

X

IDENTIFICAÇÃO DOS SINTOMAS VISUAIS DAS DEFICIÊNCIAS DE MACRO
NUTRIENTES EM FEIJÃO-DE-CORDA, *Vigna sinensis* (L.) Savi. *da semente*

POR

LUIZ DE GONZAGA LIRA

Dissertação apresentada ao Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de "Mestre em Fitotecnia".

Fortaleza-Ceará.

1980

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Esta dissertação faz parte dos requisitos exigidos pelo Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, para obtenção do grau de "Mestre em Fitotecnia".

Reprodução parcial permitida exclusivamente com referência da fonte e autor.

[Redacted]

LUIZ DE GONZAGA LIRA

APROVADA, em 22 de abril de 1980.

[Redacted]

Prof. LINDBERGUE ARAÚJO CRISÓSTOMO
- Orientador -

[Redacted]

Prof. JOSÉ BRAGA PAIVA
- Conselheiro -

[Redacted]

Prof. LUIZ GONZAGA REBOUÇAS FERREIRA
- Conselheiro -

[Redacted]

Prof. MARCOS VINICIUS ASSUNÇÃO
- Convidado -

À memória de minha mãe

DEDICO

À minha esposa NELMA

Aos meus filhos IANDRA e MARLO

Ao meu pai e irmãos

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Bahia (EMATERBA), pela oportunidade oferecida para a realização do curso.

Ao Prof. LINDBERGUE ARAÚJO CRISÓSTOMO, pela segura e prestimosa orientação na execução dos trabalhos objeto desta Dissertação.

Ao Prof. JOSÉ BRAGA PAIVA, pela valiosa contribuição dada a este trabalho.

Aos Professores LUIZ GONZAGA REBOUÇAS FERREIRA e MARCOS VINICIUS ASSUNÇÃO, pelas sugestões e ensinamentos.

Ao Prof. CLAIRTON MARTINS DO CARMO, Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela dedicação e alto espírito de colaboração.

Ao colega JÚLIO MELO FONTES, pelo estímulo, amizade e colaboração recebida nos trabalhos fotográficos.

Ao Engenheiro Agrônomo FRANCISCO PAULO ARAÚJO CRISÓSTOMO e ao laboratorista ANTONIO LUIZ DE OLIVEIRA, pela ajuda prestada durante a execução das análises.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, pelo incentivo e amizade.

Ao Convênio SUDENE/UFC - Programa de Pesquisa com a Cultura do Feijoeiro, pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Finalmente, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

C O N T E Ú D O

	<u>Página</u>
LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
Nitrogênio	3
Fósforo	5
Potássio	8
Cálcio	10
Magnésio	13
Enxofre	15
MATERIAL E MÉTODOS	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
Sintomatologia das Deficiências	22
Desenvolvimento das Plantas	27
Teores dos Nutrientes	32
RESUMO E CONCLUSÕES	40
LITERATURA CITADA	42
APÊNDICE	47

LISTA DE QUADROS

<u>QUADRO</u>		<u>Página</u>
01	Composição química das soluções nutritivas (ml/l), em função dos tratamentos..	20
02	Análise de variância e médias da produção de matéria seca nas raízes e parte aérea das plantas de feijão-de-corda 35 dias após serem submetidas à diferentes soluções nutritivas - Médias de duas repetições	28
03	Percentagem média de matéria seca nas partes da planta em função do peso da matéria seca total	31
04	Concentração de macronutrientes nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda submetidas à diferentes soluções nutritivas	33

LISTA DE FIGURAS

FIGURA

Página

01	Teores de Nitrogênio e Potássio dosados na matéria seca da parte aérea das plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos	37
02	Teores de Fósforo e Cálcio dosados na matéria seca da parte aérea das plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos	38
03	Teores de Magnésio e Enxofre dosados na matéria seca da parte aérea das plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos	39
04	DEFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO (-N) - A deficiência de nitrogênio em feijão-de-corda caracteriza-se pela clorose uniforme das folhas inferiores, contrastando com o verde intenso das folhas do tratamento Completo (T)	48
05	DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO (-P) - A deficiência de fósforo em feijão-de-corda caracteriza-se pelo reduzido tamanho das folhas e o aparecimento de pequenas pontuações marrons por todo o limbo das folhas mais velhas. A esquerda folha do tratamento Completo (T)	49

FIGURAPágina

- 06 DEFICIÊNCIA DE POTÁSSIO (-K) - No estágio mais agudo da deficiência de potássio em feijão-de-corda, surgiram pontuações ferruginosas e em seguida necrose marginal das folhas, em contraste com as do tratamento Completo (T) 50
- 07 DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO (-Ca) - A deficiência de cálcio em feijão-de-corda, caracteriza-se pelo murchamento e enrolamento no sentido dorsal das margens das folhas. A esquerda, folha do tratamento Completo (T) 51
- 08 DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO (-Ca) - As raízes das plantas de feijão-de-corda tiveram o seu desenvolvimento paralisado e apresentaram-se gelatinosas e escuras, contrastando com as do tratamento Completo (T) 52
- 09 DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO (-Mg) - A deficiência de magnésio em feijão-de-corda caracteriza-se pela clorose internerval enquanto as nervuras permanecem verdes, em contraste com o verde total das folhas do tratamento Completo (T) 53
- 10 DEFICIÊNCIA DE ENXOFRE (-S) - A carência de enxofre em feijão-de-corda caracteriza-se pela clorose total das folhas superiores, em nítido contraste com as que foram cultivadas em solução nutritiva completa (T) 54

INTRODUÇÃO

O feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi, é especialmente importante para o Nordeste brasileiro, constituindo-se uma das bases alimentares do seu povo, sendo estimado um consumo "per capita" anual em torno de 30kg, ETENE/BNB (1969).

No Estado do Ceará é a principal espécie cultivada, tendo atingido em 1977 uma produção de 144.000 toneladas, obtida numa área plantada de 480.000 hectares, e resultando, portanto em um rendimento de 300kg/ha (IBGE, 1979). A baixa produtividade verificada decorre, dentre outros fatores, da falta de sementes de boa qualidade, do não combate às pragas e do uso de solos de baixa fertilidade, aliados a irregularidade pluviométrica.

A prática de adubação do feijão-de-corda tem revelado efeitos positivos, principalmente em relação a utilização de macronutrientes. PAIVA & ALBUQUERQUE (1970) constataram efeito linear significativo para nitrogênio, enquanto TÁVORA, ALVES & NUNES (1971), estudando o efeito da adubação fosfatada, observaram na aplicação de uma dose de 50kg/ha, aumentos na produção de 128% em relação à testemunha.

Segundo WALLACE (1961), muita atenção tem sido dada aos métodos que determinam as necessidades minerais das plantas, sendo que os mais utilizados atualmente são: análise do solo, análise química de toda planta ou parte da mesma e o método visual de diagnose baseado nos sintomas de deficiência mostrados pelas plantas.

No método visual de diagnose, as deficiências são reconhecidas por sintomas específicos, principalmente na folhagem, exibidos pelas plantas quando um dos nutrientes minerais encontra-se em quantidade insuficiente ao crescimento normal. EPSTEIN (1975), revelou que os desarranjos metabólicos causados pela deficiência de elementos essenciais eventualmente se manifestaram em anormalidades visíveis, quando o crescimento global e o desenvolvimento da planta são afetados, sendo caracterizados através de sintomas macroscópicos.

O presente trabalho foi desenvolvido objetivando conseguir um quadro sintomatológico das deficiências dos macronutrientes: Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio e Enxofre em feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi cultivar Pitiúba.

REVISÃO DE LITERATURA

Quando um dos elementos químicos essenciais para a vida de uma planta está presente no meio em quantidades insuficientes ou em combinações que o tornam pouco disponível, a deficiência de tal elemento nas células provocará distúrbios no metabolismo. Geralmente, estes distúrbios metabólicos se manifestam como sintomas visíveis, decorrentes da diminuição no crescimento, amarelecimento ou avermelhamento das folhas ou outras anomalias. Estes sintomas de deficiências nutricionais são mais ou menos característicos para cada elemento, dependendo também da severidade da deficiência, da espécie ou variedade e de fatores do ambiente (EPSTEIN, 1975).

Nitrogênio

O nitrogênio é comumente o quarto elemento abundante nas plantas, depois do carbono e dos elementos que compõem a água. O papel bioquímico mais importante deste elemento na planta é a sua presença como componente das moléculas de proteínas, purinas, pirimidinas, porfirinas e de muitas coenzimas. As purinas e pirimidinas são encontradas nos ácidos nucleicos, RNA e DNA, essenciais para a síntese proteica. A porfirina é encontrada igualmente em compostos importantes como a clorofila e os citocromos essenciais na fotossíntese e respiração. Uma interferência na síntese proteica e, portanto com o crescimento, é o efeito bioquímico maior da deficiência de nitrogênio.

O sintoma geral da deficiência de nitrogênio nas plantas, segundo BONNER & GALSTON (1959) é a falta da cor verde nas folhas, sendo que este sintoma se intensifica com a continuada escassez deste elemento, até chegar ao amarele-

cimento total e a perda das folhas inferiores. Os caules são finos e eretos com emissão de poucas gemas laterais. As folhas são pequenas e apresentam uma cor pálida ou verde amarelada nos estágios iniciais de crescimento, por causa da limitada síntese de clorofila (BLACK, 1968). Por sua vez EPSTEIN (1975) relatou que, excetuando-se a de água, nenhuma outra deficiência é tão drástica nos seus efeitos quanto a de nitrogênio. A clorose geral e o estiolamento são os sintomas mais característicos. O crescimento é atrasado e lento e as plantas têm aparência raquítica. As partes mais maduras são as primeiras a serem afetadas porque o nitrogênio é translocado das regiões mais velhas para as novas em crescimento.

SPRAGUE (1964), relatou que leguminosas deficientes em nitrogênio apresentam folhas verde pálidas com um matiz amarelado. Posteriormente, as folhas podem tornar-se distintamente amarelas sobre sua superfície total. A deficiência aparece primeiramente nas folhas da base das plantas, mas espalha-se rapidamente para as da parte superior. As folhas deficientes em nitrogênio podem permanecer cloróticas por muitos dias, enquanto que as plantas apresentam pequeno crescimento. Redução no crescimento e clorose das folhas novas, enquanto as mais velhas tornavam-se amareladas e caíam prematuramente, foram os sintomas observados por WALLACE (1961) em plantas de feijão comum deficientes em nitrogênio. THOMSOM & WEIER (1962), cultivaram feijão comum em areia com solução nutritiva e observaram que as folhas superiores de plantas deficientes em nitrogênio apresentavam esmaecimento da cor verde, enquanto as folhas médias e inferiores estavam intensamente cloróticas. Sintomas idênticos foram descritos por SANTOS *et al.* (1972) em ervilha e PONTE & SAMPAIO (1978) em feijão-de-corda.

Em trabalho realizado com feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L., var. roxinho), COBRA NETO (1967) verificou que plantas cultivadas com omissão de nitrogênio apresentaram caule e folíolos com crescimento reduzido. As folhas cotiledonares tornaram-se cloróticas, caindo prematuramente. Observou ainda, uma clorose nos folíolos, a princípio uniforme e generalizada. Com a evolução da deficiência a clorose acentuou-se permanecendo, entretanto, numerosas e pequeninas manchas punctiformes semelhantes a salpicos verdes. Nesta fase surgiram áreas esbranquiçadas em várias partes do limbo e que foram aos pouco aumentando em superfície. WILCOX & FAGERIA (1976), em experimento também realizado com feijão comum, constataram que havia redução no crescimento das plantas, as folhas apresentavam-se verde pálidas e amarelas, tornando-se necróticas com desfolhação precoce. Estes sintomas foram também observados por diversos pesquisadores (CIAT, 1978) em feijão comum e MALAVOLTA (1976) em soja.

