CRESCIMENTO E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES E DE SÓDIO
EM *Vigna sinensis* (L.) ENDL. "SERIDÓ" CULTIVADA EM SOLUÇÃO
NUTRITIVA COM VARIAÇÃO NO FORNECIMENTO DE POTÁSSIO,
CÁLCIO, MAGNÉSIO E SÓDIO

Zelson Tenório

- Engenheiro Agrônomo -
EMBRAPA

Orientador: JOSÉ RENATO SARRUGE

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universi-
dade de São Paulo, para obtenção do
título de Doutor em Agronomia na área de
Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro, 1981

Aos meus pais e irmãos

ofereço

A Marigia,

Vanessa, Fátima e Zelson Luiz,

dedico

HOMENAGEM À ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA
"LUIZ DE QUEIROZ", USP, PIRACICABA, S.P.
PELOS OITENTA ANOS DE EXISTÊNCIA

Ao Prof. Dr. José Renato Sarruge

Ao Prof. Dr. Henrique Paulo Haag

Ao Prof. Dr. Antonio Roque Dechen

Ao Prof. Dr. José Vitaliano de Carvalho Rocha Filho

Ao Prof. Dr. Gilberto Diniz de Oliveira (*in memoriam*)

Aos funcionários do Setor de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

sinceros agradecimentos

ÍNDICE

Página

LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	xv
SUMMARY	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
4. RESULTADOS	15
5. DISCUSSÃO	34
5.1. Produção de Matéria Seca das Folhas e Caules	34
5.2. Concentração de Nutrientes na Matéria Seca em Fun- ção das doses de Potássio, Cálcio, Magnésio e Sódio	38
5.2.1. Concentração de Nitrogênio	38
5.2.2. Concentração de Fósforo	41
5.2.3. Concentração de Potássio	44
5.2.4. Concentração de Cálcio	47
5.2.5. Concentração de Magnésio	51
5.2.6. Concentração de Enxofre	55
5.2.7. Concentração de Boro	60
5.2.8. Concentração de Cobre	62
5.2.9. Concentração de Ferro	63
5.2.10. Concentração de Manganês	65
5.2.11. Concentração de Zinco	69
5.2.12. Concentração de Sódio	72

6. CONCLUSÕES	76
6.1. Matéria Seca	76
6.2. Concentração de Nutrientes	76
LITERATURA CITADA	78

LISTA DE TABELAS

Tabela nº		Página
1	Produção de matéria seca (g/planta) nas folhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl. em função dos níveis de potássio, cálcio, magnésio e sódio	16
2	Concentração de nitrogênio (%) na matéria seca das folhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	17
3	Concentração de fósforo (%) na matéria seca das folhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	18
4	Concentração de potássio (%) na matéria seca das folhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	19
5	Concentração de cálcio (%) na matéria seca das folhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	20
6	Concentração de magnésio (%) na matéria seca das folhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	21
7	Concentração de enxofre (%) na matéria seca das folhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	22
8	Concentração de boro (ppm) na matéria seca das folhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	23
9	Concentração de cobre (ppm) na matéria seca das folhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	24
10	Concentração de ferro (ppm) na matéria seca das folhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	25

Tabela nº		Página
11	Concentração de manganês (ppm) na matéria seca das folhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	26
12	Concentração de zinco (ppm) na matéria seca das fo lhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	27
13	Concentração de sódio (ppm) na matéria seca das fo lhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	28
14	Resumo das análises de variância da produção de ma téria seca (g/planta) das folhas e caules de <i>Vigna</i> <i>sinensis</i> (L.) Endl.	29
15	Resumo das análises da variância das concentrações (%) de N, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca das fo- lhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	30
16	Resumo das análises da variância das concentrações (%) de N, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca dos cau les de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	31
17	Resumo das análises da variância das concentrações (ppm) de B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	32
18	Resumo das análises da variância das concentrações (ppm) de B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl.	33
19	Produção de matéria seca (g) das folhas de <i>Vigna</i> <i>sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potás- sio, cálcio e magnésio na solução nutritiva	35

Tabela nº

Página

20	Produção de matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio na solução nutritiva	36
21	Produção de matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de cálcio na solução nutritiva	37
22	Produção de matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de magnésio na solução nutritiva	37
23	Concentração de nitrogênio na matéria seca das folhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio na solução nutritiva	39
24	Concentração de nitrogênio na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de cálcio na solução nutritiva	39
25	Concentração de nitrogênio na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de magnésio na solução nutritiva	40
26	Concentração de nitrogênio na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de sódio na solução nutritiva	41
27	Concentração de fósforo (%) na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva	42

Tabela nº

Página

28	Concentração de fósforo (%) na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio, cálcio e magnésio na solução nutritiva	43
29	Concentração de potássio na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função de doses de sódio na solução nutritiva	44
30	Concentração de potássio (%) na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva	45
31	Concentração de potássio (%) na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva	46
32	Concentração de potássio (%) na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de cálcio e magnésio na solução nutritiva	47
33	Concentração de cálcio (%) na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva	48
34	Concentração de cálcio na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de sódio na solução nutritiva	49
35	Concentração de cálcio (%) na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio, cálcio e magnésio na solução nutritiva	50

Tabela nº		Página
36	Concentração de magnésio na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de cálcio na solução nutritiva	51
37	Concentração de magnésio (%) na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio e magnésio na solução nutritiva	52
38	Concentração de magnésio (%) na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de cálcio e magnésio na solução nutritiva	53
39	Concentração de magnésio (%) na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio e sódio na solução nutritiva	54
40	Concentração de enxofre na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio na solução nutritiva	55
41	Concentração de enxofre na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de cálcio na solução nutritiva	56
42	Concentração de enxofre na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de sódio na solução nutritiva	56
43	Concentração de enxofre (%) na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio e sódio na solução nutritiva	57

Tabela nº

Página

44	Concentração de enxôfre (%) na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio, cálcio e magnésio na solução nutritiva	59
45	Concentração de boro na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de sódio na solução nutritiva	60
46	Concentração de boro (ppm) na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio, cálcio e magnésio na solução nutritiva	61
47	Concentração de cobre na matéria seca dos folhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio na solução nutritiva	62
48	Concentração de ferro (ppm) na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva	63
49	Concentração de ferro (ppm) na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio e magnésio na solução nutritiva	64
50	Concentração de ferro na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio na solução nutritiva	65
51	Concentração de manganês na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio na solução nutritiva	66

Tabela nº

Página

52	Concentração de manganês (ppm) na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de cálcio e magnésio na solução nutritiva	67
53	Concentração de manganês (ppm) na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de cálcio e magnésio na solução nutritiva	68
54	Concentração de manganês (ppm) na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio e sódio na solução nutritiva	69
55	Concentração de zinco na matéria seca das folhas e caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de cálcio na solução nutritiva	70
56	Concentração de zinco na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio na solução nutritiva	71
57	Concentração de zinco na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de magnésio na solução nutritiva	71
58	Concentração de sódio na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de sódio na solução nutritiva	72
59	Concentração de sódio (ppm) na matéria seca das folhas de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva	73

Tabela nº

Página

60	Concentração de sódio na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de magnésio na solução nutritiva	74
61	Concentração de sódio (ppm) na matéria seca dos caules de <i>Vigna sinensis</i> (L.) Endl., em função das doses de potássio, cálcio e sódio na solução nutritiva	75

CRESCIMENTO E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES E DE SÓDIO EM *Vigna sinensis*
(L.) ENDL. 'SERIDÕ' CULTIVADA EM SOLUÇÃO NUTRITIVA COM VARIAÇÃO
NO FORNECIMENTO DE POTÁSSIO, CÁLCIO, MAGNÉSIO E SÓDIO

Candidato: Zelson Tenório

Orientador: José Renato Sarruge

RESUMO

Plantas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., 'Seridõ', foram cultivadas em casa de vegetação da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba (SP), em quartzo moído, irrigadas com soluções nutritivas conforme SARRUGE (1975), com o objetivo de identificar as interrelações potássio, cálcio, magnésio e sódio na produção de matéria seca das plantas e de determinar a dependência entre a acumulação dos nutrientes e do sódio nas plantas e os tratamentos propostos.

O delineamento experimental foi um fatorial 3^4 , estudando-se o potássio, cálcio, magnésio e sódio nas concentrações de 0 - 117 - 234 ppm de potássio; 0 - 100 - 200 ppm de cálcio; 0 - 24 - 48 ppm de magnésio e 0 - 92 - 184 ppm de sódio.

A colheita dos primeiros tratamentos teve início quarenta e um dias após o plantio. As plantas coletadas foram separadas em caules e folhas e determinaram-se os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e sódio.

Os resultados mostraram que:

- A máxima produção de matéria seca dos caules foi alcançada com concentrações de 117, 100 e 24 ppm de potássio, cálcio e magnésio respectivamente, na solução nutritiva. Os aumentos de matéria seca das folhas provocados pela aplicação destes elementos, foram resultado de interação tripla entre os mesmos.

- Não foi possível detectar efeitos da aplicação de até 184 ppm de sódio, na produção de matéria seca de qualquer parte da planta.

- A aplicação de potássio, cálcio, magnésio ou sódio, aumentou a concentração do elemento em questão, na matéria seca dos caules e folhas das plantas.

- Os efeitos registrados pela aplicação de potássio na solução nutritiva, foram de diminuição das concentrações dos demais elementos na matéria seca das plantas, com exceção do enxofre e ferro nas folhas e do boro nos caules.

- Os efeitos registrados pela aplicação de cálcio ou magnésio na solução nutritiva, foram de diminuição das concentrações dos demais elementos na matéria seca das plantas, com exceção do boro nos caules.

- O comportamento do sódio aplicado à solução nutritiva, foi semelhante ao do cálcio ou magnésio, sendo registrado ainda, aumento da concentração de potássio nas folhas, quando o elemento em questão foi aplicado na dose de 184 ppm.

GROWTH AND CONCENTRATION OF NUTRIENTS AND SODIUM IN COWPEA
(*Vigna sinensis* (L.) Endl.) VAR. SERIDÃO CULTIVATED IN
CULTURE SOLUTION WITH VARIATIONS IN POTASSIUM,
CALCIUM, MAGNESIUM AND SODIUM SUPPLY

Candidate: Zelson Tenório

Adviser: José Renato Sarruge

SUMMARY

In order to examine the relations amid the K, Ca, Mg and Na in the plant's dry matter production and to decide the dependence among the nutrients and Na accumulation in the plants as well as the proposed treatments, cowpeas (*Vigna sinensis* (L.) Endl.) 'Seridão' plants were cultivated in crushed quartz and irrigated with nutritive solutions according to SARRUGE (1975).

The experimental delineation was a 3^4 factorial, had been studied K, Ca, Mg and Na in the following concentrations: 0-117-234 ppm of K; 0-100-200 ppm of Ca; 0-24-48 ppm of Mg and 0-92-184 ppm of Na.

Forty one days later the plants were harvested. The collected plants were separated into stem and leaves. After that the concentrations in N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn and Na were determined by the conventional methods.

The attained results were:

- The highest stems dry matter production was perceived by the following concentration of the elements in nutritive solutions: 117 ppm of K, 100 ppm of Ca and 24 ppm of Mg. The leaves dry matter improvements provoked by those elements resulted from a triple interaction among the above cited elements.

- It was impossible to detect the effects of the Na application on the dry matter production of any parts of the plant, even with the application of 184 ppm of Na into the nutritive solution.

- The application of K, Ca, Mg or Na improved the respective concentration of the elements in the leaves and stem dry matter.

- The noticed effects of the K application in nutritive solution was a decrease in the concentration of the elements, except S and Fe concentration in the leaves and B in the stem.

- In the same way the Ca or Mg application in the nutritive solutions showed a decrease in the concentrations of the remaining elements in the plants, save B concentration in the stem.

- The application of Na had the same behavior as Ca or Mg, being also registred a K concentration improvement in the leaves, when this element was applied at 184 ppm in the nutritive solution.

1. INTRODUÇÃO

A linha de tendência de produção e área cultivada com feijão no Brasil, segundo JUNQUEIRA *et alii* (1972), cresceu praticamente às mesmas taxas. De acordo com a FAO (1979), o rendimento médio de feijão no Brasil, alcançou naquele ano 519 kg/ha, com uma área cultivada de 4.212.000 ha e uma produção de 2.187.000 toneladas.

