 1945 Leaf analysis in estimating the potassium, magnesium and nitrogen needs of fruit trees. Soil Science 59: 339.
- BRUNS, W. 1935 Untersuchungen über Nährstoffaufnahme und Wasserhaushalt der Ackerbohne. Journal für Landwirtschaft, 83, 285.
- CASTAGNOLLI, N. 1966 Perdas anuais provocadas pela erosão. Divulgação Agronômica nº 20:2.
- CHAPMAN, H.D. 1966 Calcium. In: Diagnostic criteria for plants & soils. Ed. H.D. Chapman. University of California, Division of Agricultura Sciences.
- CIBES, H e G. SAMUELS. 1955 Mineral-deficiency symptoms displayed by coffee trees under controled conditions, Agricultural Experiment Station, University of Puerto Rico, Rio Piedras P.R. Techn. Paper 14.
- CIBES, H. e G. SAMUELS. 1957 Mineral deficiency symptoms displayed by tobacco grown in the greenhouse under controled conditions. Agricultural Experiment Station, University of Puerto Rico. Rio Piedras, P.R. Techn. Paper 23.
- CLEMENTS, H.F., J.P. MARTIN e S. MORIGUCHI. 1941. Composition of sugar-cane plants grown in deficient nutrient solution. Hawaiian Plant Recorder 46: 17.

- COBRA NETTO, A., W.R. ACCORSI, T. COURY, E. MALAVOLTA e E.C. FERRAZ. 1963 Sintomas de deficiências e alterações anatômicas nas folhas e raízes do feijoeiro devidos à falta de potássio. IX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Fortaleza, Ceará.
- CONJUNTURA ECONÔMICA. 1966 Produção e consumo de feijão no Brasil, nº 3: 57.
- DESAI, M.C. 1937 Effect of certain nutrient deficiencies on stomatal behavior. Plant Physiology 12: 253.
- EATON, S.V. 1949 Effects of phosphorus deficiency on growth and metabolism of sunflower. The Botanical Gazette, 110: 438.
- EATON, S.V. 1952 Effects of potassium deficiency on growth and metabolism of tomato. Botany Gazette, 112: 300.
- EATON, F.M. 1966 Sulfur. In: Diagnostic criteria for plants & soils. Ed. H.D. Chapman. University of California, Division of Agricultural Sciences.
- EMMERT, F.H. 1961 The bearing of ion interactions on tissue analysis results. In: Plant analysis and Fertilizer Problems, American Institute of Biological Sciences, Washington 6, D.C.
- GALLO, J.R., S. MOREIRA, O. RODRIGUES e C.G. FRAGA. 1960 Composição inorgânica das folhas de laranjeira baianinha, com referência à época de amostragem e adubação química. Bragantia 19: 229.
- GALLO, J.R. e S. MIYASAKA. 1961 Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. Bragantia 20: 867.
- GAUCH, H.C. e C.H. WADLEIGH. 1945 Effect of high concentration of sodium, calcium, chloride, and sulfate on ionic absorption by bean plants. Soil Science 59: 139.
- GILBERT, F.A. 1950 Mineral nutrition of plants and animals. 4ª ed. University of Oklahoma Press. Norman.
- GILBERT, F.A. 1951 The place of sulfur in plant nutrition Botany Revue 17(9): 671.
- GRANER, E.A. e C. GODOY JÚNIOR. 1959 Feijão. In: Culturas da fazenda brasileira, 307.
- HAAG, H.P. 1958 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 mimeografada. E. S.A. "L. Queiroz", U.S.P., Piracicaba, S. Paulo.