Para outras culturas tais como café (MÜLLER, 1958), beringela (HAAG & HOMA, 1968), pimentão (FERNANDES & HAAG, 1972) e milho (MALAVOLTA *et al.*, 1975) foi observado que as plantas deficientes em nitrogênio apresentavam-se com crescimento reduzido e clorose generalizada nas folhas mais velhas.

Fósforo

O papel central que o fósforo desempenha no metabolismo energético e nas reações biossintéticas sugere que sua deficiência dificilmente seria menos desastrosa que a do nitrogênio, o que de fato acontece. O fósforo encontra-se nas plantas como um constituinte dos ácidos nucleicos,

fosfolípidios, coenzimas e, mais importante, como constituinte do trifosfato de adenosina (ATP). A carência deste elemento por conseguinte pode causar distúrbios imediatos e severos no metabolismo e no desenvolvimento.

As plantas deficientes em fósforo apresentam diminuição em seu desenvolvimento, suas folhas são de cor verde escuro e com frequência mostram tendência à produção de pigmentos antocianínicos de cor vermelha ou púrpura. Estes sintomas podem ser acompanhados pela formação de áreas de tecido morto nas folhas que ocasiona frequentemente a sua queda (BONNER & GALSTON, 1959). Sintomas semelhantes foram relatados por SALISBURY & ROSS (1969), os quais observaram que plantas deficientes deste elemento tornam-se atrofiadas e apresentam uma coloração verde escuro. Como o fósforo é geralmente redistribuído de um órgão para outro e translocado das folhas mais velhas para as mais jovens, os sintomas de deficiência sempre ocorrem em primeiro lugar nas folhas mais maduras. Segundo EPSTEIN (1975), folhas com coloração verde-escuro ou verde azulado são os primeiros sintomas de deficiência de fósforo em muitas espécies de plantas. Além disto, são observados ao longo das nervuras, pigmentos vermelhos roxos ou pardos. O crescimento é reduzido e em condições de deficiência severa as plantas ficam anãs.

Os sintomas de deficiência de fósforo em leguminosas segundo SPRAGUE (1964), são os seguintes: retardamento do crescimento, plantas delgadas e com folhas pequenas, folhas de cor verde escuro ou verde azulado e encurvamento para cima das lâminas das folhas. Em feijão comum e ervilha a omissão de fósforo ocasiona um crescimento ereto das plantas e estas apresentam caules finos, folhas verde escuras, murchamento e queda precoce das folhas basais (WALLACE,

1961). Estes sintomas foram também caracterizados por BINGHAM (1966) em alfalfa e fava, por SANTOS et al. (1972) em ervilha e por MALAVOLTA et al. (1976) em soja.

Plantas de feijoeiro comum cultivadas em solução nutritiva com omissão de fósforo apresentavam os folíolos novos de coloração verde azulado, sendo que os mais velhos se mostravam de um verde mais claro (COBRA NETO, 1967). Os caules se tornavam mais curtos e mais finos e as folhas cotiledonares caíam prematuramente. O desenvolvimento da parte aérea, como um todo, era reduzido e os folíolos das folhas mais velhas exibiam sintomas de deficiência em vários graus de intensidade. Estes surgiam, a princípio, com áreas internervais cloróticas, algumas das quais com pequenas pontuações marrons principalmente nos bordos da porção terminal do limbo que, nesse estágio, começava a se enrolar. Na fase aguda de deficiência os folíolos adquiriram coloração pardacenta com manchas escuras e pontuações generalizadas, o limbo enrolado para cima desprendia-se necrosado.

THOMSON & WEIER (1962), WILCOX & FABERIA (1976), CIAT (1978) trabalhando com feijão comum e PONTE & SAMPAIO (1978) com feijão-de-corda constataram que a ausência de fósforo provocava um raquitismo severo nas plantas, as quais apresentavam folhas verde escuras e pequenas quando jovens; quando velhas tornavam-se verde brilhantes e, finalmente, castanhas com o envelhecimento da planta. Sintomas semelhantes foram observados por MULLER (1959) em café, Mc CANTS & WOLTZ (1967) em fumo, HAAG & HOMA (1968) em beringela e FERNANDES & HAAG (1972) em pimentão.

Potássio

O principal papel do potássio é o de ativador de numerosas enzimas. EVANS & SORGER (1966) citados por EPSTEIN (1975), relacionaram 46 enzimas de animais, plantas e microorganismos que requerem o potássio como ativador na maioria dos casos. A função do potássio como ativador de enzimas faz com que a sua deficiência tenha efeitos profundos em eventos metabólicos. Carboidratos solúveis, inclusive açúcares redutores, e compostos nitrogenados solúveis, inclusive as aminas putrescina e agmatina, muitas vezes se acumulam, a última provavelmente sendo responsável pelas manchas necróticas (necrose marginal) que aparecem nas folhas deficientes.

De modo geral os sintomas de deficiência de potássio são caracterizados por um forte contraste entre as áreas amarela e verde das folhas de muitas culturas, segundo LAWTON & COOK (1954). Nos estágios iniciais de carência de potássio, as bordas das folhas tornam-se cloróticas, ocorrendo a desintegração dos tecidos, dando um aspecto defeituoso as folhas. Em trevo e alfalfa a primeira manifestação visível da deficiência de potássio é geralmente a presença de pequenos pontos brancos, juntamente com o amarelecimento das pontas e margens das folhas mais velhas. Os pontos brancos ocorrem paralelamente as margens das folhas, em muitos casos, antes que ocorra o amarelecimento das bordas. Estes pontos tornam-se posteriormente em área quebradiça, como se ocorresse uma desintegração entre as epidermes superior e inferior. Com o prolongamento da deficiência, o amarelecimento estende-se por toda a folha, sendo que as margens tornam-se castanhas e necróticas.

SPRAGUE (1964), ULRICH & CHKI (1966) e MALAVOLTA et al. (1976), observaram que a deficiência de potássio em soja e feijão-de-corda aparece nos estágios iniciais de crescimento, destacando-se pelo irregular mosqueamento amarelo ao redor das bordas das folhas, principalmente as que se encontram na parte inferior da planta. Estas áreas cloróticas unem-se para formar contínuas bordas amarelas nas pontas e ao longo dos lados das folhas. Segue-se a morte ou necrose das áreas cloróticas, com o curvamento para baixo das bordas das folhas. Entretanto, PONTE & SAMPAIO (1978) trabalhando com feijão-de-corda observaram que a necrose nos ápices e margens das folhas foram sintomas pouco evidenciados em plantas deficientes em potássio.

Em experimentos realizados com feijão comum, COBRA NETO (1967) e WILCOX & FAGERIA (1976) constataram que as plantas deficientes em potássio apresentavam crescimento reduzido, os caules eram finos, os folíolos apresentavam-se reduzidos e os sintomas eram mais evidentes nos mais velhos. As folhas primordiais eram menores, sendo que a deficiência ocasionava o aparecimento de folhas jovens verde escuras e verde azuladas. Estes sintomas eram mais pronunciados na primeira folha composta após as primordiais e manifestava-se a princípio na extremidade dos folíolos, como manchas de tonalidade acinzentadas de tamanhos diversos e irregulares, ao mesmo tempo em que as pontas dos folíolos se curvavam na página superior. Em folhas mais desenvolvidas, além da clorose, surgiram inúmeras e pequeninas pontuações, bem próximas entre si, causando a impressão de retículo. Em ervilha, WALLACE (1961) e SANTOS et al. (1972) verificaram que com a ausência deste elemento as plantas eram pequenas com entrenós curtos, especialmente nas porções jovens do caule. As

folhas inferiores apresentavam clorose marginais seguida de uma queima ou necrose. Os folíolos e estípulas superiores das plantas deficientes apresentavam início de crestamento dos bordos e amarelecimento do limbo.

Para outras culturas tais como arroz e cana-de-açúcar (KILMER et al., 1968), colza (PISSAREK, 1975) e milho (MALAVOLTA et al., 1975), foi observado que as plantas deficientes em potássio se apresentavam com crescimento reduzido, caule fino e curto, e as folhas verde escuras. As folhas mais velhas inicialmente cloróticas tomavam coloração amarelo-laranja com numerosas manchas necróticas nas pontas e margens.

Cálcio

O papel principal do cálcio nas plantas é sua participação como constituinte da lamela média da parede celular na forma de pectato de cálcio. Este elemento também é requerido como cofator por algumas enzimas envolvidas na hidrólise de ATP e fosfolipídios. Na sua ausência, embora todos os pontos de crescimento sejam sensíveis, os da raiz são afetados mais severamente. Eles cessam de crescer, tornam-se desorganizados e escuros e, quando a deficiência é severa morrem. Antes que isto ocorra o processo normal da divisão mitótica da célula sofre modificações diversas, como foi observado no estudo da deficiência de cálcio em ervilha por SCROKIN & SOMMER (1940) citados por EPSTEIN (1975).

O sintoma inicial da deficiência de cálcio se manifesta como deformação das folhas novas (BONNER & GALSTON, 1959). Estes sintomas são difíceis de serem diagnosticados, pelo fato de que este elemento intervem não somente

no funcionamento interno da planta, como também é um regulador da absorção radicular de outros íons. Segundo MALAVOLTA (1975), EPSTEIN (1975) e MASCARENHAS (1977), os sintomas de deficiência de cálcio aparecem primeiramente nas folhas novas ou próximo aos pontos de crescimento dos caules e raízes. As folhas podem aparecer retorcidas, com os ápices voltados para trás e as margens reviradas para trás ou para adiante. As margens, muitas vezes de forma irregular, rasgadas, podem apresentar manchas pardas ou estreitas faixas cloróticas. As pontas em crescimento (regiões meristemáticas) muitas vezes morrem, o sistema radicular desenvolve-se mal, com pouca fibra e as raízes podem se tornar gelatinosas. A necessidade de cálcio nesses tecidos parece ser alta e o elemento contido nos mais velhos, maduros, tende a ser imobilizado nele, não sendo translocado para as regiões novas que crescem ativamente.

A deficiência de cálcio em soja provocava um atraso na emergência das folhas primárias, e quando emergiam tomavam a forma de taça. As partes marginais das primeiras folhas tornavam-se necróticas e estreitas faixas cloróticas desenvolviam-se nas porções que permaneciam. As folhas novas menores e cloróticas, desprendiam-se facilmente com o tempo e as gemas terminais paralisavam seu crescimento secando progressivamente (JACKSON & EVANS, 1962; SPRAGUE, 1964 e MALAVOLTA *et al.*, 1976). Em trevo e amendoim, CHAPMAN (1966), constatou que a ausência de cálcio ocasionava a morte das folhas terminais, seguido de enrugamento, os pecíolos das folhas mais jovens tombavam repentinamente, fazendo com que as folhas inclinassem para baixo. A porção necrótica do pecíolo apresentava uma cor esbranquiçada, ocorrendo logo após o murchamento e morte das folhas.