No Brasil, são cultivadas duas espécies: o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e o feijão macassar (*Vigna sinensis* (L.) Endl.), porém as estatísticas brasileiras não estabelecem limites entre as quantidades produzidas das duas espécies, embora MEDINA (1972), estima que aproximadamente 70% da produção de feijão da região Nordeste é do gênero *Vigna*, conhecido popularmente no Brasil como feijão macassar, feijão de corda, feijão caupi e feijão baiano, sendo citado na literatura mundial com o nome comum de cowpea.

Originários da África, segundo BURKART (1943), os feijões pertencentes a espécie *Vigna sinensis*, são cultivados no Brasil praticamente nas regiões Norte e Nordeste. Embora cultivados em escala

relativamente modesta nas regiões tropicais e subtropicais, certamente os feijões pertencentes a essa espécie, constituem alimento básico para milhões de pessoas dessas regiões, entre as quais se encontra o Nordeste do Brasil, onde algodão e gado, como maiores empreendimentos, juntamente com lavouras consorciadas de milho e feijão macassar, representa uma das principais características da agricultura tradicional da região. Além disso, é cultivado em quase toda sua totalidade na região semi-árida, cujos solos em grande parte, estão sujeitos a salinização.

WORD e SANDERS (1977), com base na hipótese da existência de substanciais deficiências nutricionais entre as famílias de baixa renda, rurais e urbanas no Nordeste brasileiro, concluíram que o nível de deficiência nutricional é severo para o homem do campo do sertão e os pobres da zona urbana do Nordeste. Por outro lado, o feijão macassar, constitui juntamente com a rapadura e a farinha de mandioca o alimento principal do homem do campo, sendo o feijão macassar, considerado por LEMOS e PONTE (1978), a principal fonte proteica vegetal para as populações nordestinas, principalmente aquelas de baixa renda.

A produtividade média do feijão macassar no Nordeste ainda é muito baixa. Segundo PAIVA (1971), no Estado do Ceará, o rendimento médio na ordem de 568 kg/ha, deve-se a pobreza natural dos solos. Assim, o conhecimento dos problemas nutricionais desta cultura se reveste da maior importância, podendo contribuir para o aumento da sua produtividade, com reflexos na economia da região.

Face ao exposto, foi conduzido o presente trabalho, com o objetivo de identificar as interrelações potássio, cálcio, magnésio e sódio na produção de matéria seca das plantas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., cultivado em solução nutritiva, bem como, determinar a dependência entre a acumulação dos nutrientes e do sódio nas plantas e os tratamentos propostos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A nutrição do feijão *Vigna sinensis* (L.) Endl., não tem merecido a devida atenção por parte da comunidade científica mundial, inclusive do Brasil e do Nordeste em particular, onde a cultura se reveste de um significado muito especial, basicamente como principal fonte protéica para as populações de mais baixa renda. Caracterizado como produto alimentar de subsistência para as populações tropicais subdesenvolvidas, não sendo portanto, produto de exportação, torna-se compreensível a escassez de literatura relacionada com os aspectos nutricionais da cultura.

SELLSCHOP (1962) relatou elevadas produções de cowpea em solos de alta fertilidade, porém, as melhores produções de sementes são obtidas em solos menos férteis, ressaltando entretanto a importância do cálcio e fósforo, bem como de nitrogênio e molibdênio para a produção.

JACQUINOT (1967), através de um estudo comparativo entre crescimento e nutrição mineral de quatro variedades de *Vigna*

unguiculata Walp., concluiu tratar-se de uma planta rica em nitrogênio, o qual se acumula principalmente nas folhas durante o ciclo vegetativo. O fósforo é absorvido em quantidades relativamente grandes, sendo 80% absorvido nos últimos 30 dias da fase vegetativa, absorve quantidades relativamente pequenas de enxofre. É uma planta rica em potássio, parecendo ser capaz de aproveitar facilmente as reservas do solo, sendo satisfatória a nutrição potássica em solo com baixo teor desse elemento. A porcentagem de absorção de cálcio é muito mais alta do que a taxa de crescimento, refletindo num aumento deste nutriente na planta, enquanto que o magnésio é absorvido principalmente no final do ciclo vegetativo. Segundo o autor, o equilíbrio entre potássio, cálcio e magnésio, depende principalmente da idade da planta, sendo quase constante nas raízes e caules, porém se modifica muito nas folhas, devido em grande parte a remoção do potássio e a acumulação progressiva de cálcio nas folhas.

Singh e Jain (1968), citados por STAMFORD (1978), na Índia, estudando o efeito do fósforo na absorção do nitrogênio e fósforo em cowpea, cultivar Russian Giant, mostraram que os níveis de nitrogênio e fósforo nas folhas aumentaram consideravelmente com o incremento dos níveis de P_2O_5 no solo.

STUART e REED (1969), nos Estados Unidos da América do Norte, desenvolvendo estudos básicos de fertilidade durante 2 anos, utilizando 2 variedades de *Vigna sinensis* (L.) Endl., e vários níveis de adubação NPK, observaram aumentos significativos no crescimento das plantas, resultantes do aumento das doses de aplicação de fósforo no

solo, não sendo muito afetado o crescimento pela aplicação de nitrogênio e potássio. O conteúdo de fósforo e potássio na planta, aumentou respectivamente com a aplicação de cada elemento no solo, sendo que a aplicação de fósforo, provocou diminuição nos níveis de potássio nas plantas. A aplicação de nitrogênio aumentou o conteúdo de cálcio e magnésio, ao passo que, a aplicação de potássio no solo, reduziu o conteúdo de cálcio e magnésio nas plantas.

PAIVA *et alii* (1971), através de estudo de adubação NPK com *Vigna sinensis* (L.) Endl., cultivar 'Seridô', em quatro localidades do Estado do Ceará, concluíram que o nitrogênio provocou um aumento de 10 a 19% na produção; o fósforo chegou a provocar um acréscimo de até 136%, não sendo registrado efeito significativo do potássio sobre o aumento de produção de grãos.

TÁVORA *et alii* (1971), estudando as respostas do feijão cowpea, variedade Seridô, às diferentes doses de adubação fosfatada (0, 25, 50, 75 e 100 kg P_2O_5 /ha), constataram haver diferenças significativas entre os tratamentos. Nas doses mais elevadas de aplicação de fósforo, ou seja, 75 e 100 kg P_2O_5 /ha, houve diminuição na produção em comparação com a dosagem de 50 kg/ha.

WORLEY *et alii* (1971), nos Estados Unidos da América do Norte, estudando o efeito do nitrogênio, fósforo e potássio na cultura do cowpea, por um período de 4 anos consecutivos, obtiveram a maior produção média com o suprimento no solo de NPK nas doses de 55 - 24 - 46 quilos de NPK/ha. Com base nos resultados obtidos, os autores sugerem as doses 28 - 55 quilos de N/ha, 12 - 24 quilos de P/ha e não mais

de 46 quilos de kg/ha.

SANCHEZ e MATA (1972), na Venezuela, em solos de textura franco arenosa ainda não cultivado anteriormente, estudaram o efeito das formas de aplicação, fontes e doses de fósforo sobre o rendimento do amendoim (*Arachis hipogaea* L.) e do feijão (*Vigna sinensis* Endl.), utilizando 3 fontes de fósforo (superfosfato simples, superfosfato triplo e fosforita), nas dosagens de 80, 100 e 120 kg P_2O_5 /ha, observaram que os rendimentos médios de ambas as culturas, foram influenciados pelas fontes, formas de aplicação e doses de fósforo; o uso de qualquer dos superfosfatos, simples e triplo, aumentou os rendimentos de ambas culturas de 1,5 a 2 vezes respectivamente, em comparação com os obtidos aplicando quantidades equivalentes de fósforo na forma de fosforita.

CAMPOS e DAMASCENO (1973), em experimento de adubação mineral NPK com *Vigna sinensis* (L.) Endl., conduzidos em solo de Pentecoste, Ceará, sob condições de irrigação, observaram que o peso das sementes foi influenciado significativamente pela fertilização potássica e pela ação conjunta de P e K.

PAIVA *et alii* (1973), estudando a adubação nitrogenada e fosfatada em feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi., cultivar Pitiúba, em 2 locais do Ceará, utilizando 5 níveis de nitrogênio (0, 30, 60, 90 e 120 kg N/ha) e fósforo (0, 40, 80, 120 e 160 kg P_2O_5 /ha), concluíram que ambos os nutrientes promoveram aumentos significativos na produção, recomendando a utilização da fórmula 60-120-40 NPK.

GODFREY-SAM-AGGREY (1973), em Sierra Leone, em solos de planalto, obtiveram respostas favoráveis a adubação com NP e NPMg, sobre

o aumento de produção de grãos de cowpea.

Estudos sobre o efeito do espaçamento e adubação NPK em *Vigna sinensis* (L.) Endl., conduzidos por PAIVA *et alii* (1974), em 8 diferentes localidades do Estado do Ceará, revelaram aumentos significativos de produção em cinco locais, tendo obtido a mais alta produção com a fórmula 30-40-30 NPK.

CHESNEY (1974), em trabalho de pesquisa na Guiana, em um solo com 2 tipos de vegetação, savana e bosque, estudou o efeito do fósforo e potássio, sobre o rendimento, seus componentes e a nodulação de *Vigna unguiculata* Walp., observou que no local de vegetação de bosque, o potássio foi o fator limitante tanto para os rendimentos como para a nodulação, sendo que em ambos os locais foram necessários os dois elementos para obtenção de rendimentos ótimos.

MALOTH e PRASAD (1976), em estudo de adubação NPK em solos da Índia, comparando o fósforo cedido por rochas fosfatadas e pelo superfosfato, relataram que *Vigna sinensis* (L.) Savi, respondeu bem ao fósforo, aumentando a produção de massa verde, sendo que o fosfato de rocha foi 50 a 55% tão eficiente quanto o superfosfato. A aplicação de 50 kg de P_2O_5 como superfosfato ou fosfato de rocha, praticamente duplicou a absorção de fósforo pelo cowpea, quando comparado com o controle, sem fósforo. A aplicação de nitrogênio aumentou a produção de massa verde.

BALASUBRAMANIAN e SINHA (1976), estudando o efeito da salinidade (NaCl) sobre o crescimento, nodulação e acumulação de

nitrogênio em *Vigna sinensis* (L.) e *Vigna aureus* (L.) cultivados em solução nutritiva, constataram que a salinidade retardou o crescimento das raízes, caules e folhas de ambas as culturas, sendo o cowpea menos sensível. As taxas de crescimento relativo das várias partes das plantas declinou inicialmente, sendo a seguir, por um período, mais altas do que aquelas do controle, sugerindo que as plantas tenderam a se adaptar as condições salinas.

ADAPETU e AKAPA (1977), em um estudo sobre crescimento de raízes e capacidade de absorção de nutrientes em 5 cultivares de cowpea na Nigéria, cultivadas em vasos com 2 tipos de solo, sendo um fértil e outro com deficiência de N, P e K, observaram que as plantas cultivadas em solo fértil tiveram maior crescimento e que a insuficiência de potássio no solo, reduziu drasticamente a absorção de fósforo pelas raízes.

KASHIRAD *et alii* (1978), no Irã, estudaram os efeitos do fósforo e ferro no crescimento e conteúdos minerais de *Vigna sinensis* (L.), em 2 tipos de solo que receberam várias doses de P (0, 50, 100 e 200 ppm) e Fe (0, 5, 10 e 20 ppm), sendo que o 1º solo tinha alto teor de sais solúveis, alto teor de Na trocável e baixos teores de N, Fe, Zn, Mn e matéria orgânica, quando comparado com o 2º solo. Segundo os autores, a produção de matéria seca das plantas cultivadas no 1º solo, foi significativamente mais baixa do que aquelas cultivadas no 2º solo, com relação a todos os tratamentos. O maior crescimento das plantas foi obtido com a adição de 50 ou 100 ppm de fósforo em cada solo, não havendo necessidade de ferro no 2º solo, enquanto que foram

necessários a adição de 20 ppm de ferro ao 1º solo, para a obtenção de um ótimo crescimento. Os conteúdos de minerais nas partes aéreas das plantas em ambos os solos, foram diretamente afetadas com o aumento das doses de fósforo e ferro aplicados, tendo sido observadas interações significativas entre os tratamentos fósforo e ferro para muitas das características medidas.

