

DEFICIÊNCIAS DE MICRONUTRIENTES ESSENCIAIS E TOXÍDEZ DE  
ALUMÍNIO E MANGANÊS EM FEIJÃO-DE-CORDA,  
*Vigna sinensis* (L.) Savi.

POR

OSCAR LAMEIRA NOGUEIRA

---

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 a obtenção do grau de "Mestre em Fitotecnia".

Reprodução parcial permitida exclusivamente com referência da fonte e do autor.

---

OSCAR LAMEIRA NOGUEIRA

APROVADA em 20 de março de 1980.

---

Prof. JOSÉ BRAGA PAIVA  
Orientador

---

Prof. JOSÉ NELSON ESPÍNDOLA FROTA

---

Prof. LUIZ GONZAGA REBOUÇAS FERREIRA

---

Prof. FRANCISCO BERILO FAÇANHA MAMEDE

À minha esposa  
À minha filha  
À minha mãe  
Aos meus irmãos

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e a Universidade Federal do Ceará (UFC), pela oportunidade concedida para a realização do Curso de Pós-Graduação.

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

Ao Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Fitoecnia, Professor CLAIRTON MARTINS DO CARMO, pela confiança depositada.

Ao Professor JOSÉ BRAGA PAIVA, pela orientação, apoio e grande amizade durante todo o transcorrer do Curso.

Ao Professor LINDBERGUE ARAÚJO CRISÓSTOMO, pela valiosa ajuda prestada desde o planejamento até a redação do presente trabalho.

Aos Professores JOSÉ NELSON ESPÍNDOLA FROTA, LUÍZ GONZAGA REBOUÇAS FERREIRA e FRANCISCO BERILO FAÇANHA MAMEDE, pelas sugestões apresentadas na redação final deste estudo.

Ao Engenheiro Agrônomo FRANCISCO PAULO ARAÚJO CRISÓSTOMO e ao Senhor ANTÔNIO LUIZ DE OLIVEIRA, pelas colaborações nas atividades de laboratório.

Ao Biologista JÚLIO MELO FONTES, pelos trabalhos fotográficos apresentados nesta dissertação.

A todos os Professores e Colegas do Curso, pelos ensinamentos, solidariedade e companheirismo durante os dois anos de convivência.

C O N T E Ú D O

	<u>Página</u>
LISTA DE QUADROS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
1.- INTRODUÇÃO .....	1
2.- REVISÃO DE LITERATURA .....	3
Boro .....	4
Cobre .....	6
Ferro .....	8
Molibdênio .....	9
Zinco .....	11
Manganês .....	13
Alumínio .....	14
3.- MATERIAIS E MÉTODOS .....	16
4.- RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
4.1.- Sintomas Visuais Observados nas Plantas..	22
Deficiência de Boro .....	22
Deficiência de Ferro .....	23
Deficiência de Manganês .....	24
Deficiências de Cobre, Molibdênio e Zinco	25
Toxidez de Manganês .....	26
Toxidez de Alumínio .....	27
4.2.- Desenvolvimento das Plantas .....	28

4.3.- Composição Química das Plantas .....	33
Boro .....	35
Cobre .....	35
Ferro .....	36
Manganês .....	37
Molibdênio .....	38
Zinco .....	39
Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Manganês, Enxofre .....	39
5.- RESUMO E CONCLUSÕES .....	42
6.- LITERATURA CITADA .....	44
APÊNDICE .....	52

LISTA DE QUADROS

<u>QUADRO</u>		<u>Página</u>
01	Composição da Solução Nutritiva Completa e Concentração Final de Cada Elemento Forne- cido (SARRUGE, 1970) .....	18
02	Composição Química das Soluções Nutriti- vas Correspondentes a Cada Tratamento de Deficiência (ml/l) .....	19
03	Análise da Variância dos Dados do Experi- mento com Feijão-de-Corda Desenvolvidos em Solução Nutritiva, Relativos a Produ- ção de Matéria Seca da Parte Aérea, da Raiz e o Total das Plantas, e a Relação Parte Aérea/Raiz .....	29
04	Produção de Matéria Seca da Parte Aérea, Raiz, Total (Parte Aérea + Raiz), % de T e Relação Parte Aérea/Raiz das Plantas de Feijão-de-Corda Cultivadas na Ausência de Cada Micronutriente Essencial e Nível Tó- xico de Alumínio e Manganês .....	30
05	Concentrações dos Micro e Macronutrientes Determinadas nos Tecidos da Parte Aérea das Plantas de Feijão-de-Corda, Cultiva- das na Ausência dos Micronutrientes Essen- ciais e na Presença Excessiva de Alumínio e Manganês .....	34

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>		<u>Página</u>
01	Peso Seco da Parte Aérea, das Raízes e Total, Obtidos Pelas Plantas de Feijão-de-Corda nos Diferentes Tratamentos .....	31
02	SOLUÇÃO NUTRITIVA COMPLETA - Folha Mostrando Coloração Verde Saudável .....	53
03	DEFICIÊNCIA DE BORO - Folhas Retorcidas, Espessas, Duras, Opacas com Nervuras Bem Salientes .....	54
04	DEFICIÊNCIA DE BORO - Morte dos Pontos de Crescimento dos Ramos Principais .....	55
05	DEFICIÊNCIA DE BORO - A Esquerda, Raízes Normais. A Direita, Sistema Radicular Mostrando Atrofiamento das Raízes Secundárias e Fissuras Longitudinais no Colo ...	56
06	DEFICIÊNCIA DE FERRO - A Esquerda, Folha com Clorose Bastante Avançada. A Direita, Folha Mostrando Pontuações Necróticas ...	57
07	DEFICIÊNCIA DE FERRO - A Esquerda, Sistema Radicular Normal. A Direita, Sistema Radicular Bastante Reduzido pela Deficiência do Elemento .....	58
08	DEFICIÊNCIA DE MANGANÊS - Folha Mostrando Estágio Avançado da Deficiência, com o Surgimento de Pontuações Necróticas .....	59
09	TOXIDEZ DE MANGANÊS - Folha Totalmente Amarela, com a Predominância de Pontuações Escuras por Toda a Superfície do Limbo .....	60

## 1.- INTRODUÇÃO

O feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi, é uma leguminosa usada com frequência na alimentação humana, sendo o feijão mais cultivado nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, especialmente no Estado do Ceará (PAIVA et alii, 1979). É uma planta herbácea com folhagem saudável ou indicando deficiência nutricional, bastando, para tal, estar ou não suprida adequadamente de todos os macro e micronutrientes.

NELSON & BARBER (1964), MALAVOLTA (1967) e CUNNINGHAM (1972) conceituaram micronutrientes como sendo aqueles elementos essenciais requeridos pelas plantas em quantidades relativamente pequenas para sua nutrição, entre tanto, são considerados tão necessários quanto os macronutrientes.

Grande número de trabalhos de pesquisa conduzidos com o propósito de estudar os efeitos dos micronutrientes no sistema solo/planta, têm revelado ausência nas respostas à aplicação destes elementos. Algumas das razões, segundo BUCKMAN (1966) pelas quais as deficiências dos micronutrientes não aparecem com muita frequência são fáceis de entender tais como: o solo virgem ou recém desbravado possui quantidades apreciáveis deles, com a reserva se mantenendo durante muitos anos de cultivos em vista das proporções bastante pequenas exigidas pelas culturas e exportadas nas colheitas; muitos dos adubos comerciais usados possuem teores não desprezíveis de alguns desses elementos, e finalmente, alguns micronutrientes são fornecidos às plantas como fungicidas.

Faz-se necessário levar em consideração a possibilidade de ocorrer deficiência de qualquer dos micronutrientes, como resultado da exploração contínua do solo e também devido ao uso de doses elevadas de calcário e macronutrientes, que geralmente são imprescindíveis para a obtenção de produções satisfatórias nos solos de baixa fertilidade natural. Por estas razões, não são raros os casos em que a produção tem sido drasticamente reduzida pela falta de um ou de outro micronutriente. Por outro lado sabe-se que a maioria dos solos ácidos apresentam como fator limitante ao crescimento das plantas, a presença de níveis tóxicos de alumínio e manganês (MULDER & GERRETSEN, 1952 e KAMPATH, 1967). Os distúrbios na nutrição vegetal ocasionados por deficiência e/ou toxidez estão se tornando cada vez mais evidentes, afetando todos os tipos de plantas.

No cenário nacional e internacional as pesquisas relativas aos sintomas visuais de deficiência e/ou toxidez têm sido realizadas para um grande número de culturas, porém, pouca atenção tem sido dada ao feijão-de-corda.

Levando em conta o exposto, foi desenvolvido o presente estudo com o objetivo de se caracterizar os sintomas visuais causados pelas deficiências de boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco, e pela toxidez de alumínio e manganês na cultura do feijão-de-corda.

## 21- REVISÃO DE LITERATURA

O diagnóstico de qualquer distúrbio nutricional das plantas pode ser melhor acompanhado, usando a análise química dos tecidos e a observação visual.

Os níveis de concentração dos elementos estão divididos em zonas que se relacionam com respostas de crescimento específico na planta. A zona deficiente corresponde a concentração na planta, que resulta no desenvolvimento do sintoma da deficiência e/ou no aumento de rendimento esperado pela aplicação extra de nutriente com ou sem observação visual de sintomas. A zona adequada é o nível de concentração de nutriente, que resulta no crescimento ideal das plantas. A zona tóxica corresponde ao nível de concentração em que os nutrientes estão em excesso, e que interfere no processo metabólico, causando redução de crescimento e sintomas de toxicidade. Qualquer que seja a concentração dos elementos, o que ocorre com muita frequência na nutrição mineral das plantas é a interação entre os nutrientes, definida por OLSEN (1972) como sendo uma influência, uma ação mútua ou recíproca, de um elemento sobre outro em relação ao crescimento das plantas.

No que concerne a presença nas sementes, TIFFIN (1972) dividiu os micronutrientes em 3 classes: (a) aqueles que podem estar presentes em quantidades adequadas para o desenvolvimento e reprodução das plantas; (b) aqueles que, devido a grande reserva das sementes, podem adiar o início da deficiência; e (c) aqueles que geralmente não são adequados, exceto no estágio inicial das plântulas, apesar das quantidades relativamente grandes encontradas nas sementes. O molibdênio está na classe 1, cobre e zinco estão na classe 2, e boro, manganês e ferro estão na classe 3.

## Boro

O boro tem sido mais estudado do que qualquer outro micronutriente e, apesar da concordância universal de sua necessidade para os vegetais superiores, um papel bioquímico essencial para este elemento ainda não foi estabelecido. A mais persistente e popular hipótese é a de que o boro facilita o transporte de açúcares através das membranas, Gauch & Dugger citados por PRICE et alii (1972).