Investigando a deficiência de cálcio em feijão comum, COBRA NETO (1967) observou que apesar das plantas estarem bem afetadas pela carência, até a data da colheita elas continuavam emitindo nova brotação, sem contudo, mostrar nas partes novas, sintomas de deficiência. As folhas inferiores mostravam-se com pequeninas manchas acinzentadas e, posteriormente, eram afetadas de clorose parcial intensa que se iniciava na base dos pecíolos e se propagava por entre as nervuras, em graus diversos de penetração, resultando daí formas de contorno irregular na porção do limbo que se mantinha verde. Sobre as áreas cloróticas surgiam manchas pardas, irregulares, de vários tamanhos. Os folíolos ao atingirem este estágio de deficiência se desprendiam da planta.

Em experimento realizado com feijão-de-corda cultivado em solução nutritiva, PONTE & SAMPAIO (1978) verificaram que com a ausência de cálcio as folhas novas eram pequenas e amareladas com pontas e margens irregulares e enrugadas. Próximo ao final do tratamento as gemas terminais entraram em processo de secamento ocorrendo a paralisação total do desenvolvimento das plantas.

FRANCO & MENDES (1949), trabalhando com café, verificaram que após a transferência dos cafeeiros para a solução sem cálcio, o desenvolvimento das plantas ficou praticamente paralisado. Poucas semanas após o broto terminal mostrava-se pardacento, morrendo logo em seguida. As folhas curvavam-se para baixo formando angulo agudo em relação ao caule. A seguir, manifestou-se nas folhas mais novas uma clorose mais intensa nas margens e aos poucos progredia tomando todo o limbo. As folhas mais velhas foram as últimas a exibir os sintomas.

Magnésio

Como um constituinte da molécula de clorofila o magnésio tem função importante no processo da fotossíntese. No metabolismo dos carboidratos muitas das enzimas requerem este elemento como ativador, principalmente as que fazem a transferência de radicais fosfatados ricos em energia. O magnésio atua também como ativador das enzimas envolvidas na síntese de ácidos nucleicos (DNA e RNA). Dada a importância deste elemento sua deficiência afeta significativamente todas as fases do metabolismo.

Diferentemente do cálcio, o magnésio é facilmente translocado para as regiões novas de crescimento ativo. Como consequência os sintomas de deficiência são observados inicialmente nas folhas maduras. A carência deste nutriente resulta em uma clorose internerval das folhas, nas quais somente as nervuras permanecem verdes. Em estágio mais avançado, os tecidos tornam-se uniformemente amarelo-pálidos, seguindo de necrose e enrugamento das folhas mais velhas (TISDALE, 1971; MALAVOLTA et al., 1974 e EPSTEIN, 1975).

Em feijão comum, WALLACE (1961) constatou que as plantas deficientes em magnésio apresentavam nas folhas velhas mosqueado clorótico internerval e finalmente amarelo, com finas manchas castanhas, especialmente ao longo das nervuras. WILCOX & FAGERIA (1976), relataram que as folhas cotiledonares das plantas jovens desenvolviam cloroses internervalis amarelas. Com o desenvolvimento da planta os trifolios mais velhos desenvolviam cloroses internervalis que progrediam do centro para as pontas. A este respeito, diversos pesquisadores (CIAT, 1978) acrescentaram que a clorose internerval e a necrose posteriormente se apresentavam em todas as

folhas, incluindo as mais novas. COBRA NETO (1967), também em experimento realizado com feijoeiro comum, observou que as plantas com carência de magnésio apresentavam tamanho normal porém, mostravam-se amarelcidas e a queda das folhas cotiledonares ocorria prematuramente. Os sintomas de carência ocorriam inicialmente nas folhas da porção inferior das plantas e, a seguir, manifestavam-se nas superiores, caracterizando-se por uma clorose fraca, generalizada, menos junta as nervuras que permaneciam hialinas, onde o verde se mantinha a guisa de friso. Em consequência dessa disposição a nervação se destacava do fundo esmaecido do limbo. Com o progredir dos sintomas, surgiam manchas pálidas 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.

No que concerne ao feijão-de-corda, EMBLETOM (1966) e PONTE & SAMPAIO (1978) observaram clorose entre as nervuras das folhas mais velhas de plantas deficientes em magnésio. Constataram ainda, que as folhas eram de tamanho reduzido, ocorrendo curvamento para baixo de suas margens e bronzeamento de toda a superfície foliar.

De acordo com relatos de SPRAGUE (1964) e MALAVOLTA et al. (1976), a deficiência de magnésio em soja ocasionava o aparecimento de pontos ásperos e de manchas necróticas entre as nervuras e ao redor das bordas da nervura mediana das folhas superiores, ocorrendo posteriormente o secamento das margens. Nos estágios finais de crescimento, a deficiência de magnésio dava uma aparência geral do início da maturidade. Já no milho, NELSON (1956) e MALAVOLTA et al. (1975) observaram que os sintomas resultantes da omissão de magnésio se caracterizavam pelo atrofiamento das plantas, as

quais apresentavam as folhas inferiores com clorose internerval. Com o agravamento da deficiência as folhas superiores mostravam os mesmos sintomas observados naquelas. Com o desenvolvimento da planta a clorose continuava a expandir-se deixando listras brancas por toda a extensão das folhas.

Enxofre

O enxofre é um constituinte dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina e, portanto, das proteínas que os contêm. A tiamina, biotina e a coenzima A são também compostos que possuem em suas estruturas este elemento. A restrição na síntese de aminoácidos contendo enxofre, causa semelhança entre as deficiências do nitrogênio e as do enxofre. A deficiência deste elemento muitas vezes inclui um baixo nível de carboidratos e um acúmulo de frações nitrogenadas solúveis inclusive de nitrato; a primeira resulta da diminuição na fotossíntese e a última é consequência da impossibilidade dos substratos nitrogenados serem utilizados na síntese de proteínas (ERGLE e EATON, 1951 e CHEN, 1967 citados por EPSTEIN, 1975).

Para as plantas em geral, o sintoma característico da deficiência de enxofre é o amarelecimento das folhas jovens, porém uma maior deficiência faz com que se atenua a cor verde inclusive nas folhas velhas. Esta condição está ligada ao fato do elemento em questão não ser facilmente translocado dos tecidos velhos para os novos (BONNER & GALSTON, 1959).

Em leguminosas com carência de enxofre, SPRAGUE (1964) e MASCARENHAS (1977), relataram que as folhas mais novas incluindo as nervuras, apresentam tons variando de ver

de-pálido a amarelo. Nos estágios mais avançados as folhas mais velhas tornam-se amareladas. Por outro lado a deficiência de enxofre, determinava uma baixa nodulação associada a um baixo índice de fixação de nitrogênio.

COBRA NETO (1967), observou que as plantas de feijoeiro comum cultivadas em solução nutritiva onde o enxofre foi omitido, apresentavam caules mais alongados e finos que as normais, assemelhando-se aquelas cultivadas em local pouco iluminado. Os sintomas foliares de carência de enxofre eram mais evidentes nas folhas novas, com folíolos apresentando clorose, cuja intensidade variava de acordo com a época do aparecimento. Esta clorose na região periférica dos folíolos ora como manchas isoladas de tamanho e contorno diversos, ora reunidos formando extensas áreas amarelas. Sobre algumas destas áreas cloróticas podiam ser encontradas diminutas áreas necróticas revelando a evolução dos sintomas. Em outras folhas a clorose era total e os folíolos se mostravam um tanto transparente realçando as nervuras.

No que concerne a deficiência de enxofre em feijão-de-corda, PONTE & SAMPAIO (1978) cultivaram plantas em solução nutritiva e verificaram que as plantas do tratamento em que foi omitido o enxofre, apresentavam desenvolvimento normal, assemelhando-se as da solução completa porém, com leve clorose nas folhas novas.

Em experimento realizado com soja, MALAVOLTA et al. (1976) observaram que os sintomas de carência de enxofre foram os últimos a se manifestar, notando-se no final do ciclo uma clorose mais intensa nas folhas novas. Já em ervilha, SANTOS et al. (1972) observaram que as plantas deficientes em enxofre tiveram desenvolvimento semelhante as sadias. No entanto os folíolos e estípulas inferiores eram

murchos e os medianos amarelados, ao passo que os das plantas sadias apresentaram coloração verde intenso.

FERNANDES & HAAG (1972), trabalhando com pimentão verificaram que as plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de enxofre apresentavam as folhas mais novas com uma leve clorose na porção central do limbo, enquanto os bordos eram de cor verde escuro. O limbo mostrava um aspecto ondulado, parecendo não haver crescimento igual das nervuras e do tecido internerval. Em estado avançado de carência, as folhas novas ficavam com coloração clorótica uniforme e eram de tamanho pequeno. As folhas velhas que eram de um verde escuro sofriam também clorose, amarelecendo por completo e se desprendendo da planta. Para outras culturas tais como batata (SPENCE & AHMAD, 1967), cenoura (HAAG & HOMA, 1969) e espinafre (THOMAZ et al., 1975), foi observado que com a deficiência de enxofre não houve redução no crescimento das plantas. Todas as folhas apresentavam coloração verde pálido ou amarelo pálido, sendo que o amarelecimento surgiu primeiro nas folhas novas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre outubro e dezembro de 1979, em casa de vegetação localizada no "campus" do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, Ceará, Brasil.

Sementes de feijão-de-corda *Vigna sinensis* (L.) Savi, cultivar Pitiúba, proveniente da coleção de cultivares existente no Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, foram germinadas em areia lavada umedecida com água destilada. Decorrido 8 dias da sementeira, as plantas foram selecionadas e transplantadas, em razão de duas, para vasos plásticos com capacidade para 6,5 litros, contendo solução nutritiva continuamente aerada com a seguinte composição:

<u>Soluções</u>	<u>ml/vaso</u>
KH_2PO_4 M	6,5
KNO_3 M	32,5
$\text{Ca}(\text{NO}_3).4\text{H}_2\text{O}$ M	32,5
$\text{MgSO}_4.7\text{H}_2\text{O}$ M	13,0
Micronutrientes	6,5
FeEDTA	6,5

Nos vasos cujas plantas iam receber tratamento com omissão de um determinado nutriente colocou-se apenas 1/4 da concentração total do referido nutriente. O início do tratamento ocorreu 8 dias após o cultivo das plantas nas soluções acima, quando procedeu-se a omissão total dos elementos testados.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 7 tratamentos e 2 repetições. Os tratamentos utilizados no experimento estão relacionados a seguir:

1. Solução nutritiva completa (Completo)
2. Omissão de Nitrogênio (-N)
3. Omissão de Fósforo (-P)
4. Omissão de Potássio (-K)
5. Omissão de Cálcio (-Ca)
6. Omissão de Magnésio (-Mg)
7. Omissão de Enxofre (-S)

Todas as soluções utilizadas basearam-se na de HOAGLAND & ARNON (1950) com modificações sugeridas por SARRUGE (1970). No QUADRO 01 encontram-se as composições químicas das soluções nutritivas correspondentes a cada tratamento.

A solução de FeEDTA foi preparada de acordo com o método de JACOBSON (1951) modificado por SARRUGE (1975), que consistiu em dissolver 26,1 gramas de ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) em 284,4 ml de hidróxido de sódio (NaOH) e em seguida misturado com 17,8 gramas de cloreto ferroso ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) e 4,0 ml de ácido clorídico (HCl) 1N, arejado vigorosamente por 12 horas e completado o volume com água destilada a 1 litro.