DANTAS (1978), estudando nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinensis* (L.) Endl.), utilizando duas variedades, Pitiúba e Dorminhoco, concluiu que os tratamentos que mais afetaram o desenvolvimento das plantas, foram em ordem decrescente: omissão de nitrogênio, cálcio, potássio, fósforo, ferro, boro e magnésio; em ambas as variedades, as exigências nutricionais para atingir o estágio reprodutivo são: $K > N > Ca > Mg > S > P$ para os macronutrientes e $Fe > B > Mn > Zn > Cu > Mo$ para os micronutrientes.

STAMFORD (1978), estudando o efeito de estirpe de *Rhizobium sp.*, de nitrogênio, fósforo e enxofre na avaliação da fixação de N_2 , crescimento e absorção de nutrientes em *Vigna unguiculata*(L.)Walp., observou que a aplicação de fósforo ao solo mostrou efeito positivo na absorção de nitrogênio, fósforo e enxofre, enquanto que a adição deste último influiu apenas na absorção de enxofre.

DANTAS *et alii* (1979), estudando as variações nos teores foliares de macro e micronutrientes em *Vigna sinensis* (L.) Endl., cultivado em solução nutritiva, constataram: a falta de um dado elemento provocou diminuição no seu teor; aumentos no teor de elementos não limitantes na ausência de outros no substrato como consequência do efeito

de diluição e casos de interação explicado por influência nos processos de absorção e transporte. Segundo os autores, a produção de matéria seca foi afetada na seguinte ordem decrescente: completo, -S, -Mg, -P, -K, -Ca, -N.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Química, na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba (SP), sendo iniciado em 17-10-1979.

Utilizaram-se sementes de feijão (*Vigna sinensis* (L.) Endl.) 'Seridô', procedentes da UEPAE de Caicô - EMBRAPA, Campo Experimental de Cruzeta, Rio Grande do Norte.

Foram utilizados vasos cilíndricos, de plástico com capacidade para 2 litros, contendo igual volume de quartzo moído e lavado. Foram colocadas para germinar quatro sementes por vaso, deixando-se 2 plantas por vaso após o desbaste.

As plantas foram irrigadas com solução nutritiva completa, segundo SARRUGE (1975), diluída na razão de 1:2 com água destilada e renovada a cada 5 dias. Após 14 dias, quando as mudas apresentavam um aspecto uniforme com um número médio de 5 folhas por planta, fez-se o desbaste. Antes de se iniciar os tratamentos, procedeu-se a uma lavagem do

quartzo moido com água destilada, visando eliminar os nutrientes retidos pelo material.

O delineamento experimental foi um fatorial 3^4 , estudando-se o potássio, cálcio, magnésio e sódio, nas concentrações abaixo, a partir de SARRUGE (1975).

Potássio: 0 - 117 - 234 ppm

Cálcio: 0 - 100 - 200 ppm

Magnésio: 0 - 24 - 48 ppm

Sódio: 0 - 92 - 184 ppm

As concentrações máximas de cálcio, potássio, magnésio e dos demais elementos, correspondem às recomendadas por SARRUGE (1975), para a solução completa.

As plantas foram irrigadas duas vezes ao dia, a drenagem ocorria através de orifício no fundo de cada recipiente, ligados com tubos plásticos aos frascos coletores com capacidade de 1 litro; a renovação das soluções nutritivas foi feita a cada quatro dias.

Após 41 dias do plantio, iniciou-se a colheita dos primeiros tratamentos, prolongando-se até os 51 dias.

O material colhido foi lavado, separado em caules e folhas, secos em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 70-75°C, até peso constante.

Após a determinação do peso do material seco, procedeu-se a moagem em moinho tipo Wiley malha 20. As amostras foram analisadas

quanto ao nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, conforme metodologia citada em SARRUGE e HAAG (1974). O sódio foi analisado por espectrofotometria de emissão.

Os resultados analíticos foram analisados estatisticamente segundo PIMENTEL GOMES (1973).

4. RESULTADOS

Na tabela 1 são apresentados os resultados de produção de matéria seca por planta nas folhas e caules.

As concentrações dos macro e micronutrientes determinados na matéria seca das folhas e caules encontram-se nas tabelas 2 à 7 e 8 à 13 respectivamente e os resumos das análises da variância nas tabelas 14 à 18.

Tabela 1. Produção de matéria seca (g/planta) nas folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl. em função dos níveis de potássio, cálcio, magnésio e sódio

MgNa KCa		00	01	02	10	11	12	20	21	22
00	F	1,70	2,50	1,67	3,20	0,64	1,26	1,71	0,66	3,19
	C	0,35	0,60	0,58	1,05	0,29	0,54	0,90	0,13	1,33
01	F	2,36	2,04	1,14	3,08	2,20	3,90	4,33	3,48	5,77
	C	0,69	0,65	0,44	1,54	1,10	2,10	1,94	1,94	2,72
02	F	1,60	1,00	1,85	3,93	2,84	4,47	6,77	5,10	4,44
	C	0,65	0,40	0,80	2,09	1,60	2,35	4,15	2,68	2,47
10	F	4,07	1,35	0,90	0,50	3,30	4,70	3,01	1,30	3,95
	C	2,42	0,55	0,45	0,30	2,40	3,24	2,56	0,82	2,74
11	F	6,25	5,72	2,82	6,32	7,64	9,19	10,24	8,00	4,04
	C	3,43	3,13	1,78	3,85	4,85	5,32	5,64	4,74	2,32
12	F	7,26	6,59	8,23	6,05	4,68	4,50	4,99	3,67	4,37
	C	3,22	3,55	3,71	3,81	3,03	2,53	3,11	2,11	2,79
20	F	1,38	2,12	2,68	3,04	1,59	3,70	2,40	3,50	1,55
	C	0,97	1,34	1,67	1,79	0,99	2,50	1,95	2,55	1,05
21	F	7,11	8,86	6,51	4,07	6,05	5,08	4,90	2,79	4,24
	C	2,84	3,44	3,39	2,71	3,80	3,11	3,21	1,81	2,76
22	F	8,57	6,22	4,83	7,88	5,96	6,21	4,91	8,83	4,46
	C	4,04	2,93	3,49	4,59	3,51	3,86	3,86	5,26	3,27

F = Folha C = Caule

Tabela 2. Concentração de nitrogênio (%) na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

MgNa KCa		00	01	02	10	11	12	20	21	22
00	F	4,21	5,91	6,03	6,59	4,68	3,78	5,95	5,46	5,89
	C	5,31	5,32	5,01	4,73	5,04	4,69	6,83	4,61	4,23
01	F	5,45	4,66	5,36	5,04	5,29	5,33	5,71	4,55	4,33
	C	5,26	4,00	4,10	4,30	3,44	3,29	3,32	3,50	2,94
02	F	5,14	5,00	5,22	5,56	3,91	4,61	3,99	5,64	4,93
	C	4,75	4,38	4,33	3,68	3,74	2,86	2,70	3,11	2,17
10	F	5,18	5,31	3,93	3,71	5,14	4,77	4,45	4,91	4,23
	C	4,19	3,70	3,82	3,19	3,35	3,56	3,61	2,20	3,04
11	F	4,24	3,91	4,09	4,72	4,77	4,62	4,40	4,80	4,49
	C	3,18	2,72	2,76	2,67	2,17	2,11	2,09	2,69	2,52
12	F	3,92	4,73	4,35	4,24	4,28	4,17	3,49	4,06	3,93
	C	2,69	2,58	1,97	1,51	2,30	2,25	1,99	2,45	1,95
20	F	4,56	4,20	4,61	4,05	4,07	4,52	4,10	4,54	4,65
	C	3,74	3,26	3,28	2,80	2,95	2,86	2,53	3,05	2,66
21	F	3,18	4,33	4,47	4,20	4,65	3,84	4,70	4,27	4,77
	C	2,46	2,21	2,35	2,72	2,32	1,75	2,24	2,09	2,16
22	F	4,58	4,47	4,51	4,84	4,52	4,37	3,64	4,10	3,39
	C	2,60	2,39	2,03	2,04	1,99	1,62	2,11	1,33	2,10

F = Folha C = Caule

Tabela 3. Concentração de fósforo (%) na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

MgNa KCa		00	01	02	10	11	12	20	21	22
00	F	0,89	0,95	0,96	1,09	0,72	0,80	1,25	0,77	0,95
	C	0,46	0,47	0,58	0,25	0,40	0,41	0,65	0,46	0,42
01	F	0,76	0,90	0,59	0,70	0,62	0,83	0,79	0,91	0,74
	C	0,44	0,51	0,47	0,46	0,47	0,46	0,48	0,45	0,40
02	F	0,80	0,90	0,81	0,86	0,78	0,90	0,77	0,91	0,62
	C	0,52	0,67	0,53	0,48	0,53	0,41	0,43	0,43	0,41
10	F	0,59	0,63	0,83	0,45	0,74	0,78	0,59	0,70	0,61
	C	0,51	0,46	0,52	0,42	0,41	0,43	0,43	0,37	0,45
11	F	0,55	0,65	0,57	0,80	0,78	0,64	0,61	0,63	0,79
	C	0,39	0,37	0,40	0,46	0,31	0,38	0,41	0,44	0,40
12	F	0,66	0,63	0,58	0,58	0,57	0,44	0,50	0,49	0,40
	C	0,39	0,37	0,39	0,44	0,37	0,40	0,33	0,41	0,36
20	F	0,61	0,63	0,55	0,37	0,42	0,59	0,55	0,51	0,58
	C	0,42	0,46	0,42	0,43	0,43	0,46	0,44	0,46	0,49
21	F	0,65	0,66	0,72	0,55	0,67	0,54	0,36	0,59	0,48
	C	0,33	0,35	0,37	0,41	0,33	0,39	0,33	0,28	0,27
22	F	0,52	0,60	0,59	0,23	0,61	0,50	0,21	0,30	0,16
	C	0,43	0,37	0,31	0,36	0,30	0,29	0,26	0,20	0,27

F = Folha C = Caule

Tabela 4. Concentração de potássio (%) na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

MgNa KCa		00	01	02	10	11	12	20	21	22
00	F	1,07	1,38	2,14	0,84	1,68	1,91	1,38	1,84	1,15
	C	0,38	0,31	0,77	0,46	0,46	0,38	1,07	0,77	0,46
01	F	1,45	1,68	1,53	1,53	1,99	1,22	0,99	0,92	0,77
	C	1,30	0,77	0,77	0,69	0,92	0,54	0,77	0,61	0,46
02	F	1,30	2,07	1,53	1,07	1,38	0,77	0,61	0,69	0,92
	C	0,77	1,53	1,07	0,61	0,77	0,54	0,46	0,38	0,46
10	F	3,52	4,28	3,83	3,21	3,67	3,83	3,83	3,67	3,83
	C	1,76	2,45	2,45	2,30	2,45	1,38	2,22	3,06	1,68
11	F	3,06	3,21	3,83	3,14	3,06	2,60	2,45	3,21	3,37
	C	1,99	1,68	1,53	1,99	1,68	1,99	1,68	2,30	1,84
12	F	2,45	2,91	2,91	3,06	3,67	4,28	3,29	3,83	3,98
	C	2,30	2,22	1,84	2,14	2,30	1,91	2,14	2,91	2,14
20	F	5,51	5,66	5,20	5,20	5,13	5,28	5,20	5,66	7,03
	C	4,74	4,44	3,67	3,75	4,28	3,44	4,74	4,13	6,66
21	F	4,44	5,05	4,74	4,90	4,90	4,74	4,51	4,28	4,44
	C	3,67	3,29	2,91	3,98	3,83	2,91	4,44	3,52	3,60
22	F	4,51	4,59	4,74	3,98	4,13	4,51	4,44	3,67	4,51
	C	4,28	4,13	3,06	3,67	3,67	3,21	2,75	2,45	2,14

F = Folha C = Caule

Tabela 5. Concentração de cálcio (%) na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