Os pontos de crescimento da parte aérea e da raiz das plantas cessam de alongar-se quando o boro é deficiente e, se a carência prosseguir tornam-se desorganizados, perdem a cor normal e morrem. Isto está aparentemente relacionado ao efeito do boro no metabolismo do ácido ribonucleico (RNA). ALBERT (1965), YIN & CLARK (1965) e JOHNSON & ALBERT (1967) verificaram que a alongação das extremidades das raízes do tomateiro deficiente em boro era paralizada antes que o seu teor de RNA decrescesse. A redução na alongação observada em raízes deficientes de boro, pode ser minimizada pelo suprimento de níveis ótimos de ácido indolacético (AIA). Por esta razão COKE & WHITTINGTON (1968) consideraram a hipótese de que o boro está também envolvido no metabolismo desta auxina.

No que diz respeito a concentração no meio onde crescem as plantas, EPSTEIN (1975) o considerou como singular entre todos os micronutrientes, dado ao fato de que fração de ppm pode satisfazer uma espécie, enquanto alguns ppm se fazem necessários para outras.

Com relação ao teor nos tecidos, JONES (1972) afirmou que a deficiência de boro ocorreu em muitas variedades de plantas quando o nível deste nutriente era menor do

que 15 ppm na matéria seca. Em geral o teor adequado de boro varia de 20 a 100 ppm e sintomas de toxidez são observados quando a planta excede 200 ppm. WILCOX & FAGERIA (1976) observaram que concentrações de boro inferiores a 20 ppm nos tecidos foliares eram insuficientes para o desenvolvimento do feijão comum, por outro lado relataram que concentrações entre 30 e 60 ppm eram adequadas, enquanto acima de 200 ppm eram consideradas tóxicas.

As plantas crescem normalmente quando existe um certo balanceamento entre o cálcio e o boro. JONES & SCARSETH (1944) encontraram que o balanceamento ideal entre cálcio e boro era de 500. Estes autores observaram também que o boro pode ser aplicado em grandes quantidades em solos alcalinos sem causar qualquer injúria ou efeito tóxico, o mesmo não acontecendo quando iguais quantidades são adicionadas em solos ácidos.

WILCOX & FAGERIA (1976) constataram que quando houve deficiência de boro em feijão comum o crescimento era seriamente retardado, com a extremidade das folhas tornando-se necróticas. As folhas desenvolveram cloroses internervais. O crescimento e o aspecto da raiz eram seriamente afetados, o ponto de crescimento tornou-se necrótico e podendo morrer quando a deficiência era severa. BERGER et alii (1957) descreveram que os primeiros sintomas foram o aparecimento de manchas pequenas, brancas e de formato irregular, dispersas entre as nervuras das folhas superiores.

Em alfafa, os sintomas se manifestaram em primeiro lugar nas partes novas, devido a relativa imobilidade do boro na planta. Os entrenós superiores eram encurtados, havendo também o aparecimento de rosetas. As folhas superiores

localizadas próximo do ponto de crescimento ficaram amarela das e algumas vezes tornam-se avermelhadas. Os sintomas foram mais severos nas folhas da extremidade dos ramos. Estes sintomas ocorreram normalmente antes do estágio de floração, inibindo-o totalmente (NELSON & BARBER, 1964).

### Cobre

Provavelmente a função mais frequentemente indicada para o cobre no metabolismo vegetal é o da formação de clorofila pois, vários pesquisadores observaram aumentos no conteúdo de clorofila depois da aplicação deste elemento. Neish citado por DEVLIN (1970) encontrou que os cloroplastos de trevo contem a maior parte do cobre da planta.

Na opinião de Nason & McElroy, também citados por DEVLIN (1970) existem poucas dúvidas quanto a necessidade do cobre para o metabolismo normal das plantas, o qual atua como componente das fenolases, da lacase e da oxidase do ácido ascórbico, e seu papel como parte integrante destas enzimas representa uma importante função nas plantas. Segundo PRICE *et alii* (1972) o fato de que o citocromo oxidase contem cobre, imediatamente estabelece um papel metabólico essencial para o elemento em apreço.

Observações de SCHWARTZ *et alii* (1978) assinalam que o feijão comum é relativamente insensível à deficiência de cobre, e que uma planta que se desenvolve em condições normais possui um teor nas folhas variando de 15 a 25 ppm. Por sua vez, JONES (1972) estabeleceu que os limites da concentração de cobre nos tecidos de uma planta normal são de 5 a 20 ppm. Quando a concentração de cobre é menor que 4 ppm, provavelmente uma deficiência pode ocorrer e se excede de

20 ppm pode ocasionar toxidez. Segundo WILCOX & FAGERIA (1976) os teores adequados de cobre em plantas de feijão comum encontram-se dentro dos limites de 10 a 20 ppm; teores menores que 5 ppm e maiores que 30 ppm são considerados deficientes e tóxicos, respectivamente.

Em geral, sintomas de deficiência de cobre aparecem em primeiro lugar nas partes mais jovens das plantas. Sintomas de deficiência semelhantes tem sido observados em algumas plantas e geralmente consistem na redução do tamanho, variação da cor normal para verde acinzentado, verde azulado ou verde oliva, morte das folhas e encurtamento dos entrenós (NELSON *et alii*, 1956). Para EPSTEIN (1975) os sintomas de deficiência de cobre variam com a espécie. As folhas podem ser cloróticas ou verde azuladas com as margens enroladas para cima, ramos novos podem morrer dando origem à emergência de outros a partir de gemas inferiores, o que confere a planta um aspecto de touceira. O florescimento e a frutificação são diminuídos; as plantas anuais podem não se desenvolver, morrendo no estágio de seedling.

Como no caso de algumas deficiências, a de cobre sob condições de campo não pode ser detectada pelos sintomas típicos. Em primeiro lugar existem diferentes graus de deficiência, como seja aqueles causando apenas um pequeno decréscimo na produção até os que impedem quase todo o crescimento. De acordo com as observações de SOMMER (1945), os sintomas de deficiência de cobre podem variar de espécie para espécie dentro da mesma família e até mesmo dentro da mesma espécie dependendo das condições ambientais.

## Ferro

As primeiras observações feitas no metabolismo das plantas davam conta de que o ferro é necessário à síntese e manutenção da clorofila. JACOBSON & OERTLI (1956) observaram uma estreita relação entre os teores de ferro e de clorofila para a grande maioria das plantas.

Resultados obtidos por Somer & Shive, citados por OLSEN (1972) indicam que o ferro e o manganês estão interrelacionados em suas funções metabólicas, onde a eficácia de um é determinada pela presença proporcional do outro.

A concentração de ferro nas plantas pode variar consideravelmente. SCHWARTZ et alii (1978) relataram que em plantas de feijão comum, qualquer concentração de ferro nas folhas entre 100 e 800 ppm é considerada normal. Por sua vez, WILCOX & FAGERIA (1976) são de opinião de que a faixa adequada pode ser de 100 a 450 ppm, e que teores acima de 500 ppm são considerados tóxicos, enquanto abaixo de 50 ppm são deficientes. JONES (1972) concorda com WILCOX & FAGERIA (1976) quanto a faixa deficiente entretanto, acha que os limites de suficiência parecem ser de 50 a 250 ppm. Sobre toxicidade o autor citado acredita que ainda não foram encontrados sintomas em plantas cultivadas em condições normais. Em soja, SMALL & OHLROGGE (1973) consideraram suficientes os teores de 51 a 350 ppm de ferro nas folhas.

Glenister citado por BROWN (1956) encontrou que as folhas mais velhas de girassol continham dez vezes mais ferro do que as folhas mais novas. Concluindo deste modo que o ferro não é translocado das partes mais velhas para as mais novas, e que um contínuo suprimento deste elemento é necessário para que as folhas mais novas apareçam sempre com uma coloração saudável, bem como uma taxa de respiração normal.

Para as plantas de um modo geral, uma clorose total das folhas novas é o sintoma mais revelador da deficiência de ferro. No princípio as nervuras podem permanecer verdes, mas na maioria das espécies elas também se tornam eventualmente cloróticas (EPSTEIN, 1975). NELSON & BARBER (1964) observaram que os sintomas iniciais de deficiência de ferro em soja caracterizam-se por um amarelecimento nas áreas entre as nervuras das folhas. Manchas necróticas castanhas podem também ocorrer nos bordos das folhas, sendo as mais novas as mais afetadas. Em feijão comum a carência de ferro desenvolve cloroses intervernais nas folhas jovens e terminais que, mais tarde desenvolvem manchas necróticas e seu ápice morre ou cessa de crescer. A planta definha e as folhas tem nervuras verdes com tecido internerval amarelo esbranquiçado (WILCOX & FAGERIA, 1976 e SCHWARTZ et alii, 1978).

#### Molibdênio

O molibdênio tornou-se bastante conhecido devido ser requerido para a assimilação normal do nitrogênio nas plantas. Tem sido evidenciado ser um constituinte essencial do sistema nitrato redutase e também devido sua importância fundamental na simbiose das leguminosas com as bactérias do gênero *Rhizobium*, para a fixação do nitrogênio molecular, possibilitando, desta forma, o aproveitamento do citado elemento.

MEAGHER et alii (1952) citam que o molibdênio é o único entre os elementos essenciais que pode ser armazenado pela semente em forma disponível, e que apenas 0,5 µg de molibdênio por semente de ervilha e feijão comum pode propiciar o crescimento normal das plantas. A reserva deste elemento nas sementes chega a exceder em até dez vezes a necessidade da planta.

HEWITT et alii (1954) e HEWITT (1956) relataram que sintomas de deficiência de molibdênio tornam-se evidentes em ervilha e feijão comum provenientes de sementes de plantas cultivadas por duas ou três gerações em meio deficiente em molibdênio. Apesar desta particularidade, Magee citado por STOUT & JOHNSON (1956) alerta que deficiência de molibdênio pode ocorrer com muita frequência.

JOHNSON (1966) estabeleceu que a concentração de molibdênio na matéria seca menor do que 0,1 ppm ocasiona deficiência nas plantas, enquanto que teores acima de 0,5 ppm são suficientes para o desenvolvimento das plantas. Níveis tóxicos de molibdênio para as plantas ainda não foram identificados. GURLEY & GIDDENS (1969) mostraram que 48 ppm de molibdênio em sementes de soja seriam suficientes para satisfazer o requerimento da cultura em solo deficiente deste elemento.

Na ocorrência de deficiência de molibdênio, EPSTEIN (1975) narra que houve uma clorose internerval, com as nervuras permanecendo verde-pálido de modo que a clorose confere à folha uma aparência reticulada, algo semelhante ao que acontece quando há deficiência de manganês. Em casos mais severos ocorre necrose em seguida, e toda a planta é mantida pequena. PETERSON & PURVIS (1961) observaram em seus trabalhos com soja que as plantas cultivadas na ausência de molibdênio apresentavam folhas torcidas com áreas necróticas evidentes entre as nervuras e ao longo dos bordos.

## Zinco

Os primeiros estudos com zinco mostraram que no táveis anormalidades citológicas ocorriam em plantas cultivadas na ausência deste elemento. Reed citado por HEWITT (1951) concluiu que a deficiência de zinco resultou na acumulação de fosfato inorgânico, e um papel na ativação de uma enzima éster fosfato, possivelmente hexoquinase, foi sugerido.