As soluções nutritivas correspondentes a cada tratamento foram substituídas a intervalos regulares de 4 dias, visando o não surgimento de deficiências devido ao esgotamento do meio.

QUADRO 01 - Composição química das soluções nutritivas (ml/l), em função dos tratamentos.

Soluções Estoques	TRATAMENTOS						
	Com- pleto	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S
KH_2PO_4 M	1	1	-	-	1	1	1
KNO_3 M	5	-	5	-	5	3	3
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ M	5	-	5	5	-	4	4
MgSO_4 M	2	2	2	2	2	-	-
KCl M	-	5	1	-	-	2	2
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
Micronutrientes (*)	1	1	1	1	1	1	1
FeEDTA	1	1	1	1	1	1	1

(*) A solução de micronutrientes foi preparada utilizando-se os seguintes sais:

H_3BO_3 - 2,86g; $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - 1,81g; ZnCl_2 - 0,10g;
 CuCl_2 - 0,04g; $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - 0,02g por litro de solução estoque.

Cerca de oito dias após o início, começaram a aparecer os primeiros sintomas de deficiência, os quais foram observados, fotografados e descritos com respeito a caracterização de cores e aspectos gerais da planta.

Procedeu-se a coleta das plantas quando do início da floração do tratamento Completo, o que ocorreu aos 43 dias após a semeadura. As plantas coletadas foram divididas em parte aérea e raiz, em seguida pesadas e postas a secar em estufa com circulação de ar forçada a 70°C, até atingir peso constante. O material seco, foi novamente pesado em seguida moído em micro-moinho para passar na peneira de 40 malhas. O material moído correspondente a parte aérea foi acondicionado em recipientes de vidro para posterior análise.

O nitrogênio total da parte aérea foi dosado segundo método de Kjeldahl, descrito por CHAPMAN & PRATT (1961).

As determinações do fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram feitas em alíquotas de um extrato, obtido pela digestão de 1,0g da amostra com ácido nítrico e perclórico. A dosagem do fósforo foi realizado pelo método do vanadato-molibdato; o potássio por fotometria de chama; o cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica, descritos por LOTT et al. (1956) e CHAPMAN & PRATT (1961).

O enxofre foi dosado segundo procedimento turbidimétrico descrito por HUNTER (1975).

Para fins de cálculos estatísticos a matéria seca produzida foi dividida em raízes e parte aérea, tendo sido efetuada análise de variância e comparação das médias pelo teste de Tukey segundo técnica descrita por PIMENTEL GOMES (1971).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

SINTOMATOLOGIA DAS DEFICIÊNCIAS

Nitrogênio

As plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de nitrogênio, apresentaram os primeiros sintomas de deficiência oito dias após o início dos tratamentos. Observou-se inicialmente redução no tamanho das folhas e do diametro do caule dando um aspecto de plantas estioladas. Não houve diferenciação das gemas laterais para a produção de ramos, ficando as plantas unicamente constituídas da haste principal e suas folhas. As folhas mais velhas mostraram-se a princípio cloróticas, exibindo posteriormente uma coloração verde pálido. As folhas mais novas não se desenvolveram permanecendo pequenas e de coloração verde claro. Com o progredir da carência, a clorose tornou-se generalizada, atingindo as folhas mais novas. As folhas mais velhas amarelaram completamente e se desprenderam precocemente do caule. As plantas de modo geral apresentaram-se raquíticas, devido a redução no desenvolvimento, com pequeno número de folhas e atingiram o final do experimento sem emitirem flores (FIG. 4).

De uma maneira geral os sintomas manifestados pelas plantas concordam com os descritos por SPRAGUE (1964) para leguminosas, THOMSON & WEIER (1962), COBRA NETO (1967), WILCOX & FAGERIA (1967) e CIAT (1978) para feijoeiro comum e por PONTE & SAMPAIO (1978) para feijão-de-corda.

Fósforo

As plantas submetidas ao tratamento com omissão de fósforo, apresentaram-se raquíticas, com o crescimento reduzindo-se ao mínimo, quase paralisado. As folhas mais novas ou superiores exibiram coloração verde-escuro e brilhante, sendo que as folhas mais velhas ou inferiores apresentaram uma tonalidade mais clara. Nos folíolos das folhas inferiores, com a continuada carência deste nutriente, começaram a surgir pequenas pontuações marrons que se foram alastrando por todo o limbo. Na fase aguda de deficiência, estas folhas adquiriram uma coloração castanha, seguida de necrose, ocasionando desprendimento fácil das folhas. Não ocorreu desenvolvimento de gemas laterais e as poucas folhas que surgiram eram de tamanho reduzido, em nítido contraste com as correspondentes as plantas saudias. Observou-se também que as plantas não emitiram qualquer flor na fase final do experimento (FIG. 5).

O quadro sintomatológico observado concorda com o descrito por WALLACE (1961), THOMSON & WEIER (1962), COBRANETO (1967), WILCOX & FAGERIA (1976) e CIAT (1978) para feijão comum e por PONTE & SAMPAIO (1978) para feijão-de-corda.

Potássio

As plantas que passaram a vegetar em solução nutritiva com ausência de potássio apresentaram pequeno desenvolvimento até vinte dias após a supressão deste nutriente, quando então os sintomas começaram a aparecer com certa nitidez. Os folíolos das folhas inferiores, tornaram-se inicialmente cloróticos nas margens e ápices, enquanto que o centro e a base permaneceram verdes. Com o progredir da carência, na faixa clorótica, principalmente na porção inter

nerval, surgiram pequenas pontuações de cor marrom escuro ou de ferrugem, bem próximas umas das outras, que depois se associavam, seguindo-se a morte ou necrose da área afetada. Gradualmente verificou-se a queda do tecido morto, fazendo com que a folha tomasse uma forma irregular e caindo precocemente. Estes sintomas atingiram progressivamente as folhas intermediárias e superiores, sendo que estas últimas apresentaram-se de tamanho bastante reduzido e com margens parcialmente enrugadas (FIG. 6).

Em grande parte, estes sintomas se assemelharam aos descritos por LAWTON & COOK (1954) para trevo e alfalfa, WALLACE (1961) para ervilha, SPRAGUE (1964) e MALAVOLTA *et al.* (1976) para soja, COBRA NETO (1967) e WILCOX & FAGERIA (1978) para feijoeiro comum, porém não concordam com os descritos por PONTE & SAMPAIO (1978) quanto ao pouco evidenciamento dos sintomas em feijão-de-corda.

Cálcio

A paralisação completa do desenvolvimento das plantas foram os primeiros sintomas observados oito dias após a omissão deste nutriente da solução nutritiva. As gemas terminais interromperam o seu crescimento, secando progressivamente, não ocorrendo emissão de novas folhas. As folhas mais novas inclinaram-se subitamente para baixo formando pequenos ângulos com o caule. As folhas murcharam completamente com o progredir da carência e apresentaram as margens enroladas no sentido dorsal (FIG. 7). Uma clorose generalizada atingiu toda a lâmina foliar, ocorrendo em seguida a morte e queda das folhas. Estes sintomas foram observados repentinamente nas demais folhas, não ocorrendo diferença acentuada em termos de tempo. As raízes, após a supressão

do cálcio, também tiveram o seu desenvolvimento paralisado e como característica principal apresentaram-se gelatinosas e em seguida tornaram-se escuras (FIG. 8).

Estes sintomas estão de acordo com os descritos por FRANCO & MENDES (1949) para cafeeiro, JACKSON & EVANS (1962) e SPRAGUE (1964) para soja, MALAVOLTA (1975), EPSTEIN (1975) e MASCARENHAS (1977) para plantas em geral, porém discordam com os relatados por COBRA NETO (1967) para feijoeiro comum no que se refere ao aparecimento de nova brotação e por PONTE & SAMPAIO (1978) para feijão-de-corda quanto ao evidenciamento dos sintomas no final do tratamento.

Magnésio

As plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de magnésio, tiveram inicialmente desenvolvimento normal, sendo que os primeiros sintomas surgiram vinte e um dias após o início do tratamento. O sintoma típico foi uma leve clorose internerval das folhas mais velhas. Com o progredir da carência a clorose tornou-se bastante acentuada e começaram a surgir pontuações castanho escuras distribuídas irregularmente nas áreas entre as nervuras. Posteriormente, estas pontuações tornaram-se necróticas, seguindo-se o desprendimento das folhas. Estes mesmos sintomas foram observados nas folhas intermediárias e superiores (FIG. 9).

A sintomatologia descrita concorda com a observada por WALLACE (1961) e COBRA NETO (1967) para feijão comum, por SPRAGUE (1964) e MALAVOLTA et al. (1976) em soja, EMBLETOM (1966) e PONTE & SAMPAIO (1978) para feijão-de-corda e por TISDALE (1971), EPSTEIN (1975) e MALAVOLTA et al. (1975) para plantas em geral.

Enxofre

O desenvolvimento das plantas deficientes em enxofre não foi afetado no início do tratamento. Os sintomas foliares de carência foram observados vinte e dois dias após a omissão deste elemento, quando as folhas mais novas evidenciaram uma clorose generalizada que atingiu posteriormente as demais (FIG. 10). Os folíolos eram delicados e finos, quase transparentes quando confrontados com os de plantas sadias. Com o progredir da carência pequenas manchas necróticas apareceram na lâmina foliar antes que ocorresse a queda das folhas. As plantas de um modo geral emitiram poucos ramos laterais e que caracterizaram-se pelo grande distanciamento dos entrenós.

Os sintomas observados nas folhas das plantas deficientes em enxofre assemelham-se bastante aos de falta de nitrogênio, porém existem diferenças bem acentuadas, pois quando o nitrogênio é limitante, além das folhas mais velhas serem afetadas primeiramente, as mesmas apresentam tamanho reduzido quando comparadas com as deficientes em enxofre.

Os sintomas encontrados concordaram com os descritos por BONNER & GALSTON (1959) para as plantas em geral, por SPRAGUE (1964) e MASCARENHAS (1977) para leguminosas, por COBRA NETO (1967) para feijoeiro comum e por MALAVOLTA *et al.* (1976) para soja, porém mostra discordância com os relatados por SANTOS *et al.* (1972) para ervilha e PONTE & SAMPAIO (1978) para feijão-de-corda no que se refere a semelhança de desenvolvimento com as cultivadas em solução completa.

CRESCIMENTO DAS PLANTAS

O efeito dos tratamentos sobre o crescimento das plantas foi medido pelo peso do material seco no final do experimento, cujos valores são apresentados no QUADRO 02, e para discussão, separou-se as raízes da parte aérea.

Raiz

Os valores de produção de matéria seca das raízes e os resultados da análise estatística dos mesmos encontram-se no QUADRO 02.

Os tratamentos correspondentes as soluções Completa e -S apresentaram um sistema radicular com maior peso seco do que os demais. Por sua vez, o tratamento -Ca apresentou maior redução no crescimento das raízes.

A análise da variância revelou uma diferença altamente significativa entre os tratamentos. A comparação das médias pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade mostrou que com exceção do tratamento -S, o tratamento Completo diferiu dos demais e que os tratamentos -S, -K e -Mg não diferiram entre si. Por outro lado, os tratamentos -N, -P e -Ca foram os que mais influenciaram na redução do peso seco das raízes.