MgNa KCa		00	01	02	10	11	12	20	21	22
00	F	0,69	0,65	1,09	0,57	1,26	1,21	0,98	1,09	0,59
	C	0,51	0,18	0,34	0,12	0,33	0,21	0,30	0,20	0,12
01	F	2,54	2,59	1,81	2,53	2,56	2,60	2,47	2,41	2,23
	C	1,85	1,19	1,12	0,74	0,68	0,59	1,11	0,64	0,51
02	F	3,49	3,37	2,92	3,24	3,31	3,84	3,32	3,84	2,97
	C	1,88	1,81	1,63	1,19	1,13	1,00	0,96	0,91	0,61
10	F	1,24	0,93	1,16	1,02	0,88	0,51	0,87	1,00	0,85
	C	0,32	0,35	0,36	0,32	0,20	0,12	0,16	0,19	0,13
11	F	1,94	2,20	1,92	2,36	2,67	2,51	2,70	2,71	1,80
	C	0,88	0,90	0,69	0,84	0,53	0,64	0,75	0,68	0,57
12	F	3,08	3,67	3,01	3,46	3,01	2,71	3,09	3,10	3,02
	C	1,81	1,30	1,24	1,11	0,98	0,93	0,84	1,04	0,78
20	F	1,10	1,04	1,15	0,68	0,95	0,88	0,92	0,86	0,76
	C	0,31	0,28	0,22	0,18	0,22	0,20	0,22	0,17	0,24
21	F	1,67	1,56	1,75	1,65	2,30	1,56	2,23	2,21	1,65
	C	1,18	1,03	0,77	0,71	0,71	0,53	0,65	0,56	0,52
22	F	1,09	2,17	2,48	3,24	2,86	2,68	2,85	2,98	2,75
	C	1,53	1,26	0,96	1,09	0,94	0,79	0,62	0,72	0,65

F = Folha C = Caule

Tabela 6. Concentração de magnésio (%) na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

MgNa KCa		00	01	02	10	11	12	20	21	22
00	F	0,18	0,23	0,31	0,74	0,60	0,66	1,05	0,86	0,92
	C	0,32	0,15	0,20	0,82	0,40	0,34	1,09	0,66	0,66
01	F	0,17	0,24	0,19	0,56	0,61	0,68	0,83	0,83	0,96
	C	0,29	0,11	0,17	0,54	0,50	0,48	0,92	0,63	0,71
02	F	0,16	0,29	0,18	0,46	0,49	0,70	0,74	0,87	0,66
	C	0,25	0,28	0,19	0,51	0,46	0,52	0,64	0,67	0,53
10	F	0,22	0,17	0,25	0,54	0,48	0,50	0,63	0,72	0,66
	C	0,23	0,14	0,12	0,37	0,41	0,34	0,51	0,58	0,46
11	F	0,11	0,14	0,19	0,37	0,50	0,49	0,75	0,81	0,64
	C	0,11	0,10	0,12	0,46	0,45	0,51	0,87	0,73	0,57
12	F	0,10	0,14	0,11	0,40	0,41	0,37	0,57	0,60	0,55
	C	0,13	0,11	0,10	0,46	0,36	0,34	0,54	0,67	0,43
20	F	0,25	0,25	0,21	0,37	0,47	0,41	0,56	0,63	0,53
	C	0,18	0,19	0,15	0,43	0,30	0,32	0,45	0,53	0,40
21	F	0,09	0,08	0,10	0,35	0,41	0,34	0,58	0,56	0,55
	C	0,10	0,09	0,09	0,43	0,45	0,32	0,67	0,50	0,47
22	F	0,10	0,10	0,11	0,23	0,37	0,39	0,54	0,52	0,44
	C	0,13	0,11	0,09	0,34	0,46	0,29	0,49	0,48	0,37

F = Folha C = Caule

Tabela 7. Concentração de enxôfre (%) na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

MgNa KCa		00	01	02	10	11	12	20	21	22
00	F	0,25	0,24	0,33	0,53	0,23	0,35	0,44	0,34	0,38
	C	0,78	0,63	0,83	0,64	0,65	0,75	0,70	0,38	0,60
01	F	0,40	0,23	0,18	0,32	0,20	0,30	0,30	0,23	0,34
	C	0,65	0,70	0,68	0,47	0,46	0,48	0,62	0,48	0,66
02	F	0,26	0,20	0,17	0,22	0,19	0,23	0,19	0,23	0,17
	C	0,67	0,73	0,52	0,60	0,53	0,53	0,38	0,41	0,44
10	F	0,51	0,54	0,30	0,36	0,37	0,36	0,30	0,32	0,33
	C	0,50	0,75	0,48	0,55	0,49	0,41	0,44	0,53	0,41
11	F	0,38	0,39	0,30	0,39	0,35	0,28	0,44	0,34	0,37
	C	0,44	0,55	0,44	0,44	0,45	0,39	0,58	0,53	0,52
12	F	0,35	0,30	0,27	0,22	0,22	0,37	0,22	0,16	0,26
	C	0,53	0,46	0,42	0,46	0,44	0,48	0,58	0,48	0,42
20	F	0,36	0,34	0,34	0,40	0,39	0,34	0,41	0,42	0,30
	C	0,43	0,44	0,39	0,46	0,44	0,39	0,43	0,48	0,47
21	F	0,32	0,41	0,29	0,36	0,32	0,30	0,39	0,24	0,25
	C	0,53	0,46	0,51	0,53	0,44	0,48	0,43	0,35	0,33
22	F	0,30	0,25	0,28	0,30	0,24	0,30	0,33	0,18	0,50
	C	0,56	0,39	0,40	0,41	0,36	0,36	0,37	0,35	0,33

F = Folha C = Caule

Tabela 8. Concentração de boro (ppm) na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

MgNa KCa		00	01	02	10	11	12	20	21	22
00	F	19	80	159	137	150	120	196	39	96
	C	18	11	104	64	40	86	70	69	56
01	F	172	127	212	145	155	143	129	103	121
	C	61	99	149	30	35	43	42	29	52
02	F	131	194	171	150	131	146	116	127	102
	C	53	55	65	53	38	44	33	35	26
10	F	173	153	169	131	191	135	146	152	109
	C	57	155	94	24	21	24	35	72	29
11	F	143	145	113	159	165	132	148	120	127
	C	24	52	67	24	34	36	28	24	25
12	F	118	138	96	155	118	127	141	125	110
	C	32	99	33	25	28	106	27	75	29
20	F	160	147	125	140	122	118	166	160	93
	C	55	55	59	49	35	50	45	46	40
21	F	118	130	118	116	157	103	162	114	122
	C	34	44	58	39	32	59	36	29	37
22	F	161	102	125	138	132	126	132	99	118
	C	32	62	103	30	48	25	28	73	26

F = Folha C = Caule

Tabela 9. Concentração de cobre (ppm) na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

MgNa KCa		00	01	02	10	11	12	20	21	22
00	F	6	7	8	7	5	6	7	8	5
	C	8	5	9	7	5	5	5	7	6
01	F	10	8	7	8	7	6	9	5	8
	C	10	6	7	6	7	8	8	5	6
02	F	5	9	10	7	6	8	5	7	9
	C	6	6	8	5	6	5	4	6	24
10	F	7	7	5	6	10	6	7	6	6
	C	5	25	5	5	5	5	4	4	5
11	F	7	7	6	7	8	7	8	8	8
	C	4	3	4	4	5	5	6	6	5
12	F	7	6	7	5	6	5	5	5	4
	C	5	3	4	3	3	2	3	2	2
20	F	7	6	5	4	5	6	6	7	4
	C	3	3	4	3	3	4	6	5	2
21	F	5	7	8	6	6	4	6	6	8
	C	3	4	2	2	2	2	3	2	3
22	F	8	7	7	4	5	6	5	6	5
	C	4	2	3	2	2	3	2	2	2

F = Folha C = Caule

Tabela 10. Concentração de ferro (ppm) na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

MgNa KCa		00	01	02	10	11	12	20	21	22
00	F	463	548	412	576	270	289	201	147	273
	C	142	159	175	92	185	163	170	177	108
01	F	143	371	225	196	210	136	208	166	268
	C	84	134	273	111	157	130	102	104	169
02	F	136	238	240	148	138	226	148	217	96
	C	153	187	191	88	42	93	46	70	45
10	F	142	249	297	319	262	314	206	359	572
	C	54	85	80	88	57	50	39	61	50
11	F	325	450	328	379	308	251	574	153	304
	C	59	75	69	68	95	82	101	93	59
12	F	111	95	63	145	93	100	132	130	114
	C	64	83	62	49	79	65	187	63	94
20	F	266	227	155	150	165	228	212	193	307
	C	156	71	118	53	68	49	76	52	55
21	F	270	71	61	119	100	110	99	154	114
	C	70	58	59	77	70	53	108	47	55
22	F	88	96	86	64	53	58	44	64	18
	C	76	70	77	70	47	53	51	138	49

F = Folha C = Caule

Tabela 11. Concentração de manganês (ppm) na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

MgNa KCa		00	01	02	10	11	12	20	21	22
00	F	264	321	312	305	172	223	306	215	240
	C	192	129	92	104	32	48	89	54	57
01	F	297	270	263	285	350	238	248	182	201
	C	145	40	59	55	35	23	59	30	32
02	F	200	260	289	229	188	247	170	201	153
	C	46	33	74	53	32	38	25	26	19
10	F	226	218	151	90	246	182	190	149	236
	C	74	110	99	20	47	55	30	53	32
11	F	161	202	181	185	203	188	213	231	168
	C	18	27	23	28	22	28	25	34	23
12	F	169	180	173	131	119	120	116	132	97
	C	38	24	26	12	13	14	14	16	11
20	F	207	224	227	105	183	195	244	255	176
	C	55	43	62	50	34	41	44	49	33
21	F	158	161	188	158	175	136	190	130	168
	C	58	44	42	28	21	15	27	26	20
22	F	181	183	186	107	122	143	71	93	60
	C	36	39	25	21	15	18	6	11	8

F = Folha C = Caule

Tabela 12. Concentração de zinco (ppm) na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

MgNa KCa		00	01	02	10	11	12	20	21	22
00	F	55	100	72	133	61	83	73	83	74
	C	53	160	76	146	33	40	39	66	70
01	F	110	55	62	66	120	50	123	37	40
	C	93	46	110	53	129	37	133	17	29
02	F	39	59	88	45	54	71	38	54	47
	C	41	76	150	39	71	55	19	36	35
10	F	92	57	59	45	86	62	55	62	76
	C	85	101	95	22	74	40	32	71	66
11	F	66	59	62	52	55	40	48	53	42
	C	49	28	37	20	17	18	21	26	14
12	F	42	53	49	47	39	36	35	45	42
	C	25	18	35	18	16	17	11	20	21
20	F	45	51	50	50	41	110	92	60	48
	C	40	45	50	53	27	100	82	55	35
21	F	40	36	58	78	63	40	51	64	66
	C	32	28	34	46	28	19	26	36	54
22	F	56	63	49	35	42	67	31	27	18
	C	67	133	46	31	21	32	13	14	12

F = Folha C = Caule

Tabela 13. Concentração de sódio (ppm) na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

MgNa KCa		00	01	02	10	11	12	20	21	22
00	F	255	1404	1531	255	510	1531	255	510	2552
	C	510	8.677	16.320	255	4.594	12.240	510	8.677	10.718
01	F	400	500	600	255	255	1276	128	128	255
	C	255	7.146	8.932	255	4.338	6.380	255	4.211	7.911
02	F	350	600	900	255	255	510	128	255	766
	C	255	3.818	7.146	255	4.594	7.401	766	4.083	6.890
10	F	255	893	2042	300	400	1300	255	255	510
	C	638	8.677	14.790	510	4.338	9.953	383	6.125	7.911
11	F	255	255	510	383	510	2297	383	766	1021
	C	766	8.166	12.750	510	3.573	12.240	510	6.125	15.810
12	F	255	510	1786	255	255	893	300	400	600
	C	638	7.146	12.240	1.021	5.104	14.280	383	6.625	8.294
20	F	383	510	510	255	383	510	200	600	400
	C	766	5.870	8.932	766	8.677	6.635	383	4.338	7.528
21	F	255	638	1531	400	500	800	255	510	1148
	C	766	8.549	11.220	510	5.870	9.953	510	4.083	7.656
22	F	255	510	1786	255	510	1148	600	500	700
	C	510	5.870	12.750	638	5.359	9.953	255	5.359	7.146

F = Folha C = Caule

Tabela 14. Resumo das análises de variância da produção de matéria seca (g/planta) das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

Causa de variação	GL	QM	
		Matéria seca das folhas	Matéria seca do caule
K	2	37,1162**	21,4178**
Ca	2	74,3828**	21,6344**
Mg	2	0,9947	4,0445*
Na	2	1,9356	0,4820
K x Ca	4	6,6412	2,1734
K x Mg	4	6,6599	1,1392
K x Na	4	1,5367	0,2490
Ca x Mg	4	0,1672	0,2030
Ca x Na	4	1,3414	0,4180
Mg x Na	4	2,1036	0,7009
K x Ca x Mg	8	6,9938*	1,3140
K x Ca x Na	8	1,2871	0,3439
Ca x Mg x Na	8	1,7537	0,3576
K x Mg x Na	8	1,6727	0,5862
Resíduo	16	2,5951	0,9038
Total	80		
C.V. %		38,39	40,22

* Quadrados médios correspondentes a valores de F significativos a 5% de probabilidade.