A interação existente entre o zinco e o fósforo tem sido alvo de vários estudos. AMBLER & BROWN (1969) utilizando variedades de feijão comum observaram que a concentração de fósforo nos tecidos das plantas cultivadas em solução nutritiva livre de zinco, era 6 vezes maior que a concentração encontrada nos tecidos das plantas cultivadas em uma solução nutritiva com suprimento adequado de zinco.

O metabolismo do ferro nas plantas também está está conectado de alguma maneira com o suprimento de zinco. ROSELL & ULRICH (1964) encontraram 917 ppm de ferro em folhas de beterraba açucareira com baixo teor de zinco. A adição de 0 a 12 ppm de zinco, baixou o nível de ferro nas folhas para 94 ppm. AMBLER & BROWN (1969) encontraram concentrações de ferro em folhas de feijão comum de 120 e 340 ppm quando as plantas foram cultivadas em solução nutritiva com 0,6 e 0 ppm de zinco respectivamente.

Entre os fenômenos associados ao zinco, tem-se observado que plantas deficientes deste elemento comportam-se como se estivessem deficientes em auxina. Skook citado por EPSTEIN (1975) comenta que a concentração de auxina no tecido deficiente em zinco caiu mesmo antes dos sintomas visíveis, e ao fornecer-se zinco o teor de auxina aumentou

depois do reinício do crescimento. Foi verificado que o zinco é exigido para a manutenção da auxina em estado ativo e não para sua síntese. SALAMI & KENEFICK (1970) afirmam ser o zinco essencial para síntese do triptofano, um precursor da auxina.

CHAPMAN (1966) encontrou que deficiência de zinco ocorre em muitas plantas quando a concentração nas folhas é menor que 20 ppm. Os limites de concentração normal de 25 a 150 ppm, com a toxidez acontecendo quando a concentração excede a 400 ppm. SCHWARTZ et alii (1978) também relatam a mesma concentração deficiente para o feijão comum, e que os níveis adequados estão ao redor de 40 a 50 ppm. WILCOX & FAGERIA (1976) consideraram que em feijão comum uma concentração menor que 15 ppm de zinco nos tecidos das plantas é deficiente; de 20 a 100 ppm é o limite adequado; maior que 200 ppm é tóxico.

Segundo TORNE (1957) a deficiência de zinco resulta em sintomas característicos nas plantas, associados com um retardamento de crescimento e falta de clorofila. As folhas apresentam-se menores do que o tamanho normal, com o desenvolvimento de um mosqueado amarelo entre as nervuras. Nos primeiros estágios a folha mostra pequenas áreas cloróticas isoladas entre as nervuras laterais as quais, geralmente juntam-se formando faixas contínuas que se estendem do meio para os bordos, dando origem a clorose por toda a margem da folha. VIETS et alii (1954) descreveram sintomas visuais de deficiência de zinco em 26 diferentes culturas e, de um modo geral as plantas apresentam crescimento reduzido e cloroses internervais e necroses nas folhas inferiores. Esta sintomatologia foi a mesma observada por WILCOX & FAGERIA (1976) em feijão comum cultivado na ausência de zinco.

## Manganês

É bastante evidente o fato de que o manganês é essencial para a respiração e para o metabolismo do nitrogênio. Segundo Bonner & Varner citados por EPSTEIN (1975) o distúrbio metabólico provocado pela deficiência de manganês é severo, pois o mesmo desempenha papel importante em muitas reações do ciclo de Krebs e, devido a posição central deste na respiração, a carência do elemento repercute em outras sequências metabólicas.

JONES (1972) e WILCOX & FAGERIA (1976) afirmam que deficiência de manganês normalmente ocorre quando a concentração nos tecidos das plantas, é menor do que 20 ppm na matéria seca. Qualquer concentração entre os limites de 20 e 500 ppm de manganês pode ser suficiente. Embora que sejam limitados os dados para determinar quando ocorre toxidez, níveis maiores do que 500 ppm provavelmente serão tóxicos para muitas plantas. JONES (1972) relata que plantas sensíveis à deficiência de manganês são igualmente sensíveis para toxidez, nesta categoria estão incluídas as leguminosas de grãos pequenos. Para SCHWARTZ *et alii* (1978) em plantas normais de feijão comum o conteúdo de manganês varia de 75 a 200 ppm e as folhas de plantas deficientes contem menos de 30 ppm. A cultura em questão é muito sensível a toxidez de manganês, elemento que é muito comum nos solos ácidos e mal drenados. Teor de manganês superior a 500 ppm nos tecidos, ocasiona nas folhas clorose internerval, redução do crescimento e enrugamento. OUELLETTE (1950) constatou que concentrações de manganês solúvel maiores do que 1,5 e 3 ppm na solução do solo, são respectivamente tóxicas para trevo e soja.

Os sintomas de deficiência de manganês variam de uma espécie para outra. As folhas geralmente mostram clorose internerval, as nervuras formando uma rede verde sobre fundo amarelo, semelhante aos sintomas iniciais de deficiência de ferro, podendo ocorrer manchas ou faixas necróticas. Nas sementes das leguminosas a necrose pode aparecer no embrião ou nas superfícies internas adjacentes aos cotilédones. As folhas de algumas espécies se deformam. Em casos severos as plantas ficam anãs, havendo também o surgimento de manchas castanhas a medida que a deficiência fica mais acentuada (BEAR, 1958; EPSTEIN, 1975; NELSON & BARBER, 1964; WALLACE, 1961; PERDOMO & HAMPTON, 1970 e SCHWARTZ et alii, 1978).

#### Alumínio

Dentre as causas responsáveis pelo crescimento deficiente das plantas em solos ácidos, tem-se atribuído à toxidez de alumínio como fator principal (VLAMIS, 1953). O crescimento do milho decaiu quando a concentração de alumínio na solução do solo foi maior que 1 ppm. O crescimento das raízes de sorgo foi severamente reduzido em solos ácidos, até que 80% do alumínio trocável foi neutralizado (RAGLAND & COLEMAN, 1959). Raízes de algodão morreram quando a concentração de alumínio na solução do solo foi de 1 ppm e tiveram um crescimento reduzido e aparência normal nas soluções a 0,5 ppm (RIOS & PEARSON, 1964).

ARMIGER et alii (1968) estudando o comportamento de variedades de soja em solo ácido, com alto teor de alumínio trocável, observaram diferenças significativas entre variedades quanto a tolerância ao alumínio. FOY et alii (1969) cultivaram variedades de soja tolerantes e variedades sensíveis à alumínio em solução nutritiva contendo doses deste

elemento variando de 0 até 12 ppm. Observaram que as variedades tolerantes apresentaram sempre maior peso seco da parte aérea que as variedades sensíveis. Entretanto, ao determinarem o teor de alumínio nas plantas, não constataram diferenças entre os níveis de alumínio testados nem entre variedades.

Embora muitos estudos tenham sido realizados neste sentido, uma das mais importantes conclusões tiradas foi que variedades de plantas diferem quanto a tolerância ao alumínio (FOY & BROWN, 1964).

FOY et alii (1965) mencionou que um caminho razoável para a solução do problema de toxidez de alumínio no solo é o desenvolvimento de variedades de plantas com maior tolerância. Muitos trabalhos realizados em vários locais, tem indicado que variedades de trigo e cevada (FOY et alii, 1965 e 1967b), e algodão (FOY et alii, 1967a) diferem significativamente neste aspecto.

O feijão comum é muito susceptível à toxidez por alumínio e, geralmente, os sintomas são crescimento atrofiado e necrose ao longo das margens da folha, e em condições mais severas a necrose afeta toda a folha e a planta morre (SCHWARTZ et alii, 1978).

### 3.- MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento que compõe este trabalho foi conduzido durante o ano de 1979, em casa de vegetação, utilizando-se a variedade de feijão-de-corda Pitiuba (CE-31) pertencente ao banco de germoplasma do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. De acordo com PAIVA & TEÓFILO (1977) esta variedade caracteriza-se por apresentar porte decumbente, ciclo de 67 dias até a primeira colheita e produzir grãos de cor marrom.

As sementes foram previamente germinadas em areia lavada e ao completarem dez dias, as plântulas foram transplantadas para jarros plásticos contendo cada 6,5 litros de solução nutritiva continuamente aerada. Cada tipo de solução, que pela omissão e/ou excesso de um elemento, constituía um tratamento. Permaneceram em cada jarro duas plantas e todos os tratamentos foram em triplicata dentro de um delineamento inteiramente casualizado. As soluções nutritivas dos tratamentos em geral eram trocadas obedecendo intervalos de 4 dias, e foram preparadas com água destilada/deionizada e reagentes pro-análise.

Os sintomas das deficiências foram desenvolvidos omitindo-se os elementos nutricionais particulares de cada deficiência, enquanto que os sintomas de toxidez foram desenvolvidos adicionando-se doses excessivas dos elementos estudados.

A seguir estão relacionados todos os tratamentos utilizados no experimento:

#### 1. Testemunha - Solução Nutritiva Completa (T)

2. Ausência de Boro (-B)
3. Ausência de Cobre (-Cu)
4. Ausência de Ferro (-Fe)
5. Ausência de Manganês (-Mn)
6. Ausência de Molibdênio (-Mo)
7. Ausência de Zinco (-Zn)
8. Toxidez de Alumínio (+Al)
9. Toxidez de Manganês (+Mn)

A composição da solução nutritiva completa corresponde a solução número um de HOAGLAND & ARNON (1950) e modificada por SARRUGE (1970) quanto ao potencial osmótico adequado (QUADRO 01). No QUADRO 02 encontram-se as composições químicas das soluções relativas a cada tratamento de deficiência.

A solução de FeEDTA foi preparada de acordo com o método de JACOBSON (1951), que consiste em dissolver 26,2 gramas de ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) em 279,8 ml de hidróxido de potássio (KOH) a 70°C e em seguida misturar com 24,9 gramas de sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), arejar vigorosamente por 12 horas e completar o volume com água a 1 litro.

Nos tratamentos em que se testaram níveis tóxicos de alumínio e manganês, as dosagens foram crescentes com o decorrer do desenvolvimento das plantas. Para o alumínio a concentração inicial foi de 1 ppm, passando para 5 ppm no 16º dia, em seguida aumentou-se para 10 ppm no 24º dia e finalmente atingindo 20 ppm a partir do 32º dia até o término do experimento. Entretanto, para o manganês a primeira concentração utilizada foi de 2,5 ppm, sendo aumentada para 5 ppm quando as plantas atingiram 18 dias, e após 4 dias a

QUADRO 01 - Composição da Solução Nutritiva Completa e Concentração Final de Cada Elemento Fornecido (SARRUGE, 1970).

Elemento	Reagente	Concentração (ppm)
Nitrogênio (N)	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e $\text{KNO}_3$	210
Fósforo (P)	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	31
Potássio (K)	$\text{KNO}_3$ e $\text{KH}_2\text{PO}_4$	234
Cálcio (Ca)	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	200
Magnésio (Mg)	$\text{MgSO}_4$	48
Enxofre (S)	$\text{MgSO}_4$	64
Boro (B)	$\text{H}_3\text{BO}_3$	0,5
Cobre (Cu)	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,01
Manganês (Mn)	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,5
Molibdênio (Mo)	$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,01
Zinco (Zn)	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,01
Ferro (Fe)	Fe-EDTA	5

QUADRO 02 - Composição Química das Soluções Nutritivas Correspondentes a Cada Tratamento de Deficiência (ml/l).