A semelhança na produção de matéria seca das raízes das plantas dos tratamentos Completo e -S foi também observada por COBRA NETO (1967) em feijoeiro comum. Segundo este autor possivelmente isto se tenha verificado devido às plantas terem sido cultivadas, no início, em solução contendo enxofre e terem armazenado quantidades suficientes deste

QUADRO 02 - Análise de variância e médias da produção de matéria seca nas raízes e parte aérea das plantas de feijão-de-corda 35 dias após serem submetidas à diferentes soluções nutritivas - Média de duas repetições.

Tratamentos	Peso da matéria seca (g/planta)		
	Raiz	Parte Aérea	Total
Completo	3,33 a	28,05 a	31,38
-N	0,73 c	1,08 c	1,81
-P	0,64 c	1,05 c	1,69
-K	1,35 bc	12,25 bc	13,60
-Ca	0,39 c	1,22 c	1,61
-Mg	1,30 bc	16,95 ab	18,25
-S	2,08 ab	18,30 ab	20,38
F	33,83 **	50,10 **	
C.V. (%)	17,50	18,78	
D.M.S. (1%)	1,33	11,49	

Letras não comuns entre as médias expressam diferenças significativas ao nível de 1%, pelo teste de Tukey.

nutriente para garantirem um desenvolvimento adequado. Resultados semelhantes foram obtidos por SANTOS et al. (1972) em ervilha e MALAVOLTA et al. (1976) em soja.

Parte Aérea

Os valores de matéria seca referente à parte aérea, e os resultados da análise estatística dos mesmos aparecem no QUADRO 02.

A análise da variância dos resultados obtidos revelou alta significancia estatística entre os tratamentos ao nível de 1% de probabilidade. A comparação das médias pelo teste de Tukey mostrou que o tratamento Completo não diferiu do -S e -Mg, tendo no entanto apresentado diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade dos demais tratamentos, os quais são iguais entre si. Igualmente ao que ocorreu com as raízes, os tratamentos -Ca, -N e -P foram os que mais afetaram o desenvolvimento da parte aérea das plantas.

HAAG (1965) citado por COBRA NETO (1967), verificou também que a cana-de-açúcar cultivada em solução nutritiva com omissão de magnésio ou enxofre não teve o seu crescimento paralisado devido ao suprimento inicial de todos os nutrientes. O mesmo COBRA NETO (1967), trabalhando com feijoeiro comum não observou diferença entre os tratamentos Completo, -S e -Mg, e que os tratamentos -N, -P e -Ca foram os que mais reduziram a produção de matéria seca de folhas. SANTOS et al. (1972) em ervilha, MALAVOLTA et al. (1975 e 1976) em milho e soja, constataram também que plantas cultivadas com omissão de enxofre apresentaram peso de matéria seca idêntico às sadias.

Distribuição de matéria seca na planta

No QUADRO 03 são apresentados os dados percentuais de matéria seca das raízes e da parte aérea, calculados em função do total de matéria seca produzida pelas plantas nos diferentes tratamentos.

Examinando-se os resultados, observou-se que a distribuição da matéria seca nas partes da planta é bastante semelhante entre os tratamentos Completo e o com omissão de enxofre. Constatou-se, também, que a ausência de nitrogênio ou de fósforo proporcionou um acréscimo na produção de matéria seca de raízes, enquanto a de magnésio induziu um aumento de matéria seca na parte aérea. Resultados idênticos foram observados por COBRA NETO (1967) em feijoeiro comum e SANTOS et al. (1972) em ervilha.

QUADRO 03 - Percentagem média de matéria seca nas partes da planta em função do peso da matéria seca total.

Partes da Planta	Tratamentos						
	Com pleto	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S
Raiz	10,61	40,33	37,87	9,93	24,22	7,12	10,21
Parte Aérea	89,39	59,67	62,13	90,07	75,78	92,88	89,79

TEORES DOS NUTRIENTES

Através das análises químicas do material seco das diversas amostras foi possível estabelecer os teores médios (%) de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea das plantas em função dos tratamentos, que são mostrados no QUADRO 04.

Nitrogênio

A concentração de nitrogênio nos tecidos da parte aérea das plantas foi menor no tratamento em que ele foi omitido da solução. Nos tratamentos deficientes em fósforo, potássio e cálcio foram registrados pequenos aumentos na concentração de nitrogênio quando comparados com o tratamento completo (FIG. 1).

Resultados semelhantes foram observados por EATON (1949) citado por THOMAZ et al. (1975), COBRA NETO (1967), SANCHES & MASSO (1974) e MALAVOLTA et al. (1975) em plantas de soja, feijoeiro comum e milho, respectivamente, quando cultivadas em meio deficiente em fósforo. EATON (1949) citado por THOMAZ et al. (1975), sugeriu que a deficiência de fósforo poderia ter ocasionado proteólise nas folhas inferiores, com interrupção da síntese de proteínas, dando como consequência o acúmulo de nitrogênio total, solúvel e amidas. No que concerne a elevação do teor de nitrogênio em plantas deficientes em potássio os resultados obtidos estão concordantes com os relatados por CIPES & SAMUEL (1955) e HAAG (1958) citados por THOMAZ et al. (1975) bem como por COBRA NETO (1967) em ensaios realizados com caféiro e feijoeiro comum, respectivamente. Já o acúmulo de nitrogênio em plantas deficientes em cálcio também foi observado por COBRA NETO (1967) em feijoeiro comum.

QUADRO 04 - Concentração de macronutrientes nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda submetidas à diferentes soluções nutritivas.

Tratamentos	Teores dos nutrientes (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Completo	3,56	1,08	3,12	1,35	0,42	0,40
-N	1,41	2,05	5,07	0,54	0,48	0,91
-P	3,84	0,14	4,29	1,04	0,56	0,40
-K	3,82	1,72	0,72	1,22	0,75	0,46
-Ca	3,88	1,18	4,97	0,44	0,48	0,85
-Mg	3,29	1,18	3,12	0,62	0,07	0,49
-S	3,46	0,80	3,22	1,56	0,29	0,13

Fósforo

A deficiência de fósforo na solução nutritiva diminui acentuadamente a concentração deste elemento nos tecidos da parte aérea das plantas, enquanto que nos tratamentos -N e -K ocorreu elevação no teor de fósforo quando confrontados com o valor obtido no Completo (FIG. 2). Resultados idênticos foram obtidos por COBRA NETO (1967) e MARTIN et al. (1976) em feijoeiro comum e MALAVOLTA et al. (1976) em soja, com respeito ao aumento na concentração de fósforo em plantas cultivadas sob omissão de nitrogênio. Segundo JENNING (1963) citado por COBRA NETO (1967), este aumento resultou da não incorporação de fosfatos nos compostos orgânicos.

O alto teor de fósforo verificado nas plantas onde se induziu a deficiência de potássio foi também constatado em experimento realizado por MALAVOLTA et al. (1975) com milho.

Potássio

O menor teor de potássio nos tecidos da parte aérea das plantas foi encontrado no tratamento em que este elemento foi omitido da solução, enquanto que os maiores teores foram determinados nas plantas dos tratamentos deficientes em nitrogênio, fósforo e cálcio (FIG. 1). Estes resultados são concordantes com os obtidos por SANCHO & MASSO (1974), MALAVOLTA et al. (1975) e MARTIN et al. (1976) em plantas de milho e feijão comum, quando cultivadas em meio deficiente em nitrogênio. Com respeito ao aumento na concentração de potássio no tratamento -P, os resultados são semelhantes aos encontrados por CIBES & SAMUEL (1957) citados por THOMAZ et al. (1975) em fumo e por COBRA NETO (1967) em feijoeiro comum.

Com relação ao aumento na concentração de potásio nas plantas submetidas a deficiência de cálcio, os valores mostraram-se concordantes com os obtidos por COBRA NETO (1967) em feijoeiro comum. Este mesmo autor citando HOAGLAND (1948) argumentou que a diminuição na absorção de um cation seria compensada pela absorção de outro de modo que o total de bases permaneceria constante.

Cálcio

A concentração de cálcio obtida nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda cultivadas na ausência de cálcio, nitrogênio ou magnésio da solução nutritiva foi bastante reduzida quando comparada com a do tratamento Completo (FIG. 2). Estes resultados concordam com os encontrados por COBRA NETO (1967) em feijoeiro comum e SANCHO & MASSO (1974) em milho, quanto ao decréscimo no teor de cálcio em plantas deficientes em nitrogênio. Segundo COBRA NETO (1967) a omissão de nitrogênio ocasionou um efeito depressivo na absorção de cálcio. Com respeito a redução na concentração de cálcio em plantas deficientes em magnésio os resultados obtidos estão semelhantes com os observados por COBRA NETO (1967) em feijoeiro comum e THOMAZ et al. (1975) em espinafre.

A maior concentração de cálcio foi verificada nas plantas submetidas ao tratamento com omissão de enxofre. Este acréscimo no teor de cálcio também foi observado por CIBES & SAMUELS (1957) citados por THOMAZ et al. (1975) em plantas de fumo.

Magnésio

Os teores de magnésio dosados nos tecidos da parte aérea das plantas, apresentaram menores percentuais quando omitiu-se o magnésio e o enxofre da solução nutritiva (FIG. 3). Resultados concordantes foram relatados por COBRA NETO

(1967) e MALAVOLTA et al. (1976) em feijoeiro comum e soja, respectivamente, no que concerne a diminuição nos teores de magnésio em plantas deficientes neste elemento. Os mesmos autores, entretanto, encontraram resultados que diferem com os do presente trabalho quanto a diminuição na concentração de magnésio devido a ausência de enxofre.

A deficiência de potássio proporcionou um aumento na concentração de magnésio nos tecidos da parte aérea das plantas deficientes em relação ao tratamento Completo. Resultados semelhantes foram obtidos por OMAR & KOBIA (1966) em alfalfa e MALAVOLTA et al. (1976) em soja. Trabalhando com espinafre, THOMAZ et al. (1975) concluíram que a alta concentração de magnésio encontrada nas plantas deficientes em potássio, pode ser uma evidencia do papel antagônico deste cation na absorção de magnésio.

Enxofre

Os tratamentos que mais afetaram a concentração de enxofre nos tecidos da parte aérea das plantas foram os deficientes em enxofre, nitrogênio e cálcio. No primeiro, observou-se uma diminuição, enquanto nos dois últimos verificou-se acréscimo quando contrastados com a concentração dosada no tratamento Completo (FIG. 3).

O aumento na concentração de enxofre onde se produziu a deficiência de nitrogênio, concorda com os resultados obtidos por COBRA NETO (1967) e MARTIM et al. (1976) em feijão comum, entretanto, discordam com os encontrados por CIBES & SAMUELS (1957) citados por THOMAZ et al. (1975) e MALAVOLTA et al. (1976) em fumo e soja respectivamente. Segundo THOMAZ et al. (1975) a estreita relação entre o metabolismo do enxofre e do nitrogênio nas plantas, baseia-se em grande parte, no fato de que os aminoácidos contendo enxofre são constituintes essenciais das proteínas da planta.