** Quadrados médios correspondentes a valores de F significativos a 1% de probabilidade.

Tabela 15. Resumo das análises da variância das concentrações (%) de N, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

Causa de variação	G.L.	Q.M.				
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
K	2	5,3759**	0,7435**	84,7244**	1,5034**	0,3043**
Ca	2	0,8980	0,0982**	3,2156**	30,1119**	0,0728**
Mg	2	0,0445	0,0380	0,1661	0,2385	1,8068**
Na	2	0,0903	0,0095	0,7999*	0,3092	0,0050
K x Ca	4	0,1358	0,0419*	0,7136*	0,4290*	0,0022
K x Mg	4	0,1016	0,0316	0,3258	0,1041	0,0342**
K x Na	4	0,3105	0,0187	0,1656	0,0456	0,0025
Ca x Mg	4	0,5720	0,0317	0,3016	0,1833	0,0074
Ca x Na	4	0,0379	0,0162	0,1081	0,0715	0,0034
Mg x Na	4	0,2171	0,0046	0,0787	0,0949	0,0061
K x Ca x Mg	8	0,2270	0,0086	0,3790	0,1856	0,0032
K x Ca x Na	8	0,1566	0,0170	0,0839	0,0300	0,0036
Ca x Mg x Na	8	0,2674	0,0077	0,0714	0,0938	0,0028
K x Mg x Na	8	0,3023	0,0132	0,0982	0,1213	0,0037
Resíduo	16	0,4882	0,0116	0,1738	0,0995	0,0039
Total	80					
C.V. %		15,16	16,46	13,05	15,43	14,09
						21,63

* Quadrados médios correspondentes a valores de F significativos a 5% de probabilidade

** Quadrados médios correspondentes a valores de F significativos a 1% de probabilidade.

Tabela 16. Resumo das análises da variância das concentrações (%) de N, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

Causa de variação	G.L.	Q.M.				
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
K	2	22,5129**	0,0728**	63,7618**	0,2059**	0,1704**
Ca	2	11,7177**	0,0243**	0,9793*	5,1362**	0,0193*
Mg	2	3,4136**	0,0152**	0,1705	1,2687**	1,3521**
Na	2	1,0968**	0,0009	0,6712	0,3024**	0,0836**
K x Ca	4	0,2493	0,0168**	1,3850**	0,0543**	0,0080
K x Mg	4	0,2026	0,0053*	0,1157	0,0661**	0,0136
K x Na	4	0,2902	0,0028	0,2152	0,0108	0,0185*
Ca x Mg	4	0,0691	0,0107**	0,8369*	0,2032**	0,0188*
Ca x Na	4	0,1198	0,0025	0,1443	0,0461*	0,0116
Mg x Na	4	0,0771	0,0016	0,0951	0,0282	0,0088
K x Ca x Mg	8	0,3905	0,0053*	0,4702	0,0265*	0,0059
K x Ca x Na	8	0,1175	0,0015	0,1641	0,0108	0,0091
Ca x Mg x Na	8	0,2851	0,0032	0,0690	0,0116	0,0053
K x Mg x Na	8	0,1005	0,0043	0,3616	0,0213	0,0028
Resíduo	16	0,1714	0,0017	0,1942	0,0100	0,0046
Total	80					
C.V. %		13,38	10,03	20,26	14,03	17,16
						12,10

* Quadrados médios correspondentes a valores de F significativos a 5% de probabilidade

** Quadrados médios correspondentes a valores de F significativos a 1% de probabilidade.

Tabela 17. Resumo das análises da variância das concentrações (ppm) de B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

Causa de variação	G.L.	Q.M.					
		Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco	Sódio
K	2	542,8271	10,7037*	123.347,492**	54.292,310**	2.474,037	31.070,203
Ca	2	277,2715	5,4444	205.925,343**	24.395,605**	3.426,926*	107.249,093
Mg	2	1.507,9380	5,1481	6.369,418	10.829,124*	354,037	264.054,953
Na	2	1.263,1606	0,4444	1.083,047	491,863	67,000	4.676.671,170**
K x Ca	4	2.364,5676	2,6481	30.647,216**	1.318,085	82,630	518.590,094*
K x Mg	4	602,0122	1,7407	16.870,123*	1.976,825	224,074	43.145,943
K x Na	4	1.264,5120	1,4815	1.410,753	961,456	166,815	73.931,891
Ca x Mg	4	144,5676	2,2593	1.160,253	5.474,678*	324,518	165.549,992
Ca x Na	4	18,0117	2,8889	6.214,661	499,252	554,426	42.933,156
Mg x Na	4	1.820,1785	0,1481	10.128,680	1.361,493	95,926	104.278,281
K x Ca x Mg	8	1.152,5306	0,7130	10.650,011	1.065,272	182,250	172.894,144
K x Ca x Na	8	628,9200	2,2870	10.595,253	1.090,650	339,018	226.255,277
Ca x Mg x Na	8	822,9756	1,3704	8.706,956	1.257,780	376,852	115.538,535
K x Mg x Na	8	804,7809	1,3518	7.467,188	1.122,114	260,768	153.094,656
Resíduo	16	842,7998	1,7685	5.344,690	1.757,019	721,389	112.260,085
Total	80						
C.V. %		21,74	20,40	34,76	21,61	45,49	53,73

* Quadrados médios correspondentes a valores de F significativos a 5% de probabilidade

** Quadrados médios correspondentes a valores de F significativos a 1% de probabilidade.

Tabela 18. Resumo das análises da variância das concentrações (ppm) de B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

Causa de variação	G.L.	Q.M.					
		Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco	Sódio
K	2	547,0495	116,1975**	30.945,197**	6.552,778**	7.639,000*	11.503.834*
Ca	2	581,4939	11,4938	1.198,902	10.535,444**	5.008,000*	4.056.933
Mg	2	4.609,2347**	12,7531	4.357,716	7.446,926**	5.035,815*	17.589.501**
Na	2	2.252,0865*	1,8272	105,642	1.300,481**	100,481	630.098.532**
K x Ca	4	658,5863	16,8272	3.205,642	440,444	1.089,889	11.010.846**
K x Mg	4	202,2158	6,3086	2.906,845	606,037	487,426	1.784.258
K x Na	4	979,0122	14,7716	2.345,216	1.683,381**	77,259	6.814.494*
Ca x Mg	4	236,6048	8,1049	946,271	815,815*	726,037	2.347.108
Ca x Na	4	330,2345	12,1235	478,419	213,037	673,648	1.247.263
Mg x Na	4	1.555,1973	5,2716	1.547,567	190,241	465,185	5.091.832
K x Ca x Mg	8	1.533,4753*	12,2716	2.243,318	519,342	808,898	2.476.906
K x Ca x Na	8	434,7994	10,0123	1.271,994	498,537	875,259	5.596.106*
Ca x Mg x Na	8	213,9846	9,3179	619,207	100,518	843,435	2.796.780
K x Mg x Na	8	534,1513	9,4660	662,780	118,102	992,018	1.474.610
Resíduo	16	401,4106	12,4985	1.276,545	204,921	1.379,310	1.872.758
Total	80						
C.V. %		40,90	71,59	38,65	34,02	75,06	24,76

* Quadrados médios correspondentes a valores de F significativos a 5% de probabilidade

** Quadrados médios correspondentes a valores de F significativos a 1% de probabilidade.

5. DISCUSSÃO

5.1. Produção de Matéria Seca das Folhas e Caules

A produção de matéria seca das folhas em função das doses de potássio, cálcio e magnésio na solução nutritiva, encontra-se na tabela 19. O efeito do magnésio sobre a produção de matéria seca não foi consistente, ocorrendo aumento ou diminuição de matéria seca pelo fornecimento do elemento à solução nutritiva, em apenas dois tratamentos. Os aumentos de matéria seca pela adição de potássio, apareceram predominantemente nos tratamentos em que não foi fornecido magnésio à solução nutritiva e somente naqueles em que o cálcio estava presente. A adição de cálcio provocou aumento na produção de matéria seca, excetuando-se os casos em que o potássio e o magnésio estavam limitando a produção (tratamentos $K_0 Mg_0$ ou $K_0 Mg_{24}$). DANTAS *et alii* (1979), observaram que a ausência de qualquer macronutriente na solução nutritiva, provocou diminuição na produção de matéria seca das plantas de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

Tabela 19. Produção de matéria seca (g) das folhas de *Vigna sinensis* (L.)
Endl., em função das doses de potássio, cálcio e magnésio na
solução nutritiva

K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)		
		0	24	48
0	0	1,96	1,70	1,85
	100	1,85	3,06	4,53
	200	1,48	3,75	5,44
117	0	2,11	2,83	2,75
	100	4,93	7,72	7,43
	200	7,36	5,08	4,34
234	0	2,06	2,78	2,48
	100	7,49	5,07	3,98
	200	6,54	6,68	6,07
		K dentro de Mg x Ca = 3,39		
D.M.S. Tukey 5%		Ca dentro de K x Mg = 3,39		
		Mg dentro de K x Ca = 3,39		

Nas tabelas 20, 21 e 22 são apresentados respectivamente, os efeitos isolados do potássio, cálcio e magnésio sobre a produção de matéria seca dos caules. A adição do primeiro nível de cada elemento no substrato, foi suficiente para se obter o máximo de produção de matéria

seca, embora MUNSON (1968), tenha salientado que as interações produzem mudanças a nível subcelular, que poderão influenciar a fotossíntese, respiração, utilização e translocação de carboidratos e ácidos orgânicos.

Tabela 20. Produção de matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio na solução nutritiva

K (ppm) na solução	Matéria seca (g)
0	1,34
117	2,91
234	2,84

D.M.S. Tukey 5% = 0,67

Tabela 21. Produção de matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.)
Endl., em função das doses de cálcio na solução nutritiva

Ca (ppm) na solução	Matéria seca (g)
0	1,34
100	2,79
200	2,97
D.M.S. Tukey 5% = 0,67	

Tabela 22. Produção de matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.)
Endl., em função das doses de magnésio na solução nutritiva

Mg (ppm) na solução	Matéria seca (g)
0	1,92
24	2,55
48	2,62
D.M.S. Tukey 5% = 0,67	

5.2. Concentração de Nutrientes na Matéria Seca em Função das doses de Potássio, Cálcio, Magnésio e Sódio

5.2.1. Concentração de Nitrogênio

A influência do potássio sobre a concentração de nitrogênio na matéria seca das folhas e caules encontra-se na tabela 23 e os efeitos isolados do cálcio e magnésio sobre a concentração de nitrogênio na matéria seca dos caules nas tabelas 24 e 25 respectivamente. A adição de cálcio ou magnésio à solução, diminuiu a concentração do nitrogênio na matéria seca dos caules, enquanto que o potássio afetou da mesma forma, caules e folhas. O efeito de diluição pode explicar em parte as variações assinaladas, uma vez que sempre estiveram relacionadas com o aumento de matéria seca. DANTAS *et alii* (1979) verificaram que a deficiência de qualquer macronutriente, exceto a de enxofre, causou um aumento na porcentagem de nitrogênio nas folhas de duas variedades de *Vigna sinensis* (L.) Endl. cultivadas em solução nutritiva.