- HAAG, H.P. 1965 Estudos de nutrição mineral da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) variedade CB 41-76 cultivada em solução nutritiva. Tese mimeografada. E.S.A. "L. Queiroz", U.S.P., Piracicaba, S. Paulo.
- HAAG, H.P., E. MALAVOLTA, H. GARGANTINI, H. GARCIA BLANCO. 1967 Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. Chumbinho opaco). (em impressão).
- HEWITT, E.J. 1963 The essential nutrient elements: Requirements and interaction in plants. In Plant Physiology Vol. III. Academic Press, New York and London.
- HOAGLAND, D.R. 1948 Lectures on the inorganic nutrition of plants. 2ª ed. Publ. by the Chronica Botanica Company. Waltham, Massachusetts.
- HOAGLAND, D.R. e D.I. ARNON. 1950 The water culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station, California, Cir. 347.
- HOVLAND, DWIGHT e A.C. CALDWELL. 1960 Potassium and magnesium relationships in soils and plants. Soil Science 89:92.
- HOWELL, R.W. 1960 Physiology of the soybean. In: Advances in agronomy. 12: 265.
- INFORZATO, R. e S. MIYASAKA. 1963 Sistema radicular do feijoeiro em dois tipos de solo do E.S. Paulo. Bragantia 22 (2) 477.
- JENNINGS, D.H. 1963 The absorption of solutes by plants cells. Ed. Oliver & Boyd. Edinburgh, Londres.
- LOTT, W.L., J.P. NERY, J.R. GALLO e J.C. MEDCALF. 1956 A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Instituto Agrônomo, Bol. nº 79, Campinas, S. Paulo.
- MALAVOLTA, E. e T. COURY. 1954 Apostila de Práticas de Química Agrícola. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", Piracicaba, S. Paulo.
- MALAVOLTA, E. 1957 Práticas de Química Orgânica e Biológica, - Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", Piracicaba, S. Paulo.
- MALAVOLTA, E. 1964 Análise química dos teores totais. Curso - Internacional de Diagnose Foliar. IICA - ESALQ, Piracicaba, S. Paulo. Mimeografado.
- MCCOLLOCH, R.C., F.T. BINGHAN e D.G. ALDRICH. 1957 Relation of soil potassium to magnesium nutrition of citrus. Soil Science Society American Proceedings 21: 85.
- McMURTREY, 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. nº 612.

- MELLO, F.A.F. 1958 Alguns estudos sôbre o magnésio em Química Agrícola. E.S.A. "L. Queiroz", U.S.P., Piracicaba, S. Paulo.
- MULDER, D. 1950 Magnesium deficiency in fruit trees on sandy soils and clay soils in Holland. Plant and Soil 2: 145.
- NEAS, I. 1953 Sulphur nutrition in flue-cured tobacco. Agronomy Journal 45(10): 472.
- OSBUN, J.L., R.J. VOLK e W.A. JACKSON. 1965 Effects of potassium deficiency on photosynthesis, respiration and the utilization of photosynthetic reductant by mature bean leaves. Crop Science 5 (6): 497.
- OVERSTREET, R., L. JACOBSON e R. HANDLEY. 1952 The effect of calcium on the absorption of potassium by barley, Plant Physiology 27: 583.
- PIMENTEL GOMES, F. 1962 Curso de estatística experimental. Instituto de Genética, Piracicaba, S. Paulo.
- RANZANI, G., O. FREIRE, T. KINJO. 1966 Carta de solos do Município de Piracicaba. Centro de Estudos de Solos. E. S.A. "L. Queiroz", Piracicaba, S. Paulo.
- RICHARDS, E.J. e W.G. TEMPLEMAN. 1936 Physiological studies in plant nutrition. IV. Nitrogen metabolism in relation to nutrient deficiency and age in leaves of barley. Annals Botany 50: 367.
- RICHARDS, E.J. e E. BERNER. 1954 Physiological studies in plant nutrition. XVII. A general survey of the free aminoacids of barley as effected by mineral nutrition with special reference to potassium supply. Annals of Botany 18: 15.
- SARRUGE, J.R., L. GOMES, H.P. HAAG e E. MALAVOLTA. 1963 Estudos sôbre a alimentação mineral do algodoeiro. I- Marcha de absorção de macronutrientes (Nota Prévia). IX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Fortaleza, Ceara, 1963.
- SMITH, P.F. e W. REUTHER. 1954 Citrus nutrition. In: Fruit Nutritionm Cap. 6 Norman F. Childers, Somerset Press, Somerville, New Jersey.
- STEINBER, R.A. e T.C. TSO. 1958 Physiology of the tobacco plant. Annals Revue Plant Physiology. 9: 151.
- SUZUKI, K. e M. KENJO. 1936 The water culture experiments of sugar cane plant. Part 2. The potassium deficiency experiments. Rept. Govt, Sug. Exp. Sta. Tainan, Formosa.
- THOMSON, W.W. e T.E. WEIER. 1962 The fine structure of chloroplasts from mineral deficient leaves of Phaseolus vulgaris. American Journal Botany 49(10): 1.047.