Solução. Estoque	T r a t a m e n t o						
	T	-B	-Cu	-Mn	-Mo	-Zn	-Fe
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> M	5	5	5	5	5	5	5
KNO <sub>3</sub> M	5	5	5	5	5	5	5
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> M	1	1	1	1	1	1	1
MgSO <sub>4</sub> M	2	2	2	2	2	2	2
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	1	0	1	1	1	1	1
CuSO <sub>4</sub> . 5H <sub>2</sub> O	1	1	0	1	1	1	1
MnSO <sub>4</sub> . H <sub>2</sub> O	1	1	1	0	1	1	1
H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> . H <sub>2</sub> O	1	1	1	1	0	1	1
ZnSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	1	1	1	1	1	0	1
Fe EDTA	1	1	1	1	1	1	0

concentração foi aumentada para 10 ppm, permanecendo até o final do ensaio. Como fontes de alumínio e manganês foram utilizados os sais  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  respectivamente, que eram adicionados à solução nutritiva completa formando o tratamento correspondente.

Os parâmetros usados para diagnosticar problemas nutricionais, concernentes a deficiência e/ou toxidez em qualquer cultura nas condições de campo são análise química da planta, análise química do solo e sintoma visual (WALLACE, 1961 e SCHWARTZ *et alii*, 1978). Entretanto, para a situação do presente estudo consideraram-se apenas análise química da planta e sintoma visual, acompanhados do desenvolvimento das plantas que foi determinado através da produção de matéria seca.

Para a determinação da matéria seca produzida, 43 dias após a semeadura, quando as plantas testemunhas começaram a manifestar os primeiros sinais de floração, foram coletadas duas plantas inteiras de cada tratamento, acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar mantida a temperatura constante de  $70^\circ\text{C}$  por um período de 48 horas, e então, pesadas separadamente parte aérea e raiz.

A obtenção do material para análise química foi feita triturando-se a matéria seca da parte aérea em moinho com peneira de malha 40, sendo o material vegetal armazenado em sacos plásticos até o momento da efetuação das análises, para dosagens de: boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, zinco, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, cujos resultados identificam o estado nutricional das plantas de cada tratamento.

As determinações dos elementos cobre, ferro, manganês, zinco, cálcio e magnésio foram realizadas através de espectrofotometria de absorção atômica, utilizando-se um aparelho Dial - Atom Mark II modelo JA 82-720. Para isto, digeriu-se 2.000 gramas de material vegetal por ação do ácido nítrico e do ácido perclórico (solução A).

Os micronutrientes boro e molibdênio foram determinados através dos métodos descritos por RICHARDS (1954) e por GLÓRIA (1962), respectivamente.

O nitrogênio total foi quantificado segundo o método de Kjeldahl, enquanto o fósforo e o potássio foram determinados a partir da solução A empregando-se espectrofotometria e fotometria de chama respectivamente, todos descritos por CHAPMAN & PRATT (1961).

Finalmente o enxofre que foi determinado pelo método descrito por HUNTER (1975).

As observações visuais representativas de cada deficiência e/ou toxidez de nutriente em particular, foram acompanhadas descritivamente, bem como fotografadas durante os vários estágios e formas de suas manifestações nas plantas.

#### 4.- RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1.- Sintomas Visuais Observados nas Plantas

###### Deficiência de Boro

A ausência de boro no meio onde desenvolveram-se as plantas de feijão-de-corda, causou a estas, transformações drásticas tanto na parte aérea quanto no sistema radicular.

Na parte aérea os sintomas manifestaram-se de 3 formas bastantes distintas, de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta.

Inicialmente, quando as plantas encontravam-se com 18 dias de idade, observou-se que a extremidade do folíolo central de algumas folhas começou a mudar de coloração para um verde mais escuro, perdendo a consistência e o brilho, e murchando. Esta mesma parte da folha afetada começou a enrugar-se, perdendo totalmente a cor verde, tornando-se um tecido necrótico e quebradiço. Este sintoma se manifesta do ápice para a base do folíolo, atingindo pelo menos um terço deste, provocando torções na folha. Ao apresentar estas manifestações, que não são em todas as folhas, a planta continua a crescer normalmente.

Outro tipo de sintoma começou a se manifestar quando as plantas estavam com aproximadamente 25 dias, mostrando engrossamento do caule e praticamente paralizando o crescimento, notando-se que os entrenós ficavam mais curtos que os das plantas normais, dando-lhe o aspecto de uma planta anã. As folhas mais novas começaram a retorcer-se pelos bordos, com uma sensível mudança de coloração, pois, adquiri

ram uma tonalidade verde bem escuro, com as nervuras tornando-se verde pálido. Estas mesmas folhas ficaram bastante espessas, pequenas, duras, opacas e com as nervuras bem proeminentes (FIG. 03). Em seguida começou a surgir sinais de queima e conseqüente secamento dos pontos de crescimento, sendo mais evidenciados nos ramos principais. Isto ocasionou à planta uma grande emissão de ramos laterais, que também se caracterizavam pelo reduzido crescimento dos entrenós, conferindo a planta um aspecto de moita. Nesta fase é bastante evidenciado o engrossamento exagerado do caule, cujas plantas não chegam a emitir flores (FIG. 04).

O sistema radicular apresentou-se muito reduzido devido ao atrofiamento da quase totalidade das raízes secundárias, com as raízes primárias assemelhando-se com espinha de peixe. Na região do colo surgiram fissuras longitudinais circundando totalmente a raiz, acarretando como conseqüência o apodrecimento desta zona (FIG. 05).

Os sintomas observados na parte aérea das plantas assemelham-se aos descritos por WILCOX & FAGERIA (1976) para feijão comum e por NELSON & BARBER (1964) para alfafa. Entretanto, discordam dos descritos por BERGER *et alii*, (1957) quanto ao surgimento de manchas brancas nas folhas.

#### Deficiência de Ferro

O primeiro sinal de deficiência de ferro identificado em plantas cultivadas na ausência deste elemento, foi uma clorose generalizada nas folhas mais novas, quando as plantas apresentavam-se com apenas 15 dias de idade, apesar do crescimento ainda normal. No início da deficiência as nervuras manifestaram coloração verde mais escuro, porém, com o

desenvolvimento do sintoma as nervuras começaram a adquirir uma tonalidade verde claro, chegando a se confundir com o limbo da folha. Nesta ocasião as plantas cessaram o crescimento.

Com o decorrer do tempo, quando as folhas já se encontravam com aspecto esbranquiçado devido ao aceleração da clorose seguida de necrose, começaram a surgir manchas castanhas por toda a superfície das folhas, causando sua de formação como consequência do enrugamento provocado pela queima dos bordos (FIG. 06).

A planta de um modo geral, apresentou porte reduzido e pequena quantidade de folhas devido a grande distância de um entrenó para outro. Com a continuação da deficiência a planta perde muitas folhas, definha e morre, sem que qualquer flor seja emitida.

O sistema radicular foi bastante reduzido pela ausência do ferro, obedecendo uma certa proporcionalidade com a parte aérea (FIG. 07).

De uma maneira geral os sintomas manifestados pelas plantas de feijão-de-corda desenvolvidas em meio de cultura com omissão de ferro, concordam com os narrados por WILCOX & FAGERIA (1976), MALAVOLTA (1967) e SCHWARTZ et alii (1978) para feijão comum, NELSON & BARBER (1964) para soja e EPSTEIN (1975) para plantas em geral.

#### Deficiência de Manganês

As plantas desenvolvidas em solução nutritiva de ficiente em manganês, inicialmente mostraram um amarelecimento nas regiões internervais das folhas mais novas, com as nervuras e suas áreas adjacentes permanecendo com coloração

verde bem intenso, conferindo a folha um aspecto de renda. Paralelamente ao desenvolvimento do sintoma, observou-se que as plantas retardaram o crescimento, quando estão quase a totalidade das folhas apresentavam o sintoma característico da deficiência, descrito acima. Com o aumento da deficiência, as plantas mostraram-se cada vez mais raquíticas, quando comparadas com plantas normais. O caule era bastante fino, as folhas eram de dimensões pequenas e em número bem reduzido.

Apesar de tornarem cada vez mais agravados, os sintomas continuam mantendo as características iniciais nas folhas, até que pequenas manchas avermelhadas começam a ser notadas. Estas manchas tendem a se unir e dominar toda a extensão da folha, culminando com a morte da planta, sem que esta tenha emitido flores (FIG. 08).

O sistema radicular da planta apresenta dimensões e volume bastante reduzidos, guardando relações com a parte aérea.

Os sintomas aqui descritos para deficiência de manganês em plantas de feijão-de-corda, são semelhantes aos narrados por BEAR (1958), EPSTEIN (1975), NELSON & BARBER (1964), SCHWARTZ et alii (1978), PERDOMO & HAMPTON (1970) e WALLACE (1961) para feijão comum e outras leguminosas.

#### Deficiências de Cobre, Molibdênio e Zinco

As plantas de feijão-de-corda cultivadas em soluções nutritivas com ausência individual dos micronutrientes cobre, molibdênio e/ou zinco, não manifestaram qualquer sintoma visual de deficiência até a fase da floração. Segundo TIFFIN (1972) as quantidades de cobre, molibdênio e zinco encontradas nas sementes, geralmente são suficientes para que

as plantas não mostrem sintomas de deficiência, ou então podem ser suficientes para que as plantas adiem a manifestação dos sintomas. Sendo portanto, provavelmente, o que ocorreu com as plantas de feijão-de-corda, cujas sementes utilizadas no experimento poderiam conter teores destes elementos, suficientes para seu desenvolvimento quase normal. Entretanto, observou-se que as plantas de feijão-de-corda desenvolvidas na ausência de cobre, molibdênio e/ou zinco, iniciaram o processo de senescência precocemente, isto é, durante o início da floração, muito embora não apresentassem sintomas de deficiência. Por outro lado, as plantas cultivadas em condições adequadas destes micronutrientes, somente iniciaram a senescência quando estavam em fase bastante adiantada de frutificação, o que é normal da espécie.

O sistema radicular das plantas deficientes destes elementos não foi afetado com relação ao crescimento e aparência.

#### Toxidez de Manganês

As plantas de feijão-de-corda cultivadas sob condições de toxidez de manganês, ao contrário das plantas desenvolvidas em solução nutritiva deficiente neste elemento, começaram a manifestar os sintomas através das folhas mais velhas. Os sintomas inicialmente se caracterizaram pelo aparecimento de pequenas pontuações castanhas em toda a superfície da folha atingida. Em seguida, a folha começou a adquirir uma tonalidade amarelada culminando com a queda dos folíolos, porém, o pecíolo também amarelado permaneceu preso ao caule (FIG. 09). Da fase do aparecimento das pontuações castanhas até a queda dos folíolos ocorre muito rapidamente, isto é, em torno de 24 horas. Devido a esta particularidade,

observou-se nas plantas intoxicadas poucas folhas mostrando os sintomas, que também é gradual das folhas mais velhas para as mais novas. Entretanto, apesar da reduzida área foliar, nota-se que o crescimento da planta é pouco afetado pela toxidez.