Tabela 23. Concentração de nitrogênio na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio na solução nutritiva

K (ppm) na solução	N (%) na matéria seca	
	folhas	caules
0	5,12	4,13
117	4,40	2,71
234	4,30	2,43
D.M.S. Tukey 5% =		0,29

Tabela 24. Concentração de nitrogênio na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de cálcio na solução nutritiva

Ca (ppm) na solução	N (%) na matéria seca
0	3,83
100	2,86
200	2,58
D.M.S. Tukey 5% = 0,29	

Tabela 25. Concentração de nitrogênio na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de magnésio na solução nutritiva

Mg (ppm) na solução	N (%) na matéria seca
0	3,50
24	2,96
48	2,82
D.M.S. Tukey 5% = 0,29	

Na tabela 26, são apresentadas as concentrações de nitrogênio na matéria seca dos caules, em função das doses de sódio na solução nutritiva. A adição de 184 ppm de sódio ao substrato, diminuiu o teor de nitrogênio na matéria seca dos caules, o que não pode ser explicado por efeito de diluição, uma vez que o elemento não afetou a produção de matéria seca dessa parte da planta. Este resultado concorda com os obtidos por WADLEIGH e GAUCH (1942), os quais observaram que a adição de cloreto de sódio ao substrato, está associada com a diminuição de nitrogênio em plantas de feijão "red kidney".

Tabela 26. Concentração de nitrogênio na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de sódio na solução nutritiva

Na (ppm) na solução	N (%) na matéria seca
0	3,30
92	3,07
184	2,90
D.M.S. Tukey 5% = 0,29	

5.2.2. Concentração de Fósforo

As concentrações de fósforo na matéria seca das folhas em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva são apresentadas na tabela 27. A adição de potássio ou de cálcio à solução nutritiva, na maioria dos casos provocou diminuição da concentração de fósforo na matéria seca das folhas, que pelo menos parcialmente pode ser explicado pelo efeito de diluição, uma vez que as plantas nestas condições tiveram maiores acúmulos de matéria seca. DANTAS *et alii* (1979), observaram aumentos nos teores de fósforo nas folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., nos tratamentos com omissão de nitrogênio, de potássio, de cálcio ou de magnésio, na solução nutritiva, atribuindo a um provável efeito de diluição no tratamento completo, onde os teores de fósforo nas folhas foram mais baixos.

Tabela 27. Concentração de fósforo (%) na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva

K (ppm)	Ca (ppm)		
	0	100	200
0	0,93	0,76	0,82
117	0,66	0,67	0,54
234	0,53	0,58	0,41
D.M.S. Tukey 5%			
	K dentro de Ca = 0,13		
	Ca dentro de K = 0,13		

As concentrações de fósforo na matéria seca dos caules em função das doses de potássio, cálcio e magnésio na solução nutritiva são apresentadas na tabela 28. De uma forma geral, os efeitos que foram possível registrar pela adição de cálcio, potássio ou magnésio ao substrato, foram de diminuição na concentração de fósforo na matéria seca dos caules. Convém salientar, que os elementos citados aumentaram também a produção de matéria seca, sugerindo portanto o efeito de diluição. As observações feitas por DANTAS *et alii* (1979), mencionadas na tabela anterior, também são válidas para os resultados aqui registrados.

Tabela 28. Concentração de fósforo (%) na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio, cálcio e magnésio na solução nutritiva

K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)		
		0	24	48
0	0	0,50	0,35	0,51
	100	0,47	0,46	0,44
	200	0,57	0,47	0,42
117	0	0,50	0,42	0,42
	100	0,39	0,38	0,42
	200	0,38	0,40	0,37
234	0	0,43	0,44	0,46
	100	0,35	0,38	0,29
	200	0,37	0,32	0,24
K dentro de Ca x Mg = 0,09				
D.M.S. Tukey 5% Ca dentro de K x Mg = 0,09				
Mg dentro de K x Ca = 0,09				

5.2.3. Concentração de Potássio

Na tabela 29 são apresentadas as concentrações de potássio na matéria seca das folhas em função das doses de sódio na solução nutritiva. A adição de 184 ppm de sódio ao substrato, provocou aumento na concentração de potássio na matéria seca, o que em parte pode ser explicado pelo efeito de concentração, uma vez que a adição de sódio ao substrato diminuiu a quantidade de matéria seca produzida. WALLACE *et alii* (1948), observaram que a adição de sódio à solução nutritiva provocou aumento na concentração de potássio em plantas de alfafa com baixo teor desse elemento, provavelmente devido a substituição nas raízes do potássio pelo sódio, com seu subsequente movimento para a parte aérea. Por outro lado, BOWER e WADLEIGH (1948), constataram diminuição no acúmulo de potássio nas folhas de feijão "red kidney", somente quando foram adicionadas doses elevadas de sódio à solução nutritiva.

Tabela 29. Concentração de potássio na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função de doses de sódio na solução nutritiva

Na (ppm) na solução	K (%) na matéria seca
0	3,00
92	3,27
184	3,32
D.M.S. Tukey	= 0,29

As concentrações de potássio na matéria seca das folhas e caules, em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva, são mostradas nas tabelas 30 e 31 respectivamente. A adição de potássio ao substrato, aumentou a concentração do elemento na matéria seca das folhas e caules. A adição de cálcio na presença de potássio na solução nutritiva, na maioria dos casos diminuiu a concentração de potássio na matéria seca das folhas e caules, sendo que, para os caules o fato se verificou apenas na presença da maior dose de potássio. Provavelmente, o cálcio afetou por antagonismo a absorção de potássio pelas plantas.

Tabela 30. Concentração de potássio (%) na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva

K (ppm)	Ca (ppm)		
	0	100	200
0	1,49	1,34	1,15
117	3,74	3,10	3,37
234	5,54	4,67	4,34
D.M.S. Tukey 5%			
K dentro de Ca = 0,51			
Ca dentro de K = 0,51			

Tabela 31. Concentração de potássio (%) na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva

K (ppm)	Ca (ppm)		
	0	100	200
0	0,56	0,76	0,73
117	2,19	1,85	2,21
234	4,43	3,57	3,26
D.M.S. Tukey 5%			
	K dentro de Ca = 0,54		
	Ca dentro de K = 0,54		

Na tabela 32 são apresentadas as concentrações de potássio na matéria seca dos caules em função das doses de cálcio e magnésio na solução nutritiva. A adição de cálcio em presença da maior dose de magnésio, ou a adição da maior dose de magnésio na presença da maior dose de cálcio na solução nutritiva, provocou diminuição na concentração do potássio na matéria seca dos caules, estes resultados são concordantes com os obtidos por EVANS *et alii* (1950), os quais observaram que o excesso de magnésio diminuiu drasticamente a concentração de potássio nas folhas de soja cultivada em solução nutritiva. Segundo Becrett (1971), citado por MALAVOLTA (1976), o cálcio e o magnésio são os dois íons inibidores mais importantes no processo de absorção de potássio.

Tabela 32. Concentração de potássio (%) na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de cálcio e magnésio na solução nutritiva

Ca (ppm)	Mg (ppm)		
	0	24	48
0	2,33	2,10	2,75
100	1,99	2,06	2,14
200	2,35	2,09	1,76
D.M.S. Tukey 5%			
Ca dentro de Mg = 0,54			
Mg dentro de Ca = 0,54			

5.2.4. Concentração de Cálcio

As concentrações de cálcio na matéria seca das folhas em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva, encontram-se na tabela 33. A adição de cálcio ao substrato, aumentou a concentração do elemento na matéria seca. A adição da maior dose de potássio na presença de cálcio na solução nutritiva, provocou diminuição da concentração de cálcio na matéria seca, provavelmente por antagonismo. De acordo com STEWART e REED (1949), a aplicação de potássio no solo, reduziu o nível de cálcio nas plantas de *Vigna sinensis* (L.) Endl.

Tabela 33. Concentração de cálcio (%) na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva

K (ppm)	Ca (ppm)		
	0	100	200
0	0,90	2,41	3,37
117	0,94	2,31	3,13
234	0,93	1,84	2,57
D.M.S. Tukey 5%			
	K dentro de Ca = 0,38		
	Ca dentro de K = 0,38		

São apresentadas na tabela 34, as concentrações de cálcio na matéria seca dos caules em função das doses de sódio na solução nutritiva. A adição de sódio no substrato, provocou diminuição na concentração de cálcio na matéria seca dos caules. Estes resultados são concordes com os obtidos por BOWER e WADLEIGH (1948) e WALLACE *et alii* (1948), para as culturas do feijão e alfafa respectivamente, cultivadas em solução nutritiva.

Tabela 34. Concentração de cálcio na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de sódio na solução nutritiva

Na (ppm) na solução	Ca (%) na matéria seca
0	0,82
92	0,71
184	0,61
D.M.S. Tukey 5% = 0,07	

As concentrações de cálcio na matéria seca dos caules em função das doses de potássio, cálcio e magnésio na solução nutritiva, são apresentadas na tabela 35. De uma maneira geral, a adição de cálcio ao substrato provocou aumento da concentração do elemento na matéria seca dos caules. A adição de potássio, diminuiu a concentração de cálcio na matéria seca, predominantemente na ausência de magnésio e somente na presença de cálcio na solução nutritiva. A adição de magnésio na presença de cálcio na solução nutritiva, na maioria das vezes diminuiu a concentração de cálcio na matéria seca. Para ambos os casos, a diminuição dos teores de cálcio estiveram associadas ao aumento na matéria seca acumulada, sugerindo pelo menos em parte, um efeito de diluição. Resultados semelhantes aos descritos acima, foram obtidos por vários autores, assim LEGGETT e GILBERT (1969), observaram que o conteúdo de cálcio em plantas de soja aumentou substancialmente com a adição do elemento na solução

nutritiva; SINHA (1961), constatou que a adição de potássio à solução nutritiva, diminuiu significativamente o conteúdo de cálcio e magnésio em plantas de soja; STEWART e REED (1969), observaram redução nos teores de cálcio e magnésio em cowpea, com o aumento das doses de potássio no solo; EVANS (1950), constatou que o excesso de magnésio na solução nutritiva, provocou diminuição nos conteúdos de potássio e cálcio das folhas de soja.

Tabela 35. Concentração de cálcio (%) na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio, cálcio e magnésio na solução nutritiva

K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)		
		0	24	48
0	0	0,34	0,22	0,21
	100	1,39	0,67	0,75
	200	1,77	1,11	0,83
117	0	0,34	0,21	0,16
	100	0,82	0,67	0,67
	200	1,45	1,01	0,89
234	0	0,27	0,20	0,21
	100	0,99	0,65	0,58
	200	1,25	0,94	0,66
D.M.S. Tukey 5%		K dentro de Ca x Mg = 0,21		
		Ca dentro de K x Mg = 0,21		
		Mg dentro de K x Ca = 0,21		

5.2.5. Concentração de Magnésio

Na tabela 36 são apresentadas as concentrações de magnésio na matéria seca das folhas em função das doses de cálcio na solução nutritiva. A adição da dose máxima de cálcio, diminuiu a concentração de magnésio nas folhas, o que em parte pode-se atribuir ao efeito de diluição em face do aumento da matéria seca também verificado. Por outro lado, a literatura contém várias referências sobre o antagonismo magnésio e cálcio. De acordo com Emmert (1961), citado por EPSTEIN (1975), observações sobre essas interações são particularmente comuns em trabalhos com árvores frutíferas. DANTAS *et alii* (1979), constataram aumento na concentração de magnésio dos tecidos das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., cultivadas na ausência de cálcio na solução nutritiva.

Tabela 36. Concentração de magnésio na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de cálcio na solução nutritiva

Ca (ppm) na solução	Mg (%) na matéria seca
0	0,43
100	0,45
200	0,39
D.M.S. Tukey 5% = 0,04	

Na tabela 37 são apresentadas as concentrações de magnésio na matéria seca das folhas, em função das doses de potássio e magnésio na solução nutritiva. A adição de magnésio ao substrato, provocou aumento na concentração do elemento na matéria seca. De um modo geral, a adição de potássio à solução nutritiva, diminuiu a concentração de magnésio na matéria seca, provavelmente o potássio afetou por antagonismo a absorção do magnésio pelas plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por SINHA (1961), em soja cultivada em solução nutritiva e por STEWART e REED (1969), em plantas de cowpea em condições de solo.