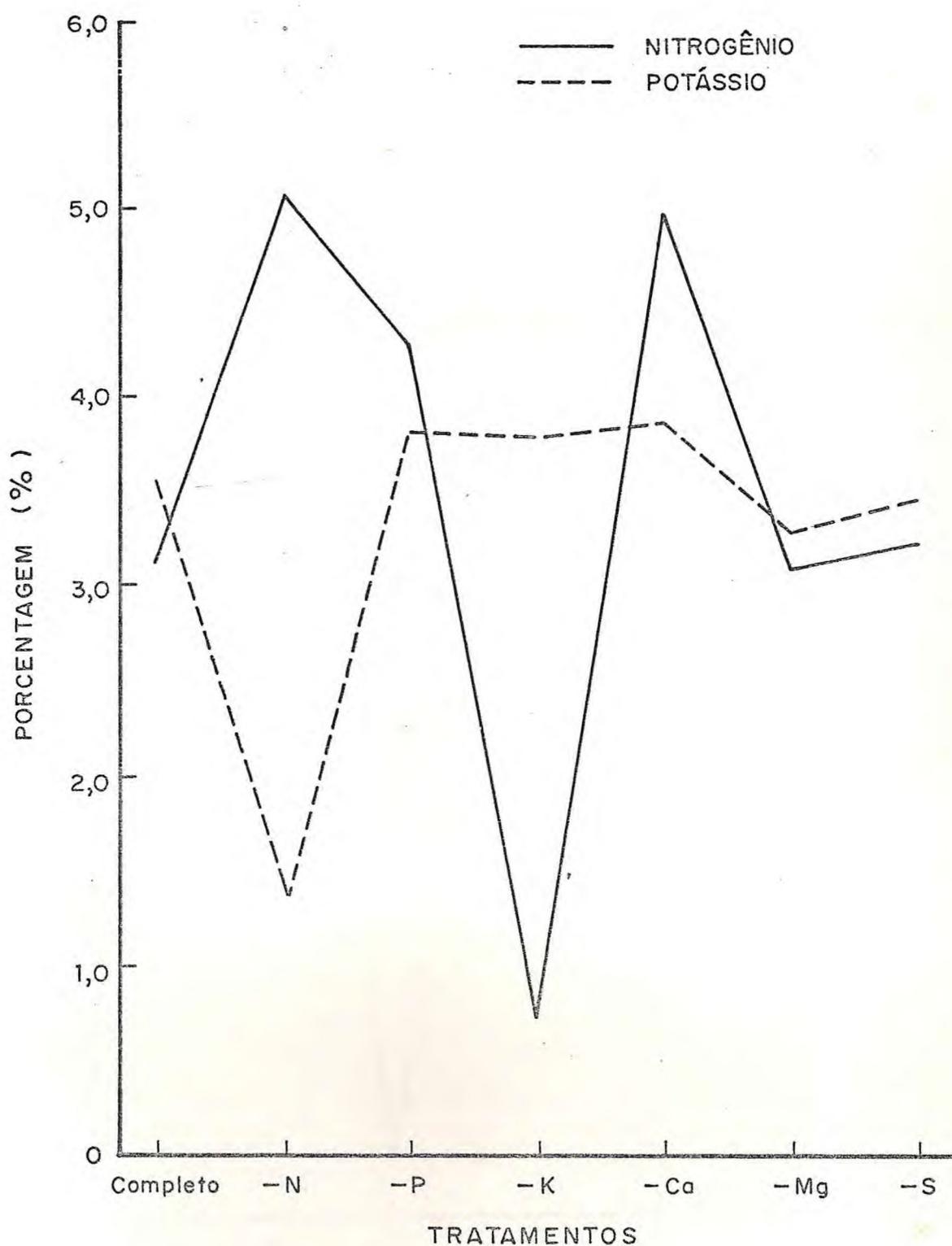


FIGURA 01 - Teores de Nitrogênio e Potássio dosados na matéria seca da parte aérea das plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos.

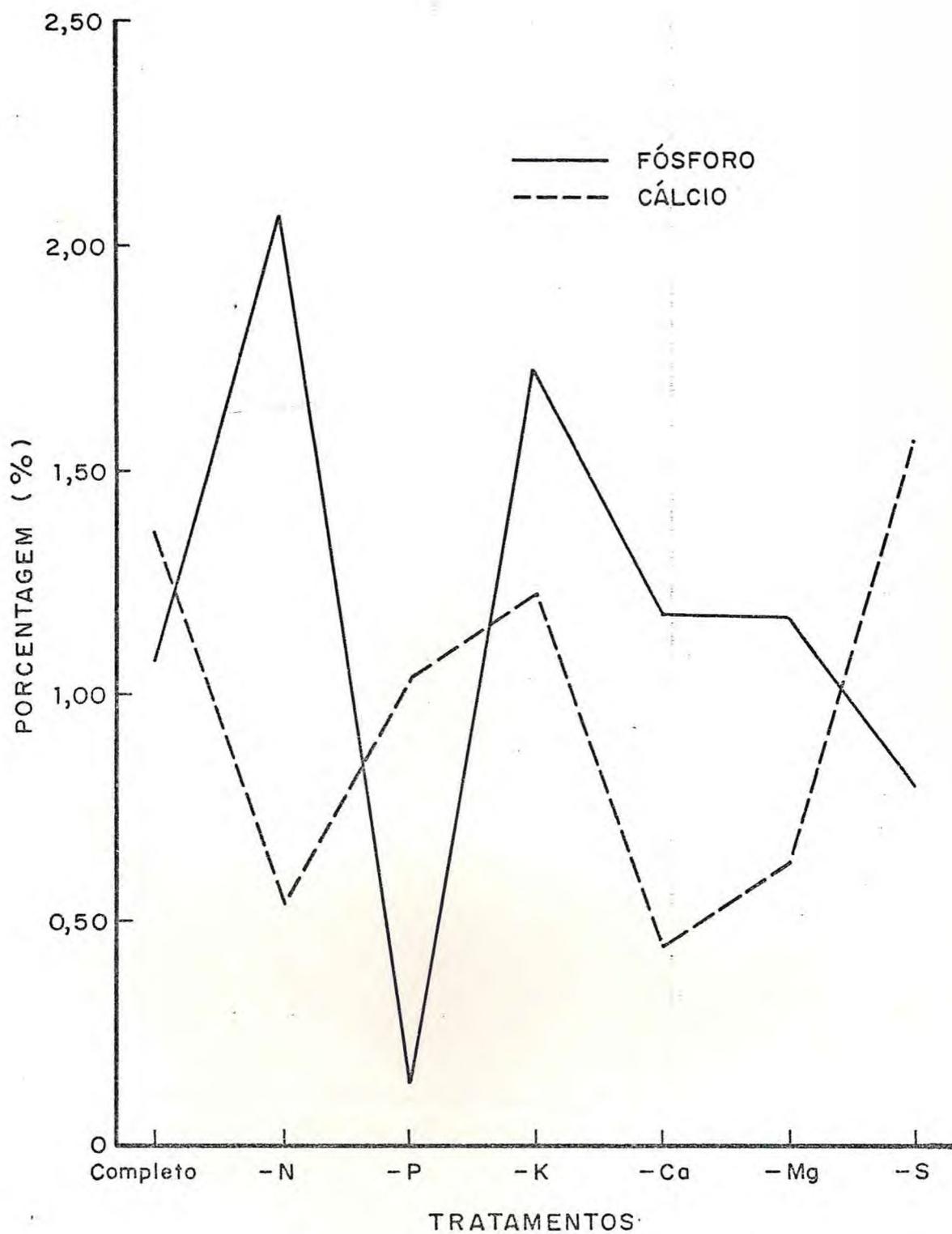


FIGURA 02 - Teores de Fósforo e Cálcio dosados na matéria seca da parte aérea das plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos.

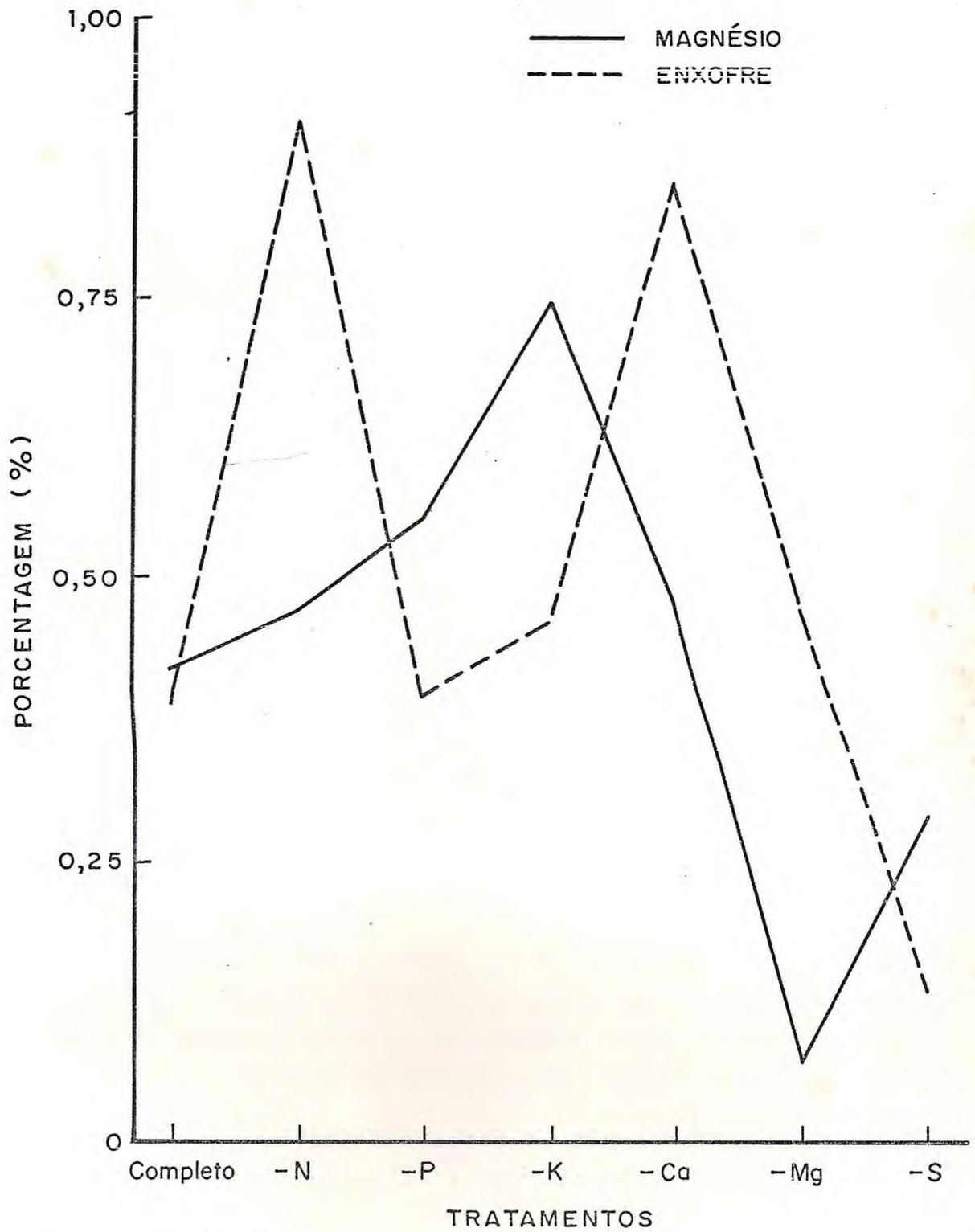


FIGURA 03 - Teores de Magnésio e Enxofre dosados na matéria seca da parte aérea das plantas de feijão-de-corda em função dos tratamentos.

RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivando a caracterização dos sintomas visuais de deficiência de N, P, K, Ca, Mg e S em feijão-de-corda, plantas oriundas de sementes germinadas em areia foram cultivadas em solução nutritiva segundo HOAGLAND & ARNON (1950) e modificada por SARRUGE (1970). Nos primeiros oito dias após o transplante, conforme o tratamento, a concentração do elemento testado foi de apenas 1/4 da normal, após o que procedeu-se a omissão completa.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com sete tratamentos e duas repetições.

Durante o período de crescimento das plantas, ou seja, do transplante até o início da floração, procedeu-se a descrição dos sintomas característicos de deficiência de cada elemento testado. Complementando as descrições, cada sintoma foi documentado por fotografias coloridas.

Os sintomas de deficiência de N, P e Ca foram observados 8 dias após a omissão destes elementos da solução nutritiva, enquanto as relativas ao K, S e Mg foram notadas após 20 dias. Em plantas deficientes, a porcentagem de um determinado elemento era superior ao do tratamento completo.

Logo após o início da floração, as plantas de cada tratamento foram colhidas e a parte aérea foi separada das raízes. O material colhido foi pesado (peso fresco), seco em estufa, novamente pesado (peso seco), moído e analisado.

Dos resultados obtidos, foram extraídas as seguintes conclusões, julgadas mais importantes:

1. Os sintomas de deficiência de N, P e Ca são os primeiros a serem observados;

2. Os sintomas de deficiência de K, Mg e S são mostrados mui tardiamente;
3. A "fome oculta" poderá se manifestar durante o ciclo da planta para os elementos K, Mg e S;
4. A análise química deve ser usada com cautela, visto que a deficiência de um elemento concorre para elevação no teor de outro;
5. A produção de matéria seca é mais afetada pela deficiência de N, P e Ca que pela de K, Mg e S;
6. A relação parte aérea raiz em plantas deficientes em K, Mg e S é superior a daquelas deficientes em N, P e Ca.

LITERATURA CITADA

- BINGHAM, F.T. Phosphorus. In: CHAPMAN, H.D. ed. Diagnostic Criteria for Plants and Soils. Berkeley, California, University of California, Div. of Agricultural Sciences, 1966. p. 324-361.
- BLACK, C.A. Soil-Plant Relationships. New York. John Wiley & sons, 1968. p. 405-773.
- BONNER, J. & GALSTON, A.W. Principios de Fisiologia Vegetal. Madrid. Ediciones Aguillar, 1959. p. 48-75.
- CHAPMAN, H.D. Calcium. In: CHAPMAN, H.D. ed. Diagnostic Criteria for Plants and Soils. Berkeley, California, University of California, Div. of Agricultural Sciences, 1966. p. 65-92.
- CHAPMAN, H.D. & PRATT, P.F. Methods of Analysis for Soils Plants and Waters. University of California, Division of Agricultural Sciences, 1961. p. 150-174.
- CIAT. Problemas de campo en los cultivos de frijol em America Latina, por H.F. Schwartz et al. Cali, Colombia, 1978. p. 104-128.
- COBRA NETO, A. Absorção e deficiências dos macronutrientes pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. roxinho). Piracicaba. E.S.A. "Luiz de Queiroz", 1967. Tese mimeografada. 67 p.
- EMBLETOM, T.W. Magnesium. In: CHAPMAN, H.D. ed. Diagnostic Criteria for Plants and Soils. Berkeley, California, University of California, Div. of Agricultural Sciences, 1966. p. 225-263.
- EPSTEIN, E. Nutrição Mineral das Plantas: princípios e perspectivas. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1975. 344 p.
- ETENE/BNB. Aspectos Econômicos da Cultura do Feijão no Nordeste. Fortaleza. Banco do Nordeste do Brasil, 1966. 77p.

- FERNANDES, P.D. & HAAG, H.P. Nutrição Mineral de Hortaliças. 21. Efeito da omissão dos macronutrientes no crescimento e na composição química do pimentão (*Capsicum annum*, L., var. Avelar). Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"; 29 : 223-236. 1972.
- FRANCO, C.M. & MENDES, H.C. Sintomas de deficiências minerais no cafeeiro. Bragantia; 9(9/12) : 165-174. 1949.
- HAAG, H.P. & HOMA, P. Nutrição Mineral de Hortaliças. 3. Deficiências de macronutrientes em beringela. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"; 25 : 149-159. 1968.
- . Nutrição Mineral de Hortaliças. 8. Deficiências de macronutrientes em cenoura. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"; 26 : 131-140. 1969.
- HEWITT, E.J. The role of mineral elements in plant nutrition. Ann. Rev. Plant. Physiol.; 2 : 25-52, 1951.
- HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The water-culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Exp. Sta., 1950 (Circular 347).
- HUNTER, A.H. Analisis de Azufre y Boro en Tejidos de Plantas. Raleigh, N.C., Agricultural Environmental Systems, Inc. 1975. 2 p. (datilografado).
- IBGE. Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 4(8) : 20. 1979.
- JACKSON, W.A. & EVANS, H.J. Effect of Ca supply on the development and composition of soybean seedlings. Soil Sci.; 94(3) : 180-186. 1962.
- KILMER, V.J., YOUNTS, S.E. & BRADY, N.C. The Role of Potassium in Agriculture. Wisconsin. Amer. Soc. of Agron., Crop Sci. & Soil Sci. Soc. of Amer., 1969. 511 p.
- LAWTON, K. & COOK, R.L. Potassium in plant nutrition. Adv. Agron.; 6 : 253-303. 1954.

- LOTT, W.L., NERY, J.P., GALLO, J.P. & MEDCALF, J.C. A técnica da análise foliar aplicada ao cafeeiro. São Paulo, IBEC Research Institute, 1956. 40 p. (Bol. Tec., 9).
- MC CANTS, C.B. & WOLTZ, W.G. Growth and mineral nutrition of tobacco. Adv. Agron.; 19 : 212-265. 1967.
- MALAVOLTA, E. Manual de Química Agrícola: adubos e adubação. São Paulo. 2. ed. Biblioteca Agronômica Ceres, 1967. 606p.
- MALAVOLTA, L. et al. Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas. São Paulo. Livraria Pioneira, 1974. p. 1-91.
- . Estudos sobre a nutrição mineral do milho. Deficiências de macronutrientes na variedade pirañão. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"; 32 : 509-526. 1975.
- . Deficiências de macronutrientes na soja (*Glycine max* L., Merrill, var. IAC-2). Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"; 33 : 471-478. 1976.
- MARTIN, M.I., TEIXEIRA, N.T. & COBRA NETO, A. Comportamento dos macronutrientes e do nitrogênio total e solúvel em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.). Revista Livroceres; 2 : 5-6. 1976.
- MASCARENHAS, H.A.A. Cálcio, Enxofre e Ferro no solo e na planta. São Paulo. Fundação Cargill, 1977. p. 1-50.
- MULLER, L. La aplicación del diagnóstico foliar en el café (*Coffea arabica* L.) para una mejor fertilización. Turrialba; 9(4) : 110-122. 1959.
- NELSON, L.B. The Mineral Nutrition of Corn as Related to its Growth and Culture. Adv. Agron.; 8 : 321-375. 1956.
- OMAR, M.A. & KOBBI, T. Some observations on the interrelationships of potassium and magnesium. Soil Sci.; 101 (6): 437-440. 1966.
- PAIVA, J.B. & ALBUQUERQUE, J.J.L. Ensaio de Adubação Mineral NPK em Feijão-de-Corda, *Vigna sinensis* L., no Ceará. Pesq. Agrôn. Nord.; 2(2) : 53-56. 1970.

- PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 4. ed. Piracicaba, São Paulo. ES.A. "Luiz de Queiroz", 1970. p. 29-60.
- PISSAREK, H.P. The development of potassium deficiency symptoms in summer rape. Zeitschrift fur Pflanzenernahrung und Bodenkunde; 136(1) : 1-19. 1973.
- PONTE, N.T. & SAMPAIO, M.C.T. Efeito dos macronutrientes no desenvolvimento do feijão Caupí. Material de porte ereto. In: Ata da reunião de programação de pesquisa com feijão vigna (Região Norte e Nordeste). Fortaleza, 1978. p. 65-67
- SALISBURY, F.B. & ROSS, C. Plant Physiology. California. Wadsworth Publishing Company Inc., 1969. p. 191-208.
- SANCHEZ, C.M.P. & MASSO, C. Mineral contents of maize plants grown in nutrient solutions deficient in N, P and Mg. An. de Edafol. Agrôbiol; 33 (1/2) : 25-38. 1974.
- SANTOS, M.A.C., HAAG, H.P. & SARRUGE, J.R. Nutrição Mineral de Hortaliças. 18. Efeito da omissão dos macronutrientes e do boro, no desenvolvimento e na composição química da ervilha. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"; 29: 63-80, 1972.
- SARRUGE, J.R. Apontamentos de Nutrição Mineral das Plantas. Curso de Pós-Graduação de Solos e Nutrição de Plantas. E.S.A. "Luiz de Queiroz", 1970. 56p. (Mimeografado).
- . Soluções Nutritivas. Summa Phytopathologica; 1: 231-233, 1975.
- SPENCE, J.A. & AHMAD, N. Plant nutrient deficiencies and related tissue composition of the Sweet Potato. Agron. Jour.; 59: 59-62, 1967.
- SPRAGUE, H.B. Hunger Signs in Crops. 3. ed. New York. David Mackay Company, 1964. 463p.
- TÁVORA, F.J.A.F., ALVES, J.F. & NUNES, R.P. Adubação fosfata da em feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi, no Ceará. Ciênc. Agron.; 1(1): 23-26, 1971.

- THOMAZ, M.C., et al. Nutrição Mineral de Hortaliças. 25- Deficiência de macronutrientes e de boro em Espinafre (*Tetragonia expansa* Murr.). Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"; 32: 205-232, 1975.
- THOMSON, W.W. & WEIER, T.E. The fine structure of chloroplasts from mineral-deficient leaves of *Phaseolus vulgaris*. Amer. J. of Bot.; 49(10): 1047-1055, 1962.
- TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. Soil Fertility and Fertilizers. New York. Collier-Macmillan Company, 1971. p. 126-356.
- ULRICH, A. & CHKI, K. Potassium. In: CHAPMAN, H.D. ed. Diagnostic Criteria for Plants and Soils. Berkeley, California, University of California, Div. of Agricultural Sciences, 1966. p. 362-393.
- WALLACE, T. The Diagnosis of Mineral Deficiencies in Plants by Visual Symptoms. London. Her Majesty's Stationery Office, 1961. 125 p.
- WILCOX, G.E. & FAGERIA, N.K. Deficiências nutricionais do feijão, sua identificação e correção. Goiania. EMBRAPA/CNPAF, 1976. 22p. (Boletim Técnico, 1).