Um aspecto curioso observado nas plantas crescidas em solução nutritiva contendo níveis tóxicos de manganês, foi o acelerado crescimento antes do surgimento visual dos sintomas, porém, quando estes apareceram, as plantas diminuíram sensivelmente o ritmo do crescimento. Deve-se ressaltar também que as plantas não produziram flores.

Com relação ao sistema radicular, observou-se que este foi atingido pela toxidez de manganês, apresentando dimensões proporcionais a parte aérea das plantas.

Esta sintomatologia observada em plantas de feijão-de-corda, difere totalmente da descrita por SCHWARTZ et alii (1978) para feijão comum.

#### Toxidez de Alumínio

As plantas de feijão-de-corda cultivadas em solução nutritiva contendo níveis elevados de alumínio (20 ppm), não mostraram sintomas visuais de toxidez deste elemento, com o aspecto da folhagem assemelhando-se ao das plantas normais, inclusive chegando a emitir flores normalmente.

O fato de não ter manifestado qualquer sintoma visual, pode-se atribuir certa resistência à variedade Pitiúba, quando cultivada em presença de altos teores de alumínio. Esta constatação é coerente aos resultados experimentais obtidos em soja por ARMIGER et alii (1968) e FOY et alii (1969), os quais encontraram resistência de variedades dentro de uma mesma espécie quanto a sensibilidade a níveis elevados de alumínio.

O sistema radicular das plantas de feijão-de-corda também não foi afetado pela concentração de alumínio estudada, pois, mostrou desenvolvimento completamente normal.

#### 4.2.- Desenvolvimento das Plantas

A avaliação do desenvolvimento das plantas, referente a todos os tratamentos, foi realizada tomando-se como base a produção de matéria seca obtida. Os resultados da análise de variância dos dados (QUADRO 03) indicam que os tratamentos diferiram quanto ao total de matéria seca produzida ( $P \leq 0,01$ ), peso seco da parte aérea ( $P \leq 0,01$ ) e peso seco da raiz ( $P \leq 0,01$ ). Entretanto, não diferiram quanto a relação parte aérea/raiz ( $P > 0,05$ ).

Os efeitos da deficiência dos micronutrientes essenciais e da toxidez de alumínio e manganês, sobre o peso seco produzido pela parte aérea e pela raiz, como também a relação parte aérea/raiz das plantas de feijão-de-corda, são apresentados no QUADRO 04. Para efeito de melhor visualização, os dados acima referidos, estão ilustrados na FIG. 01. A maior quantidade de matéria seca total (parte aérea + raiz) foi conseguida pelo tratamento -Mo, que não diferiu dos tratamentos T e +Al, sendo superiores aos tratamentos -Cu, -Zn, +Mn, -B, -Fe e -Mn. Os tratamentos -Cu e -Zn não diferiram entre si, bem como o tratamento -B que não diferiu do tratamento -Fe, que por sua vez foi igual ao tratamento -Mn, quando contrastados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

MEAGHER et alii (1952) verificaram que a semente pode acumular até dez vezes mais a quantidade de molibdênio necessária ao crescimento normal da planta. Esta constatação

QUADRO 03 - Análise de variância dos dados do experimento com feijão-de-corda desenvolvidos em solução nutritiva, relativos a produção de matéria seca da parte aérea, da raiz e o total das plantas, e a relação parte aérea/raiz.

Fontes Variação	G.L.	Q u a d r a d o M é d i o			
		Parte aérea (g/ planta)	Raiz (g/ planta)	Total (g/ planta)	Parte aérea/Raiz
Tratamentos	8	147,180**	2,400**	188,20**	0,85 n.s.
Resíduos	9	5,026	0,064	5,01	1,09
C.V. (%)	-	14,17	11,98	12,44	14,03

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F.  
n.s. Não significativo.

QUADRO 04 - Produção de matéria seca da parte aérea, raiz, total (parte aérea + raiz), % de T e relação parte aérea/raiz das plantas de feijão-de-corda cultivadas na ausência de cada micronutriente essencial e nível tóxico de alumínio e manganês.

Tratamentos	Peso da matéria seca (g/ planta)*			% de T	Parte aérea/Raiz
	Parte aérea	Raiz	Total		
T	24,00 a	3,05 a	27,05 a	100,0	7,87 a
-B	8,35 cd	1,10 cd	9,45 d	34,9	7,60 a
-Cu	20,00 ab	2,60 ab	22,60 b	83,5	7,69 a
-Fe	4,90 d	0,65 d	5,55 de	20,5	7,54 a
-Mn	3,15 d	0,50 d	3,65 e	13,5	6,30 a
-Mo	24,90 a	3,25 a	28,15 a	104,1	7,66 a
-Zn	18,90 ab	2,70 ab	21,60 b	80,0	7,00 a
+Al	24,40 a	3,15 a	27,55 a	101,8	7,75 a
+Mn	13,90 bc	2,00 bc	15,90 c	58,8	6,95 a
DMS (P ≤ 0,05)	8,88	1,00	8,80	-	ns

Nas colunas as médias relativas aos tratamentos, seguidas pelas mesmas letras, não diferem significativamente entre si ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Média de 2 repetições.

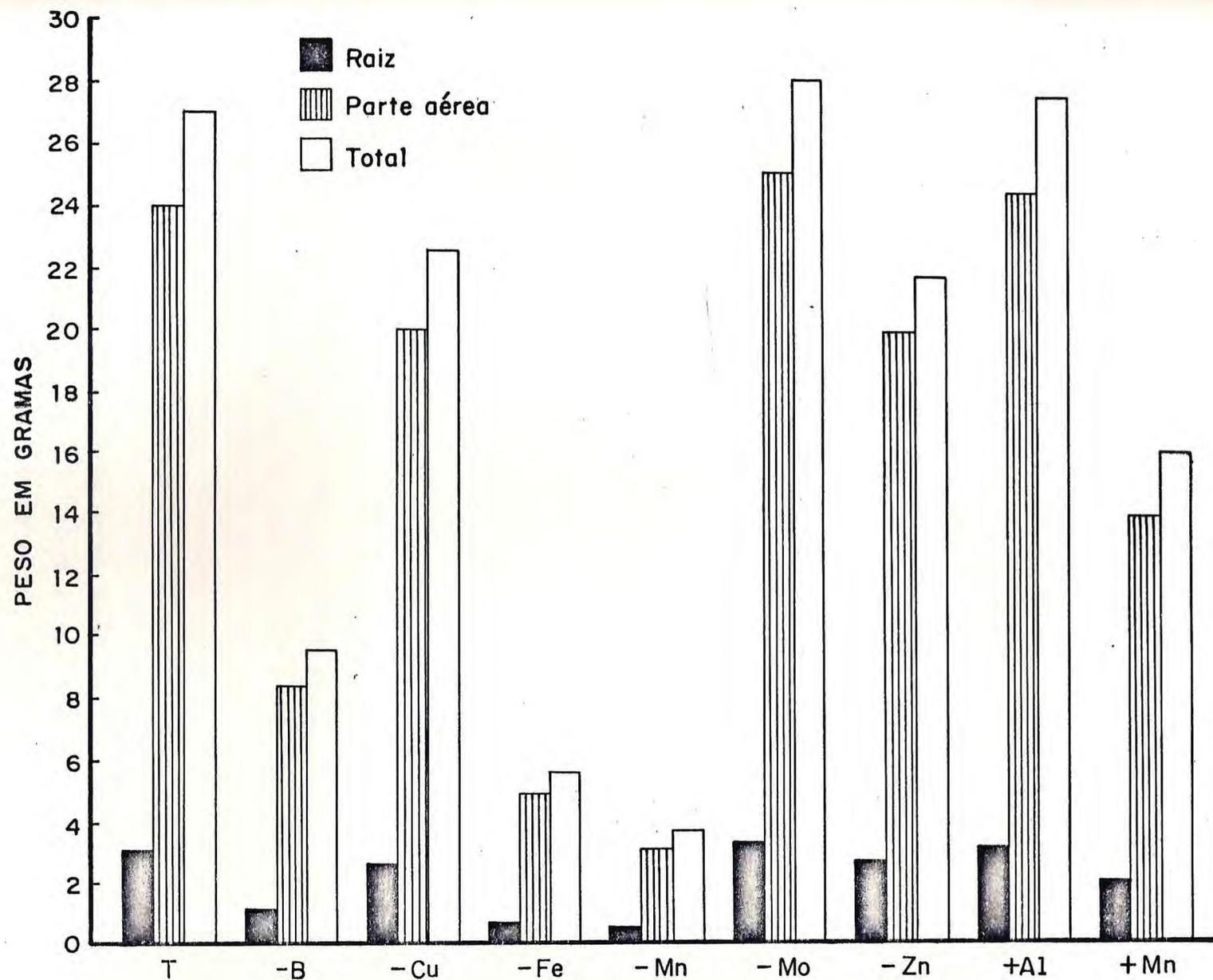


FIGURA 01 - Peso seco da parte aérea, das raízes e total, obtidos pelas plantas de feijão-de-corda nos diferentes tratamentos,

sugere a possibilidade de as sementes de feijão-de-corda usa das serem supridas de consideráveis quantidades de molibdênio, suficientes para o desenvolvimento normal das plantas.

Os resultados também evidenciam que o nível tóxico de alumínio testado (20 ppm), não afetou o crescimento das plantas de feijão-de-corda, as quais apresentaram uma quantidade de matéria seca semelhante a observada nas plantas controle.

Os tratamentos -Cu e -Zn, apesar de serem diferentes do tratamento T, apresentaram reduções relativamente pequenas na quantidade total de matéria seca produzida pelas plantas. TIFFIN (1972) classificou o cobre e o zinco como micronutrientes que podem, devido a grande reserva nas sementes, adiar o início da deficiência, e conseqüentemente, suas ausências no meio afetar pouco o desenvolvimento das plantas.

Observando-se as produções de matéria seca total relativas aos tratamentos +Mn, -B, -Fe e -Mn, constatou-se que os mesmos causaram os maiores prejuízos no desenvolvimento das plantas de feijão-de-corda.

Considerando-se apenas o peso seco da parte aérea das plantas, ao aplicar o mesmo teste empregado para o peso total de matéria seca, verifica-se que o tratamento T não difere dos tratamentos -Mo, +Al, -Cu e -Zn, sendo entretanto, superior aos tratamentos +Mn, -B, -Fe e -Mn. Estes últimos apresentaram efeitos mais drásticos sobre o crescimento da parte aérea das plantas.

Os dados de peso seco da raiz apresentaram comportamento semelhante aos dados de peso seco da parte aérea, quando comparados entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. O tratamento T não diferiu significativamente dos tratamentos

-Mo, +Al, -Cu e -Zn, mostrando superioridade aos tratamentos +Mn, -B, -Fe e -Mn. Igualmente como aconteceu no peso seco da parte aérea, estes últimos tratamentos também foram os que mais afetaram o desenvolvimento da raiz das plantas.