Tabela 37. Concentração de magnésio (%) na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio e magnésio na solução nutritiva

K (ppm)	Mg (ppm)		
	0	24	48
0	0,22	0,61	0,86
117	0,16	0,45	0,66
234	0,14	0,37	0,54
D.M.S. Tukey 5%			
K dentro de Mg = 0,08			
Mg dentro de K = 0,08			

As concentrações de magnésio na matéria seca dos caules em função das doses de cálcio e magnésio na solução nutritiva, são apresentadas na tabela 38. A adição de magnésio ao substrato, aumentou a concentração do elemento na matéria seca dos caules. A adição de 100 ppm de cálcio na presença da maior dose de magnésio, aumentou a concentração de magnésio na matéria seca, diminuindo, quando se adicionou 200 ppm de cálcio à solução nutritiva, nas mesmas condições. É bastante conhecido na literatura, que a presença de cálcio em baixas concentrações no substrato estimula a absorção de outros ions, por outro lado, provavelmente a adição da maior dose de cálcio afetou por antagonismo a absorção do magnésio pelas plantas. DANTAS *et alii* (1979), constataram que as plantas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., cultivadas em solução nutritiva deficientes em cálcio, apresentaram maiores concentrações de magnésio no tecido, sugerindo a ocorrência de inibição competitiva.

Tabela 38. Concentração de magnésio (%) na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de cálcio e magnésio na solução nutritiva

Ca (ppm)	Mg (ppm)		
	0	24	48
0	0,19	0,41	0,59
100	0,13	0,46	0,67
200	0,15	0,41	0,53
D.M.S. Tukey 5%			
	Ca dentro de Mg = 0,08		
	Mg dentro de Ca = 0,08		

Na tabela 39 são apresentadas as concentrações de magnésio na matéria seca dos caules em função das doses de potássio e sódio na solução nutritiva. A adição de potássio, na maioria dos casos, ou a adição de maior dose de sódio à solução nutritiva, provocou diminuição na concentração de magnésio na matéria seca. A diminuição na concentração de magnésio pela aplicação de potássio, é concordante com os resultados anteriormente mencionados, obtidos por SINHA (1961) e STEWART e REED (1969), com as culturas da soja e cowpea respectivamente. BOWER e WADLEIGH (1948), observaram que a adição de sódio à solução nutritiva, provocou diminuição na concentração de magnésio na parte aérea de plantas de feijão "red kidney".

Tabela 39. Concentração de magnésio (%) na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio e sódio na solução nutritiva

K (ppm)	Na (ppm)		
	0	92	184
0	0,60	0,43	0,42
117	0,41	0,39	0,33
234	0,36	0,34	0,28
D.M.S. Tukey 5%			
	K dentro de Na = 0,08		
	Na dentro de K = 0,08		

5.2.6. Concentração de Enxôfre

Os efeitos isolados do potássio, cálcio e sódio sobre as concentrações de enxôfre na matéria seca das folhas, são apresentados nas tabelas 40, 41 e 42 respectivamente. A adição de potássio ao substrato aumentou a concentração do enxôfre na matéria seca das folhas. A adição da maior dose de cálcio ou de 92 ppm de sódio à solução nutritiva, provocou diminuição na concentração de enxôfre na matéria seca das folhas, entre-tanto WALLACE *et alii* (1948), constataram que o conteúdo de enxôfre da alfafa não foi influenciado pela adição de sódio na solução nutritiva. De acordo com MENGEL e KIRKBY (1979), outros nutrientes afetam muito pouco a absorção de sulfato pelas células das plantas.

Tabela 40. Concentração de enxôfre na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio na solução nutritiva

K (ppm) na solução	S (%) na matéria seca
0	0,27
117	0,33
234	0,33
D.M.S. Tukey 5% = 0,05	

Tabela 41. Concentração de enxôfre na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de cálcio na solução nutritiva

Ca (ppm) na solução	S (%) na matéria seca
0	0,36
100	0,32
200	0,25
D.M.S. Tukey 5% = 0,05	

Tabela 42. Concentração de enxôfre na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de sódio na solução nutritiva

Na (ppm) na solução	S (%) na matéria seca
0	0,34
92	0,29
184	0,30
D.M.S. Tukey 5% = 0,05	

As concentrações de enxôfre na matéria seca dos caules, em função das doses de potássio e sódio na solução nutritiva, são apresentadas na tabela 43. A adição de sódio ao substrato afetou a concentração do enxôfre na matéria seca, apenas quando se passou de 92 para 184 ppm do elemento adicionado ao substrato, na presença da primeira dose de potássio. A adição de potássio, na maioria das vezes diminuiu a concentração do enxôfre na matéria seca dos caules, sugerindo efeito de diluição, tendo em vista que a adição de potássio ao substrato, também provocou aumento da matéria seca nos tratamentos considerados.

Tabela 43. Concentração de enxôfre (%) na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio e sódio na solução nutritiva

K (ppm)	Na (ppm)		
	0	92	184
0	0,61	0,55	0,61
117	0,50	0,52	0,44
234	0,46	0,41	0,41
D.M.S. Tukey 5%			
K dentro de Na = 0,07			
Na dentro de K = 0,07			

As concentrações de enxôfre na matéria seca dos caules em função das doses de potássio, cálcio e magnésio na solução nutritiva, são apresentadas na tabela 44. A adição de potássio ao substrato, na maioria das vezes diminuiu a concentração do enxôfre na matéria seca dos caules. A adição de cálcio na ausência de potássio e somente na presença de magnêsio, bem como, a adição de magnésio predominantemente na ausência de potássio na solução nutritiva, na maioria dos casos, diminuíram a concentração de enxôfre na matéria seca. Todos os resultados observados podem ser atribuídos ao efeito de diluição, o que vem comprovar a observação feita por MENGEL e KIRKBY (1979), segundo a qual, outros nutrientes afetam muito pouco a absorção de sulfato pelas células das plantas.

Tabela 44. Concentração de enxôfre (%) na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio, cálcio e magnésio na solução nutritiva

K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)		
		0	24	48
0	0	0,75	0,68	0,56
	100	0,68	0,47	0,59
	200	0,64	0,55	0,41
117	0	0,58	0,48	0,46
	100	0,48	0,43	0,54
	200	0,47	0,46	0,49
234	0	0,42	0,43	0,46
	100	0,50	0,48	0,37
	200	0,45	0,38	0,35
		K dentro de Ca x Mg = 0,13		
D.M.S. Tukey 5%		Ca dentro de K x Mg = 0,13		
		Mg dentro de K x Ca = 0,13		

5.2.7. Concentração de Boro

Na tabela 45 são apresentadas as concentrações de boro na matéria seca dos caules em função das doses de sódio na solução nutritiva. A adição de 184 ppm de sódio à solução, aumentou a concentração de boro na matéria seca. Em condições de campo, segundo RICHARDS (1974), a maior absorção de boro, se dá geralmente em áreas limitadas e esparsas de regiões áridas e semi-áridas e, embora a incidência não esteja confinada aos solos salinos e sódicos, o excesso de boro é frequente nestes tipos de solos.

Tabela 45. Concentração de boro na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de sódio na solução nutritiva

Na (ppm) na solução	B (ppm) na matéria seca
0	39
92	52
184	56
D.M.S. Tukey 5% = 14	

As concentrações de boro na matéria seca dos caules em função das doses de potássio, cálcio e magnésio na solução nutritiva, são apresentadas na tabela 46. A adição da primeira dose de potássio ou de

cálcio na ausência do outro e do magnésio no substrato, aumentou o teor de boro na matéria seca.

Tabela 46. Concentração de boro (ppm) na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio, cálcio e magnésio na solução nutritiva

K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)		
		0	24	48
0	0	44	63	65
	100	103	36	41
	200	58	45	31
117	0	102	23	45
	100	48	31	26
	200	55	53	44
234	0	56	45	44
	100	45	43	34
	200	66	34	42
D.M.S. Tukey 5%		K dentro de Ca x Mg = 42		
		Ca dentro de K x Mg = 42		
		Mg dentro de K x Ca = 42		

5.2.8. Concentração de Cobre

A tabela 47 apresenta as concentrações de cobre na matéria seca das folhas e caules em função das doses de potássio na solução nutritiva. A adição de 234 ppm de potássio ao substrato diminuiu a concentração de cobre na matéria seca das folhas, o mesmo se aplicando aos caules pela adição de qualquer dose de potássio à solução nutritiva. O efeito de diluição pode justificar em parte, as variações ocorridas. Estes resultados, por outro lado, contrariam aqueles obtidos por EVANS *et alii* (1950), os quais constataram menores concentrações de cobre nas folhas de soja, cultivadas em solução nutritiva deficiente em potássio.

Tabela 47. Concentração de cobre na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio na solução nutritiva

K (ppm) na solução	Cu (ppm) na matéria seca	
	folhas	caules
0	7	7
117	7	5
234	6	3
D.M.S. Tukey 5%	= 1	2

5.2.9. Concentração de Ferro

Na tabela 48 são apresentadas as concentrações de ferro na matéria seca das folhas, em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva. A adição da primeira dose de potássio na presença da primeira dose de cálcio no substrato, provocou aumento na concentração de ferro na matéria seca das folhas, entretanto, a adição de cálcio na maioria dos casos, ou da maior dose de potássio à solução nutritiva, provocou diminuição na concentração de ferro na matéria seca, sugerindo efeito de diluição. Por outro lado, efeito competitivo na absorção do ferro pelo potássio, cálcio, magnésio e outros cátions, foram observados por LINGLE *et alii* (1963), em plantas de soja cultivadas em solução nutritiva. MENGEL e KIRKBY (1979), relataram que a absorção de ferro é consideravelmente influenciada por outros cátions.

Tabela 48. Concentração de ferro (ppm) na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva

K (ppm)	Ca (ppm)		
	0	100	200
0	353	214	176
117	302	341	109
234	211	122	63
D.M.S. Tukey 5%			
	K dentro de Ca = 89		
	Ca dentro de K = 89		

As concentrações de ferro na matéria seca das folhas em função das doses de potássio e magnésio na solução nutritiva, são apresentadas na tabela 49. A adição ao substrato, da maior dose de potássio, exceto para a maior dose de magnésio, ou da maior dose de magnésio na ausência de potássio, provocou diminuição na concentração de ferro na matéria seca. Observa-se também, que a adição da primeira dose de potássio na presença da maior dose de magnésio, aumentou a concentração de ferro na matéria seca das folhas. Efeito competitivo na absorção do ferro com potássio, cálcio, magnésio e outros cátions, foram observados por LINGLE *et alii* (1963), em plantas de soja, já mencionados anteriormente; entretanto, pela análise dos dados de matéria seca, as variações verificadas podem ser em parte explicadas pelo efeito de diluição.

Tabela 49. Concentração de ferro (ppm) na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio e magnésio na solução nutritiva

K (ppm)	Mg (ppm)		
	0	24	48
0	308	243	192
117	229	241	283
234	147	116	134
D.M.S. Tukey 5%			
K dentro de Mg = 89			
Mg dentro de K = 89			

As concentrações de ferro na matéria seca dos caules, em função das doses de potássio na solução nutritiva, encontram-se na tabela 50. A adição de potássio ao substrato, diminuiu a concentração de ferro na matéria seca dos caules, o que em parte pode ser explicado pelo efeito de diluição e também pelo efeito de competição, conforme LINGLE *et alii* (1963), anteriormente citado para folhas.

Tabela 50. Concentração de ferro na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio na solução nutritiva

K (ppm) na solução	Fe (ppm) na matéria seca
0	131
117	74
234	71
D.M.S. Tukey 5% = 25	

5.2.10. Concentração de Manganês

As concentrações de manganês na matéria seca das folhas, em função das doses de potássio na solução nutritiva, são apresentadas na tabela 51. A adição de potássio ao substrato, provocou diminuição na concentração de manganês na matéria seca das folhas, tais variações podem,

pelo menos parcialmente ser explicadas pelo efeito de diluição. Por outro lado, foram constatadas por EVANS *et alii* (1950), deficiência de manganês nas folhas de soja cultivadas em solução nutritiva deficiente em potássio, contrariando assim, os resultados observados.