A P Ê N D I C E

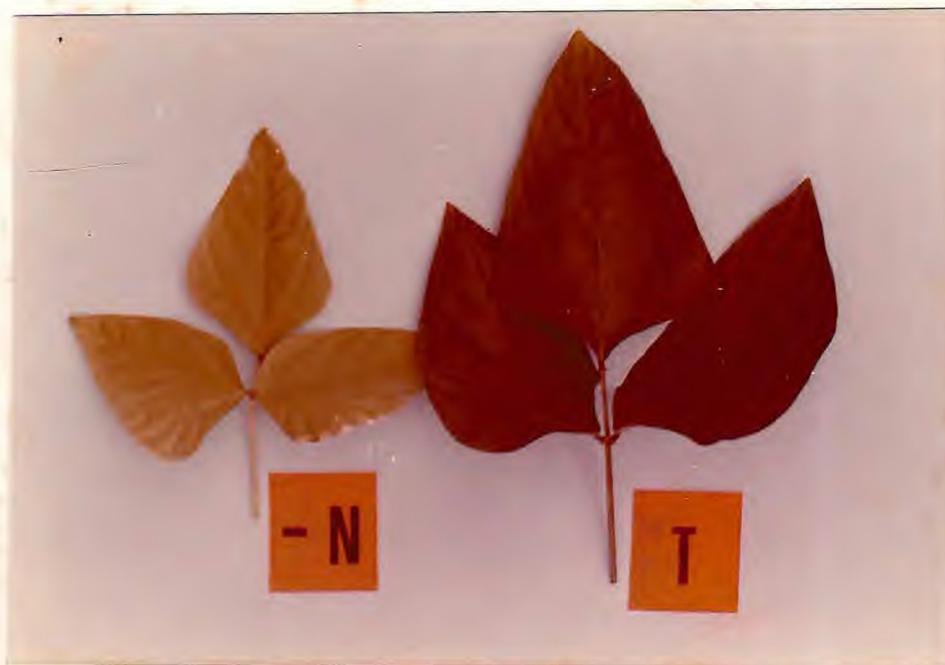


FIGURA 04 - DEFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO (-N) - A deficiência de nitrogênio em feijão-de-corda caracteriza-se pela clorose uniforme das folhas inferiores, contrastando com o verde intenso das folhas do tratamento Completo (T).



FIGURA 05 - DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO (-P) - A deficiência de fósforo em feijão-de-corda caracteriza-se pelo reduzido tamanho das folhas e o aparecimento de pequenas pontuações marrons por todo o limbo das folhas mais velhas. A esquerda folha do tratamento Completo (T).

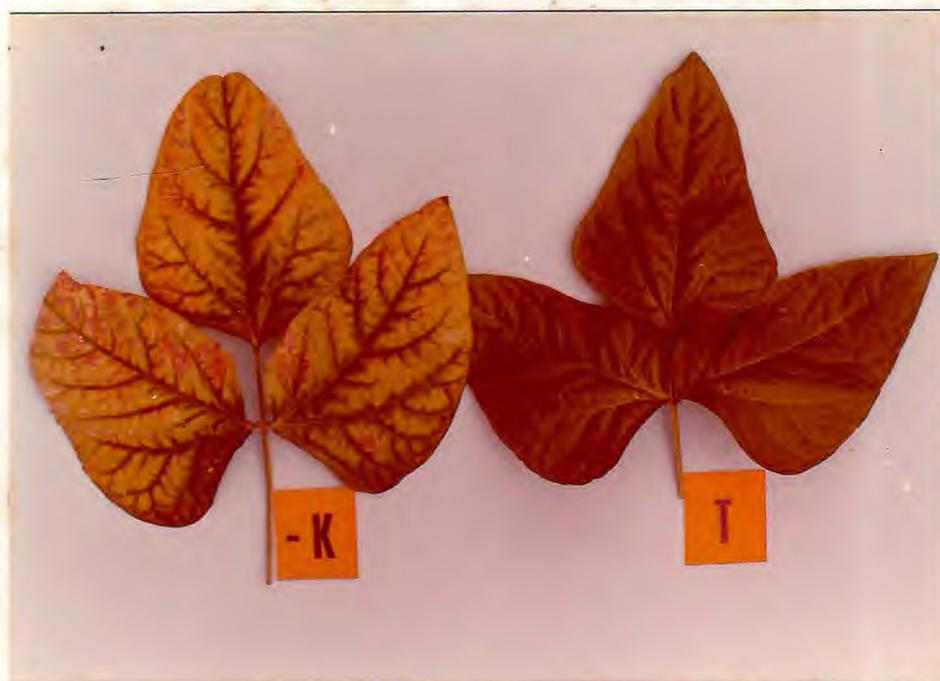


FIGURA 06 - DEFICIÊNCIA DE POTÁSSIO (-K) - No estágio mais agudo da deficiência de potássio em feijão-de-corda, surgiram pontuações ferruginosas e em seguida necrose marginal das folhas, em contraste com as do tratamento Completo (T).

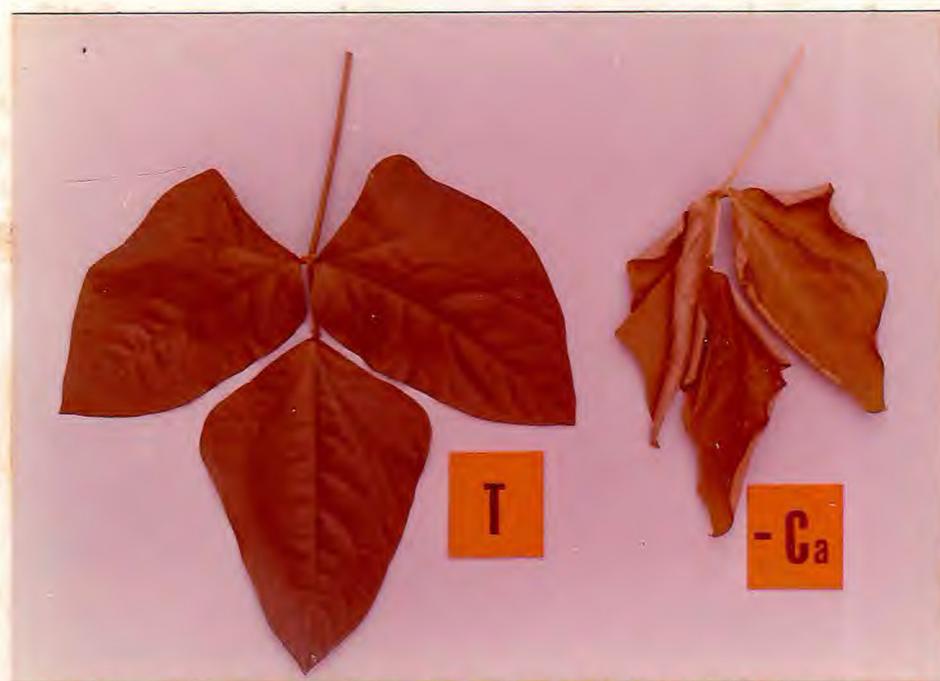


FIGURA 07 - DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO (-Ca) - A de-
ficiência de cálcio em feijão-de-
-corda, caracteriza-se pelo murcha-
mento e enrolamento no sentido dor-
sal das margens das folhas. A es-
querda, folha do tratamento Comple-
to (T).



FIGURA 08 - DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO (-Ca) - As raízes das plantas de feijão-de-corda tiveram o seu desenvolvimento paralisado e apresentaram-se gelatinosas e escuras, contrastando com as do tratamento Completo (T).

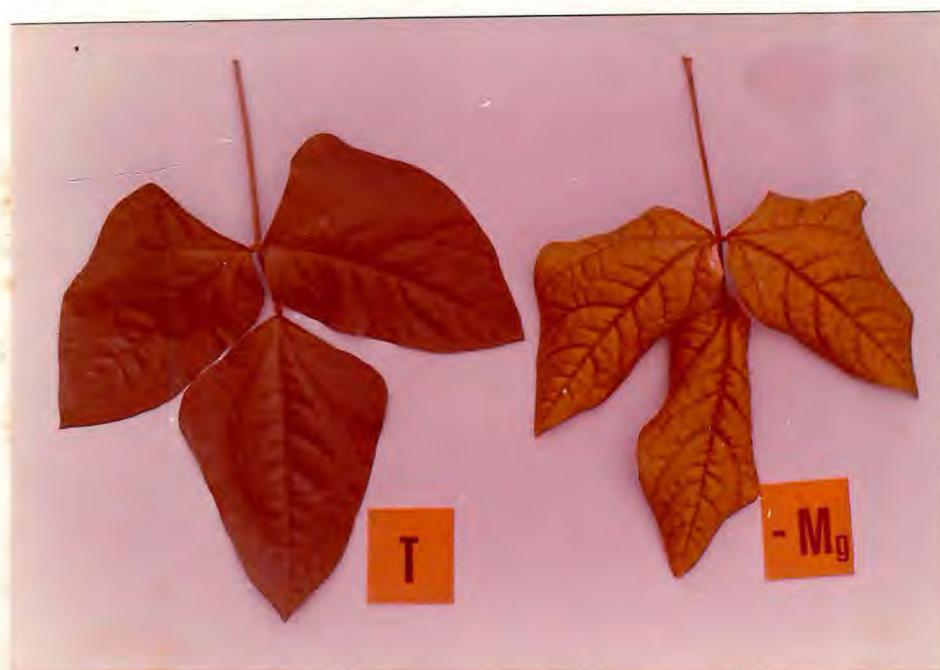


FIGURA 09 - DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO (-Mg) - A deficiência de magnésio em feijão-de-corda caracteriza-se pela clorose internerval enquanto as nervuras permanecem verdes, em contraste com o verde total das folhas do tratamento Completo (T).

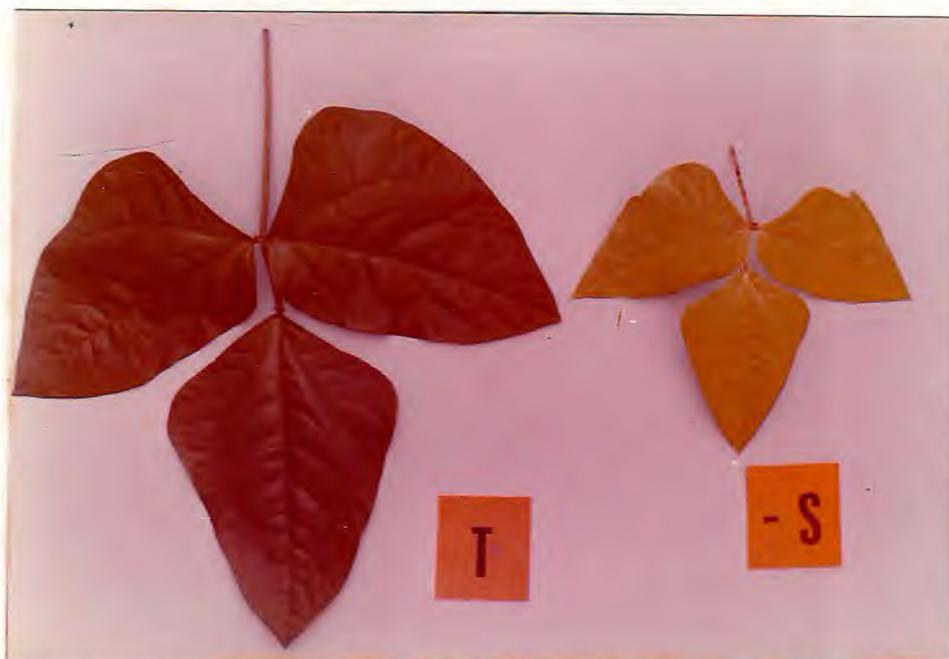


FIGURA 10 - DEFICIÊNCIA DE ENXOFRE (-S) - A carência de enxofre em feijão-de-corda caracteriza-se pela clorose total das folhas superiores, em nítido contraste com as que forem cultivadas em solução nutritiva Completa (T).