As médias referentes a relação produção de matéria seca da parte aérea/raiz, não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si. Esta situação leva a concluir que os tratamentos em que se testou omissão e/ou toxidez de nutrientes, afetaram de maneira semelhante tanto o crescimento da parte aérea quanto o do sistema radicular das plantas de feijão-de-corda.

#### 4.3.- Composição Química das Plantas

A análise química dos tecidos das plantas tem se revelado um importante meio de se diagnosticar desarranjos nutricionais. Comparações da composição química de plantas saudas com plantas deficientes ou intoxicadas, muitas vezes, indicam o nutriente que é suspeito pela ocorrência do problema. O conhecimento do conteúdo normal dos elementos, bem como do conteúdo que pode proporcionar deficiência e/ou toxidez, também é muito importante.

Os efeitos da ausência individual de cada micronutriente essencial e da toxidez de alumínio e manganês sobre os teores de boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, zinco, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, determinados nos tecidos da parte aérea de plantas de feijão-de-corda, são mostrados no QUADRO 05.

QUADRO 05 - Concentrações dos micro e macronutrientes determinadas nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda, cultivadas na ausência dos micronutrientes essenciais e na presença excessiva de alumínio e manganês.

Tratamento	Concentrações dos nutrientes											
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	N	P	K	Ca	Mg	S
	ppm						%					
T	33,6	12,5	287,5	132,5	2,70	47,5	3,45	0,66	1,41	1,72	0,26	0,49
-B	3,7	20,0	237,5	120,0	8,40	48,5	3,79	0,84	1,61	1,63	0,37	0,60
-Cu	42,4	7,5	350,0	140,0	2,93	47,5	4,01	1,51	1,51	1,95	0,27	0,55
-Fe	29,2	62,0	62,5	577,5	3,75	202,5	4,31	0,97	1,80	1,75	0,43	0,58
-Mn	32,8	40,5	400,0	19,4	15,80	187,5	5,11	1,25	2,29	1,99	0,38	0,37
-Mo	42,4	20,0	300,0	160,0	0,32	107,5	4,00	0,59	1,41	2,32	0,33	0,59
-Zn	24,9	19,5	700,0	132,5	3,09	32,5	4,39	3,06	1,60	1,33	0,37	0,59
+Al	33,6	20,0	287,5	210,0	2,77	55,0	4,42	0,63	1,75	1,72	0,26	0,41
+Mn	24,9	20,0	350,0	1785,0	4,44	52,5	3,68	1,44	1,70	1,93	0,36	0,52

## Boro

A concentração de boro nos tecidos da parte aérea das plantas desenvolvidas em solução nutritiva, onde o elemento em questão foi omitido, como era de se esperar foi a mais baixa. Nos demais tratamentos, as concentrações de boro encontradas, não apresentaram grandes variações em relação ao tratamento testemunha, cujas plantas continham 33,6 ppm nos tecidos da parte aérea.

WILCOX & FAGERIA (1976) verificaram em feijão comum, que concentrações de boro abaixo de 20 ppm nos tecidos foliares, são consideradas deficientes para o desenvolvimento das plantas. Por sua vez, JONES (1972) acredita que para a maioria das culturas, teores de boro menores que 15 ppm nas folhas, manifestam sintomas de deficiência deste elemento. Por outro lado cita que os teores adequados de boro nos tecidos da parte aérea das plantas podem variar de 20 a 100 ppm, o que concorda com as observações de JONES & MADERSKI (1964) os quais relataram um teor de boro de 62 ppm nos tecidos foliares de soja desenvolvida em condições de adequado suprimento do elemento. Os resultados obtidos com feijão-de-corda são compatíveis com os dos autores acima citados.

## Cobre

Excetuando-se o tratamento em que as plantas de feijão-de-corda foram desenvolvidas na ausência de cobre, todos os demais tratamentos apresentaram teores mais elevados deste elemento nos tecidos da parte aérea das plantas, quando confrontados com o valor obtido pela testemunha, destacando-se entre eles os tratamentos -Fe e -Mn.

A concentração de 7,5 ppm de cobre encontrada nos tecidos das plantas cultivadas em condições carentes deste elemento, foi suficiente para não manifestar sintomas de deficiência nas folhas. WILCOX & FAGERIA (1976) e JONES (1972) comentam que as plantas somente demonstram sensibilidade à deficiência de cobre, quando os teores deste elemento nos tecidos foliares são menores que 5 ppm. O que provavelmente ocorreu com as plantas de feijão-de-corda no presente trabalho.

A elevada concentração de cobre dosada nas folhas das plantas mostrando deficiência de ferro, foi também constatada por REUTHER & SMITH (1953) e SPENCER (1966) que encontraram resultados coerentes ao trabalharem todos com plantas cítricas. Os teores de cobre encontrados nos restantes dos tratamentos são normais, uma vez que acham-se dentro dos limites considerados adequados pela maioria dos autores.

#### Ferro

A concentração de ferro encontrada nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda cultivadas na ausência deste elemento, foi bastante reduzida. Estes resultados concordam com os obtidos por SCHWARTZ et alii (1978) que afirmam que as plantas sofrem de deficiência de ferro quando o teor deste elemento nas folhas é menor que 100 ppm. Entre tanto discordam dos citados por JONES (1972), SMALL & OHLROGGE (1973) e WILCOX & FAGERIA (1976), os quais comentam que as plantas somente apresentam deficiência de ferro quando seus teores nas folhas são abaixo de 50 ppm. Devido a estes aspectos, constata-se a grande sensibilidade das plantas de feijão-de-corda à deficiência de ferro pois, mostraram-se afetadas quando o teor deste elemento era de 62,5 ppm.

A maior concentração de ferro foi verificada nas plantas desenvolvidas sob condições de deficiência de zinco. Este acúmulo de ferro também foi observado por ROSELL & ULRICH (1964) em beterraba açucareira e por AMBLER & BROWN (1969) em feijão comum. Os valores de ferro constatados nos demais tratamentos enquadram-se aos citados por SCHWARTZ et alii (1978) como sendo adequados para plantas de feijão comum.

### Manganês

Como era esperado, o menor teor de manganês foi determinado nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda cultivadas em solução nutritiva deficiente neste elemento, enquanto que o maior teor foi encontrado nas plantas desenvolvidas em solução nutritiva contendo níveis de manganês considerados tóxicos. Grandes concentrações de manganês, também foram observadas nos tecidos foliares das plantas deficientes de ferro. OLSEN (1972) citando Somer & Shive, esclarece que isto ocorre devido a grande interrelação do manganês com o ferro, inclusive com um chegando a ocupar totalmente o lugar do outro, quando as plantas estão deficientes de qualquer um deles. As plantas deficientes em manganês mostraram elevado teor de ferro, concretizando, mais ainda, a possível relação entre os dois elementos.

Os teores de manganês encontrados nas plantas saudáveis e deficientes, concordam com os valores mencionados por JONES (1972), WILCOX & FAGERIA (1976) e SCHWARTZ et alii (1978) para feijão comum e algumas outras espécies, entretanto, discordam quanto ao teor tóxico verificado nas folhas de plantas cultivadas em solução nutritiva com altos teores de manganês. WHITE (1970) reportou que sintomas de toxidez ocorreram em plantas de feijão comum quando a concentração de manganês nos tecidos das folhas ultrapassou a 1.000 ppm.

## Molibdênio

As ausências de molibdênio, boro e manganês, foram os tratamentos que mais afetaram a concentração de molibdênio determinada nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda. No primeiro diminuiu, enquanto nos dois últimos aumentou sensivelmente ao serem comparadas com a concentração encontrada nas plantas cultivadas em condições adequadas de todos os nutrientes. Os elevados teores de molibdênio, foram portanto, favorecidos pela ausência de boro e de manganês.

A concentração de 0,32 ppm de molibdênio obtida nos tecidos das plantas cultivadas na ausência do elemento em questão, muito embora seja a mais baixa, não promoveu a manifestação de qualquer anormalidade nas plantas. Esta mesma situação foi defrontada por KURAMOTO *et alii* (1970) que cultivaram couve-flor em solução nutritiva livre de molibdênio e encontraram uma concentração de 0,30 ppm do referido elemento nas folhas, sem entretanto, detectarem sintomas característicos de deficiência. HEWITT *et alii* (1954) e HEWITT (1956) estudaram a ausência de molibdênio em algumas leguminosas e constataram que, feijão comum e ervilha somente apresentavam sintomas de deficiência quando cultivados através de duas ou três gerações sempre deficientes deste elemento, até que o nível do citado micronutriente atingisse valores bastante baixos nas folhas. Segundo JOHNSON (1966) as plantas apenas mostram sinais de deficiência de molibdênio quando seus teores são menores que 0,1 ppm, tomando por base a matéria seca da parte aérea.

Os dados obtidos neste experimento mostram-se coerentes aos observados pelos autores citados.

## Zinco

A deficiência de zinco na solução nutritiva ocasionou um decréscimo na concentração deste elemento nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda, entretanto, apresentou elevadas concentrações nas plantas cultivadas na ausência de ferro, manganês ou molibdênio, isoladamente.

CHAPMAN (1966) e SCHWARTZ et alii (1978) afirmam que a deficiência de zinco se faz presente quando a concentração deste micronutriente nas folhas da planta é inferior a 20 ppm. Baseando-se nestes autores concluiu-se que, provavelmente, as plantas de feijão-de-corda cultivadas em meio deficiente de zinco, não manifestaram sintomas devido apresentarem uma concentração de 32,5 ppm do referido elemento. Segundo WILCOX & FAGERIA (1976) esta concentração é considerada suficiente para o desenvolvimento normal do feijão comum, por encontrar-se dentro dos limites de 20 a 100 ppm.

O alto teor de zinco verificado nas plantas de feijão-de-corda deficientes em ferro, tem como apoio as observações de CHAPMAN et alii (1940) que encontraram elevadas concentrações de zinco em folhas de citrus mostrando clorose por falta de ferro. Estes aspectos reforçam ainda mais, a grande afinidade do ferro com o zinco no metabolismo dos vegetais.

## Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio e Enxofre

Com exceção do fósforo, que apresentou uma concentração cinco vezes maior nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda cultivadas na ausência de zinco em comparação ao tratamento testemunha, os macronutrientes nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, não apresentaram grandes alterações nas concentrações obtidas nos diversos tra

tamentos, em relação as plantas testemunhas. AMBLER & BROWN (1969) encontraram teores de fósforo até seis vezes mais elevados em plantas de feijão comum desenvolvidas na ausência de zinco, que naquelas cultivadas em condições de suprimento adequado deste elemento. Segundo AMBLER & BROWN (1969), este acúmulo de fósforo, provavelmente, deve-se a grande interação existente entre o zinco e o fósforo, concordando, portanto, com os resultados obtidos no presente trabalho.

De uma maneira geral, os valores observados nas determinações de nitrogênio, fósforo e enxofre, nas plantas de feijão-de-corda assemelham-se aos encontrados por COBRA NETTO (1967) em plantas de feijão comum. Por outro lado, os elementos potássio, cálcio e magnésio, apresentaram suas concentrações mais baixas do que as conseguidas por aquele autor. Embora os teores encontrados para os macronutrientes discordem em parte aos valores obtidos por COBRA NETTO (1967), estão ajustados aos estabelecidos por SCHWARTZ *et alii* (1978) como sendo suficientes para o desenvolvimento das plantas, sem o surgimento de qualquer sintoma de deficiência.

Uma ocorrência a chamar atenção é que as plantas testemunhas, cultivadas em solução nutritiva completa, não foram possuidoras dos maiores teores de macronutrientes nem de micronutrientes dosados nos seus tecidos foliares. Provavelmente devendo-se a que, plantas desenvolvidas na ausência de qualquer elemento, são portadoras de distúrbios nutricionais aparentes ou ocultos, com os nutrientes que estão em quantidades disponíveis no meio, ocupando o lugar daqueles em deficiência e, conseqüentemente, aumentando o teor nos tecidos. Enquanto que, as plantas crescidas em condições normais de suprimento mineral apresentam um verdadeiro equilíbrio dos nutrientes.

Particularmente, nos tratamentos em que se omitiu ferro ou manganês, as plantas apresentaram quase sempre elevados teores dos outros elementos determinados. Fato que pode ser atribuído a um efeito de concentração do nutriente, provocado pelo reduzido crescimento das plantas.

## 5.- RESUMO E CONCLUSÕES

Foi realizado um estudo, em Fortaleza, Ceará, Brasil, em condições de casa de vegetação, no ano de 1979, com o propósito de se verificar o efeito da ausência dos micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco, e da toxidez de alumínio e manganês, em solução nutritiva, sobre as alterações morfológicas (sintoma visual), desenvolvimento das plantas (produção de matéria seca) e composição química do feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi, variedade Pitiúba.

Para verificar os efeitos da ausência e da toxidez de cada elemento estudado, quando completaram 10 dias de idade, as plantas de feijão-de-corda foram transplantadas para as soluções nutritivas correspondentes aos diferentes tratamentos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 3 repetições.

Os sintomas visuais de deficiência e toxidez foram descritos e fotografados até as plantas alcançarem a fase de florescimento. Para a determinação da produção de matéria seca, quando as plantas testemunhas iniciaram a floração, foram coletadas 2 plantas inteiras de cada tratamento, colocadas para secar em estufa com temperatura controlada a 70°C, por um período de 48 horas, e em seguida pesadas parte aérea e raiz separadamente. Estas mesmas partes aéreas das plantas de cada tratamento, foram trituradas e obtidas as amostras para realização das análises químicas de todos os macro e micronutrientes essenciais.

Dos dados conseguidos no presente trabalho, chegam-se as conclusões seguintes:

- (a) A ausência de boro, ferro e manganês, e a toxidez de manganês resultaram na manifestação de sintomas visuais bastante característicos;
- (b) O desenvolvimento das plantas, avaliado através da produção de matéria seca, foi drasticamente reduzido nos tratamentos -Mn, -Fe, -B e +Mn;
- (c) Os tratamentos afetaram proporcionalmente tanto a parte aérea quanto a raiz das plantas;
- (c) Pela análise química constatou-se que a ausência de um elemento, propiciou sempre a redução da concentração dele na planta;
- (e) Dentre as principais interações observaram-se que o cobre acumulou nos tratamentos -Fe e -Mn; o ferro acumulou no tratamento -Zn; o molibdênio acumulou nos tratamentos -B e -Mn; o zinco acumulou nos tratamentos -Fe, -Mn e -Mo; o fósforo acumulou no tratamento -Zn.

6.- LITERATURA CITADA

- ALBERT, L.S. Ribonucleic acid content, boron deficiency symptoms, and elongation of tomato root tips. Plant Physiol., 40 : 649-652, 1965.
- ALBERT, L.S. & WILSON, C.M. Effect of boron on elongation of tomato root tips. Plant Physiol., 36 : 244-251, 1961.
- AMBLER, J.E. & BROWN, J.C. Cause of differential susceptibility to zinc deficiency in two varieties of Navy Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Agron. Journal, 61 : 41-43, 1969.
- ARMIGER, W.H.; FOY, C.D.; FLEMING, A.L. & CARDWELL, B.E. Differential tolerance of soybean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. Agron. Journal, 60 : 67-70, 1968.
- BEAR, F.E. Suelos y fertilizantes. Barcelona, Ediciones Omega, 1958.
- BERGER, K.C.; HEIKKINEN, T. & ZUBE, E. Boron deficiency, a cause of blanc stalks and barren ears in corn. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 21 : 629-632, 1957.
- BROWN, J.C. Iron chlorosis. Ann. Rev. Plant Physiol., 7 : 171-190, 1956.
- BUCKMAN, H.O. Natureza e propriedade dos solos. Rio de Janeiro, Liv. Freitas Bastos, 1966, 594 p. il.
- CHAPMAN, H.D. Zinc. In: CHAPMAN, H.D. Diagnostic criteria for plants and soils. Berkeley, University of California, 1966. p. 484-499.

- CHAPMAN, H.D.; LEIBIG, Jr., G.F. & VANSELOW, A.P. Some nutritional relationships as revealed by a study of mineral deficiency and excess symptoms on citrus. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 4 : 196-200, 1940.
- CHAPMAN, H.D. & PRATT, P.F. Methods of analysis for soil, plant and waters. University of California Division of Agricultural Sciences, 1961. p. 150-174.
- COBRA NETTO, A. Absorção e deficiência dos macronutrientes pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* (L.) var. roxinho). Piracicaba, E.S.A.L.Q., 1967. 67p. Tese (Doutorado).
- COKE, L. & WHITTINGTON, W.J. The role of boron in plant growth. IV. Interrelationships between boron and indol-3-yl acetic acid in the metabolism of bean radicles. J. Exp. Bot., 19 : 295-308, 1968.
- CUNNINGHAM, H.G. Trends in the use of micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. Micronutrientes in Agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p. 419-430.
- DEVLIN, R.M. Fisiologia vegetal. Barcelona, Ediciones Omega S/A. 1970. 614p.
- EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Universidade de São Paulo, 1975. 341p.
- FOY, C.D.; ARMIGER, W.H.; BRIGGLE, L.W. & REID, D.A. Differential Al tolerance of wheat and barley varieties in acid soil. Agron. Journal, 57 : 413-417, 1965.

- FOY, C.D.; ARMIGER, W.H.; FLEMING, A.L. & LEWIS, C.F. Differential tolerance of cotton varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. Agron. Journal, 59: 415-418, 1967a.
- FOY, C.D. & BROWN, J.C. Toxic factors in acid soils. II. Differential Al tolerance of plant species. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 28 : 27-32, 1964.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L. & ARMIGER, W.H. Aluminum tolerance of soybean varieties in relation to calcium nutrition. Agron. Journal, 61 : 505-511, 1969.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; BURNS, G.R. & ARMIGER, W.R. Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 31 : 513-521, 1967b.
- GLÓRIA, N.A. de Sobre uma modificação na determinação do molibdênio em plantas (1)(2). Piracicaba, ESALQ, 1962. 12p.
- GURLEY, W.H. & GIDDENS, J. Factors affecting uptake, yield response, and carryover of molybdenum in soybean seed. Agron. Journal, 61 : 7-9, 1969.
- HEWITT, E.J. Symptoms of molybdenum deficiency in plants. Soil Sci., 81 : 159-171, 1956.
- HEWITT, E.J. The role of mineral elements in plant nutrition. Ann. Rev. Plant Physiol., 2 : 25-52, 1951.
- HEWITT, E.J.; BOLLE-JONES, E.W. & MILES, P. The production of copper, zinc and molybdenum deficiencies in crop plants grown in sand culture with reference to some effects of water supply and seed reserves. Plant Soil, 5: 205-222, 1954.

- 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. Análisis de azufre y boro en tejidos de plantas. Raleigh, N.C., Agricultural Environmental Systems, Inc., 1975. 2p. (datilografado).
- JACOBSON, L. Maintenance of iron supply in nutrient solution by a single addition of ferric potassium ethylene-diamine-tetra-acetate. Plant Physiol., 26 : 411-413, 1951.
- JACOBSON, L. & OERTLI, J.J. The relation between iron and chlorophyll contents in chlorotic sunflower leaves. Plant Physiol. 37 : 135-141, 1956.
- JOHNSON, C.M. Molybdenum. In: CHAPMAN, H.D. Diagnostic criteria for plants and soils. Berkeley, University of California, 1966. p. 286-301.
- JOHNSON, D.L. & ALBERT, L.S. Effect of selected nitrogen-bases and boron on the ribonucleic acid content, elongation and visible deficiency symptoms of tomato root tips. Plant Physiol., 42 : 1307-1309, 1967.
- JONES, H.E. & SCARSETH, G.D. The calcium-boron balance in plants as related to boron needs. Soil Sci., 57 : 15-24, 1944.
- JONES, J.B., Jr. Plant tissue analysis for micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p. 319-346.

- JONES, J.B., Jr. & MEDERSKI, H.J. Effect of time and soil moisture level on the mineral composition of field grown soybean. Agron. Abstr. American Society of Agronomy, Madison, Wis. p. 32.
- KAMPRATH, E.J. A acidez do solo e a calagem. International Soil Testing, 1967. (Boletim Técnico 4).
- KURAMOTO, M.; OLIVEIRA, G.D. de & HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças. XII. Deficiência de micronutrientes em couve-flor. Anais da ESALQ, Piracicaba, 27:335-345, 1970.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola; adubos e adubação. São Paulo, 2<sup>a</sup> ed., Biblioteca Agronômica Ceres, 1967
- MEAGHER, W.R.; JOHNSON, C.M. & STOUT, P.R. Molybdenum requirement of leguminous plants supplied with fixed nitrogen. Plant Physiol. 27 : 223-230, 1952.
- MULDER, E.G. & GERRETSEN, F.C. Soil manganese in relation to plant growth. Advances Agronomy, 4 : 221-277, 1952.
- NELSON, L.G.; BERGER, K.C. & ANDRIES, Copper requirement and deficiency. Symptoms of a number of field and vegetable crops. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 20 : 69-72, 1956.
- NELSON, W.L. & BARBER, S.A. Nutrient deficiencies in legumes for grain and forage. In: SPRAGUE, H.B. Hunger signs in crops. New York, 3<sup>a</sup> ed., David McKay Company, 1964. p. 143-180.
- OLSEN, S.R. Mivronutrient interactions. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. Micronutrients in Agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p. 243-264.

- OUELLETTE, G.J. The toxicity of manganese in strongly acid soils. Agriculture, 7 : 319-322, 1950.
- PAIVA, J.B.; ALVES, J.F.; OLIVEIRA, F.J. & TEÓFILO, E.M. En saios internacionais de cultivares de feijão-de-corda, procedentes da Nigéria. Relatório de Pesquisa 1978. Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura, CCA-UFC, Fortaleza, 1979. p. 22-42.
- PAIVA, J.B. & TEÓFILO, E.M. Introdução, caracterização, multiplicação e manutenção de germoplasma. Relatório de Pesquisa 1976. Departamento de Fitotecnia do CCA-UFC, Fortaleza, 1977. p. 1-9.
- PERDOMO, R. & HAMPTON, H.E. Ciencia y tecnologia del solo. Guatemala, Universidade de San Carlos, 1970.
- PETERSON, N.K. & PURVIS, E.R. Development of molybdenum deficiency symptoms in certain crop plants. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 25 : 111-117, 1961.
- PRICE, C.A.; CLARK, H.E. & FUNKHOUSER, E.A. Functions of micronutrients in plants. In: MONTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p. 231-242.
- RAGLAND, J.L. & COLEMAN, N.T. The effect of soil solution aluminum and calcium on root growth. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 23 : 355-357, 1959.
- REUTHER, W. & SMITH, P.F. Effects of high copper content of sandy soil on growth of citrus seedling. Soil Sci., 75 : 219-224, 1953.
- RICHARDS, L.A. Saline and alkali soils. USDA, Agriculture Handbook nº 60, 1954. p. 134.

- RIOS, M.A. & PEARSON, R.W. The effect of some chemical environmental factors on cotton root behavior. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 28 : 232-235, 1964.
- ROSELL, R.A. & ULRICH, A. Critical zinc concentrations and leaf mineral of sugar beet plants. Soil Sci., 97 : 152-167, 1964.
- SALAMI, A.U. & KENEFICK, D.G. Stimulation of growth in zinc-deficiency corn seedlings by the addition of tryptophan. Crop Sci., 10 : 291-294, 1970.
- SARRUGE, J.R. Apontamentos de nutrição mineral de plantas. Curso pós-graduado de solos e nutrição mineral de plantas. ESALQ, 1970. 56 p. (mimeografado).
- SCHWARTZ, H.F. et alii - Problemas de campo en los cultivos de frijol en America Latina. Cali, CIAT, 1978. 135 p. (Sé rie GS-19).
- SMALL, H.G. & OHLROGGE, A.J. Plant analysis as an aid in fertilizing soybeans and peanuts. In: WALSH, L.M. Soil testing and plant analysis. Madison, Soil Science Society of America, 1973. p. 315-327.
- SOMMER, A.L. Copper and plant growth. Soil Sci., 60 : 71-78, 1945.
- SPENCER, W.F. Effect of copper on yield and uptake of phosphorus and iron by citrus seedling grown at various phosphorus levels. Soil Sci., 102 : 296-299, 1966.
- STOUT, P.R. & JOHNSON, C.M. Molybdenum deficiency in horticultural and field crops. Soil Sci., 81 : 183-190, 1956.
- THORNE, W. Zinc deficiency and its control. Advances Agronomy, 9 : 31-62, 1957.

- TIFFIN, L.O. Translocation of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. Micro-nutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p. 199-230.
- VIETS, F.G.; BOAWN, L.C. & CRAWFORD, C.L. Zinc contents and deficiency symptoms of 26 crops grown on a zinc-deficient soil. Soil Sci., 78 : 305-316, 1954.
- VLAMIS, J. Acid soils infertility as related to soil solution and solid phase effects. Soil Sci., 75 : 383-394, 1953.
- WALLACE, T. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. London, Her Majesty's Stationery Office, 1961. 108 p.
- WHITE, R.P. Effects of lime upon soil and plant manganese levels in an acid soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 34 : 625-629, 1970.
- WILCOX, G.E. & FAGERIA, N.K. Deficiências nutricionais do feijão, sua identificação e correção. Goiânia, CNPAF/EMBRAPA, 1976. 22 p. (Circular 1).
- YIH, R.Y. & CLARK, H.E. Carbohydrate and protein content of boron-deficient tomato root tips in relation to anatomy and growth. Plant Physiol., 40 : 312-315, 1965.

A P Ê N D I C E

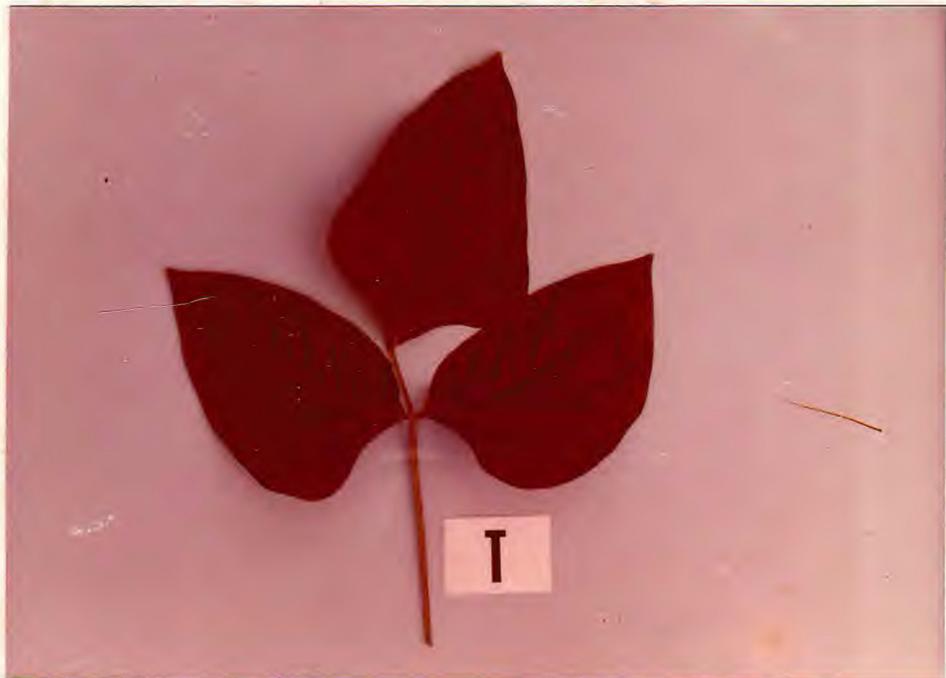


FIG. 02 - SOLUÇÃO NUTRITIVA COMPLETA - Folha mos  
trando coloração verde saudável.



FIG. 03 - DEFICIÊNCIA DE BORO - Folha retorcida, espessa, dura, opaca com nervura bem saliente.



FIG. 04 - DEFICIÊNCIA DE BORO - Morte dos pontos de crescimento dos ramos principais.

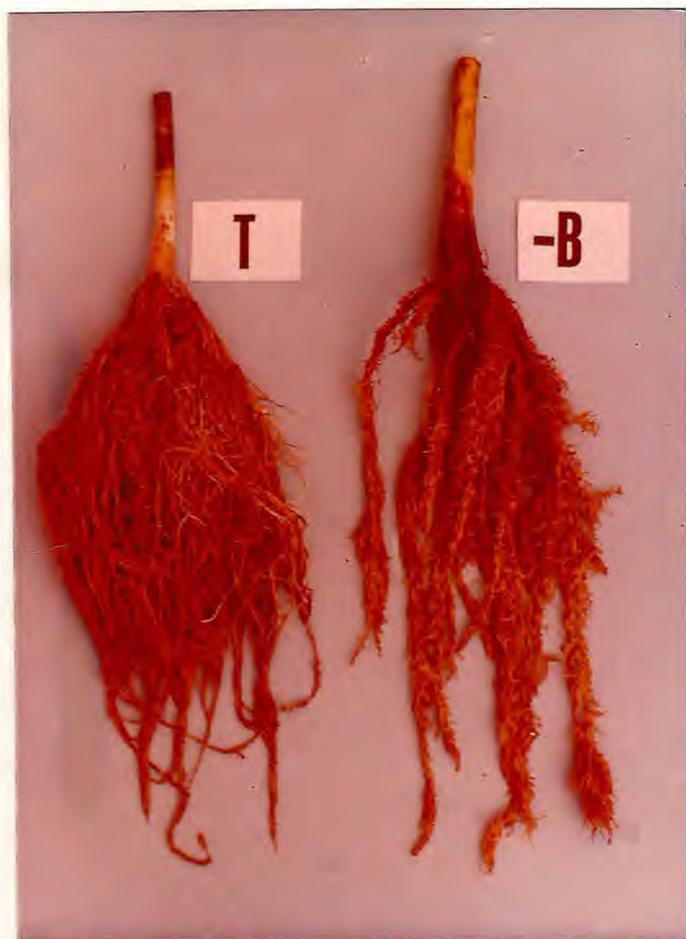


FIG. 05 - DEFICIÊNCIA DE BORO - A esquerda, raízes normais. A direita, sistema radicular mostrando atrofiamento das raízes secundárias e fissuras longitudinais no colo.



FIG. 06 - DEFICIÊNCIA DE FERRO - A esquerda, fo  
lha com clorose bastante avançada. A di  
reita, folha mostrando pontuações ne-  
cróticas.



FIG. 07 - DEFICIÊNCIA DE FERRO - A esquerda, sistema radicular normal. A direita, sistema radicular bastante reduzido pela deficiência do elemento.

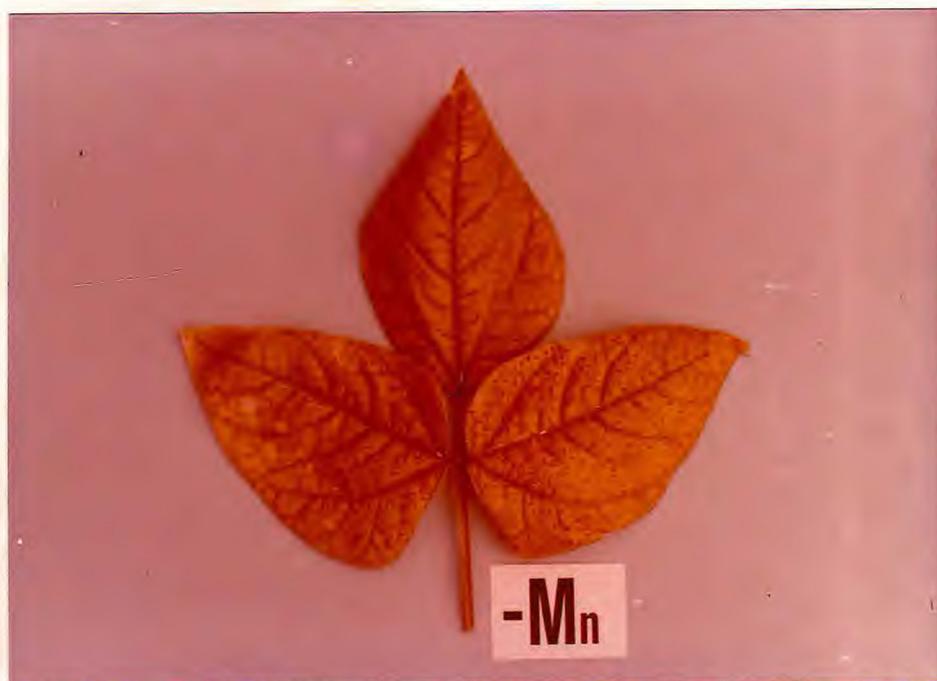


FIG. 08 - DEFICIÊNCIA DE MANGANÊS - Folha mostrando o estágio avançado da deficiência, com o surgimento de pontuações necróticas.



FIG. 09 - TOXIDEZ DE MANGANÊS - Folha totalmente amarela, com a predominância de pontuações escuras por toda a superfície do limbo.