Tabela 51. Concentração de manganês na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio na solução nutritiva

K (ppm) na solução	Mn (ppm) na matéria seca
0	246
117	172
234	164
D.M.S. Tukey 5% = 29	

Na tabela 52, são apresentadas as concentrações de manganês na matéria seca das folhas, em função das doses de cálcio e magnésio na solução nutritiva. A menor concentração de manganês, foi obtida na presença das maiores doses de cálcio e de magnésio, aplicadas simultaneamente, sugerindo um efeito competitivo e somatório dos elementos em questão.

Tabela 52. Concentração de manganês (ppm) na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de cálcio e magnésio na solução nutritiva

Ca (ppm)	Mg (ppm)		
	0	24	48
0	239	189	223
100	209	213	292
200	202	156	121
D.M.S. Tukey 5%		Ca dentro de Mg = 51	
		Mg dentro de Ca = 51	

Na tabela 53 são apresentadas as concentrações de manganês na matéria seca dos caules em função das doses de cálcio e magnésio na solução nutritiva. A adição tanto de cálcio como de magnésio à solução nutritiva, na maioria das vezes diminuiu a concentração de manganês na matéria seca dos caules, o que em parte, pode ser atribuído ao efeito de diluição. O efeito competitivo sugerido anteriormente para as folhas, também aparece no presente caso.

Tabela 53. Concentração de manganês (ppm) na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de cálcio e magnésio na solução nutritiva

Ca (ppm)	Mg (ppm)		
	0	24	48
0	95	48	49
100	51	28	31
200	38	24	15
D.M.S. Tukey 5%			
Ca dentro de Kg = 17			
Mg dentro de Ca = 17			

As concentrações de manganês na matéria seca dos caules, em função das doses de potássio e sódio na solução nutritiva, são apresentadas na tabela 54. A maior concentração de manganês, foi obtida para o tratamento com omissão de potássio e sódio simultaneamente. A adição de um ou outro elemento isoladamente, provocou diminuição da concentração de manganês na matéria seca dos caules. A menor concentração de manganês foi obtida pelas maiores doses de potássio e sódio aplicadas simultaneamente. Tais fatos, sugerem um efeito de antagonismo somatório na absorção do manganês, pela aplicação dos elementos em questão.

Tabela 54. Concentração de manganês (ppm) na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio e sódio na solução nutritiva

K (ppm)	Na (ppm)		
	0	92	184
0	85	46	49
117	29	38	35
234	36	31	29
D.M.S. Tukey 5%			
K dentro de Na = 17			
Na dentro de K = 17			

5.2.11. Concentração de Zinco

Na tabela 55 são apresentadas as concentrações de zinco na matéria seca das folhas e caules em função das doses de cálcio na solução nutritiva, e nas tabelas 56 e 57 respectivamente, aparecem as concentrações de zinco na matéria seca dos caules em função das doses de potássio e magnésio na solução nutritiva. A adição da maior dose de cálcio diminuiu a concentração de zinco na matéria seca das folhas e caules. Entretanto, a diminuição da concentração de zinco nos caules, foi evidenciada apenas pela análise da variância, uma vez que pela comparação de médias, os valores não alcançaram a diferença mínima significativa.

A adição de potássio ou da maior dose de magnésio ao substrato diminuiu a concentração de zinco na matéria seca dos caules. Em todos os casos, pode-se atribuir pelo menos em parte, ao efeito de diluição, em face do aumento de matéria seca das folhas e caules, quando foram adicionados os respectivos elementos à solução nutritiva. CHUDHRY e LONERAGAN (1972), observaram efeito depressivo do cálcio e magnésio na absorção do zinco em outra espécie (trigo), cultivada em solução nutritiva.

Tabela 55. Concentração de zinco na matéria seca das folhas e caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de cálcio na solução nutritiva

Ca (ppm) na solução	Zn (ppm) na matéria seca	
	folhas	caules
0	69	65
100	61	44
200	47	40
D.M.S. Tukey 5% =	19	26

Tabela 56. Concentração de zinco na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio na solução nutritiva

K (ppm) na solução	Zn (ppm) na matéria seca
0	69
117	37
234	43
D.M.S. Tukey 5% = 26	

Tabela 57. Concentração de zinco na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de magnésio na solução nutritiva

Mg (ppm) na solução	Zn (ppm) na matéria seca
0	65
24	45
48	39
D.M.S. Tukey 5% = 26	

5.2.12. Concentração de Sódio

Na tabela 58 são apresentadas as concentrações de sódio na matéria seca das folhas em função das doses do elemento na solução nutritiva. A adição de 184 ppm de sódio à solução provocou aumento na concentração do elemento na matéria seca das folhas, também, AYOUB (1974), observou efeitos semelhantes em feijão *Phaseolus vulgaris* L., cultivado em condições de solo.

Tabela 58. Concentração de sódio na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de sódio na solução nutritiva

Na (ppm) na solução	Na (ppm) na matéria seca
0	288
92	493
184	1.089
D.M.S. Tukey 5% = 235	

As concentrações de sódio na matéria seca das folhas em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva, são apresentadas na tabela 59. A maior concentração de sódio na matéria seca, apareceu no tratamento sem potássio e cálcio. A aplicação de cálcio ou

potássio ao substrato, provocou diminuição no teor de sódio na matéria seca, fato esse que pode ser atribuído pelo menos em parte, ao efeito de diluição, provocado pelo maior crescimento das plantas. WALLACE *et alii* (1948), observaram que plantas de alfafa, supridas com grandes quantidades de potássio na solução nutritiva, absorveram reduzidas quantidades de sódio. AYOUB (1974), constatou que os teores de sódio das raízes e parte aérea de feijão *Phaseolus vulgaris* L., diminuíram significativamente, quando foram aumentados os níveis de cálcio no solo.

Tabela 59. Concentração de sódio (ppm) na matéria seca das folhas de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio e cálcio na solução nutritiva

K (ppm)	Ca (ppm)		
	0	100	200
0	978	422	447
117	690	709	584
234	417	671	696
D.M.S. Tukey 5%			
K dentro de Ca = 408			
Ca dentro de K = 408			

Na tabela 60, são apresentadas as concentrações de sódio na matéria seca dos caules em função das doses de magnésio na solução nutritiva. A adição de magnésio à solução diminuiu a concentração de sódio na matéria seca dos caules, o que em parte pode-se atribuir ao efeito de diluição.

Tabela 60. Concentração de sódio na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de magnésio na solução nutritiva

Mg (ppm) na solução	Na (ppm) na matéria seca
0	6449
24	5193
48	4942
D.M.S. Tukey 5% = 961	

As concentrações de sódio na matéria seca dos caules, em função das doses de potássio, cálcio e sódio na solução nutritiva, são apresentadas na tabela 61. Os resultados mostram, que a absorção de sódio em condições de alta concentração do elemento no substrato, é afetada pela interação Ca x K, que pode deprimir ou aumentar essa absorção. A maior concentração de sódio foi obtida para a maior dose do elemento no substrato e em condições de ausência de cálcio e potássio. Comparando-se

com esse tratamento, a aplicação isolada de cálcio em qualquer dose ou de potássio na maior dose, diminuiu a concentração de sódio na matéria seca dos caules. Ainda, dentro da maior dose de sódio, a aplicação da dose intermediária de potássio, na presença de cálcio, aumentou a concentração de sódio nos tecidos.

Tabela 61. Concentração de sódio (ppm) na matéria seca dos caules de *Vigna sinensis* (L.) Endl., em função das doses de potássio, cálcio e sódio na solução nutritiva

K (ppm)	Ca (ppm)	Na (ppm)		
		0	92	184
0	0	425	7316	13093
	100	255	5232	7741
	200	425	4168	7146
117	0	510	6380	10885
	100	595	5955	13600
	200	681	6292	11605
234	0	638	6295	7698
	100	595	6167	9610
	200	468	5529	9950
		K dentro de Ca x Na = 2,884		
D.M.S. Tukey 5%		Ca dentro de K x Na = 2,884		
		Na dentro de K x Ca = 2,884		

6. CONCLUSÕES

6.1. Matéria Seca

- A máxima produção de matéria seca dos caules foi alcançada com concentrações de 117, 100 e 24 ppm de potássio, cálcio e magnésio respectivamente, na solução nutritiva. Os aumentos de matéria seca das folhas provocados pela aplicação destes elementos, foram resultado de interação tripla entre os mesmos.

- Não foi possível detectar efeitos da aplicação de até 184 ppm de sódio, na produção de matéria seca de qualquer parte da planta.

6.2. Concentração de Nutrientes

- A aplicação de potássio, cálcio, magnésio ou sódio, aumentou a concentração do elemento em questão, na matéria seca dos caules e folhas das plantas.

- Os efeitos registrados pela aplicação de potássio na solução nutritiva, foram de diminuição das concentrações dos demais elementos na matéria seca das plantas, com exceção do enxôfre e ferro nas folhas e do boro nos caules.

- Os efeitos registrados pela aplicação de cálcio ou magnésio na solução nutritiva, foram de diminuição das concentração dos demais elementos na matéria seca das plantas, com exceção do boro nos caules.

- O comportamento do sódio aplicado à solução nutritiva, foi semelhante ao do cálcio ou magnésio, sendo registrado ainda, aumento da concentração de potássio nas folhas, quando o elemento em questão foi aplicado na dose de 184 ppm.

LITERATURA CITADA

- ADAPETU, J.A. e L.K. AXAPA, 1977. Root growth and uptake characteristics of some cowpea varieties. Agronomy Journal, Madison, 69:940-943.
- AYOUB, A.T., 1974. Effect of calcium on sodium salinization of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Experimental Botany, Oxford, 25 (85):245-252.
- BALASUBRAMANIAN, V. e S.K.SINHA, 1976. Effects of salt stress on growth, nodulation and nitrogen fixation in cowpea and mug beans. Physiologia Plantarum, Copenhagen, 36:197-200.
- BOWER, C.A. e C.H.WADLEIGH, 1948. Growth and cationic accumulation by four species of plants as influenced by various levels of exchangeable sodium. Proceedings. Soil Science Society America, Madison, 13:218-223.

- BURKART, A., 1943. Las leguminosas argentinas, silvestres y cultivadas. Buenos Aires, Acme Agency. 590 p.
- CAMPOS, G.M. e J.H.DAMASCENO, 1973. Adubação mineral na cultura do feijão-de-corda (*Vigna sinensis* Endl.) em Pentecoste, Ceará. Boletim Técnico. DNOCS, Fortaleza, 31(2):101-107.
- CHAUDHRY, F.M. e J.F.LONERAGAN, 1972. Zinc absorption by wheat seedlings: I. Inhibition by macronutrient ions in short-term experiments and its relevance to long-term zinc nutrition. Proceedings. Soil Science Society of America, Madison, 36:323-327.
- CHESNEY, H.A.D., 1974. Performance of cowpeas cv 'Black-eye' in Guiana as affected by phosphorus and potassium. Turrialba, 24(2):193-199.
- DANTAS, J.P., 1978. Nutrição Mineral do feijão macassar (*Vigna sinensis* (L.) Endl.). Piracicaba, ESALQ/USP. 121 p. (Dissertação de Mestrado).
- DANTAS, J.P., H.BERGAMIN FILHO e E.MALAVOLTA, 1979. Estudos sobre a nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinensis* (L.) Endl.). II Efeitos das carências de macronutrientes no crescimento, produção e composição mineral. Anais da E.S.A."Luiz de Queiroz", Piracicaba, 26: 247-257.

- EPSTEIN, E., 1975. Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas. Trad. E.Malavolta. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos; São Paulo, Ed. USP. 344 p.
- EVANS, C.E.; D.J.LATHWELL e H.J.MEDERSKI, 1950. Effect of deficient or toxic levels of nutrients in solution on foliar symptoms and mineral content of soybean leaves as measured by spectrographic methods. Agronomy Journal, Washington, 42:25-32.
- FAO, 1980. FAO production yearbook, 1979. Rome, v.33.
- GODFREY-SAM-AGGREY, W., 1973. Effect of fertilizers on harvest time and yield of cowpeas (*Vigna unguiculata*) in Sierra Leone. Experimental Agriculture, London, 9:315-320.
- JAQUINOT, L., 1967. Croissances et alimentations mineralis comparées de quatre variétés de "niébē" (*Vigna unguiculata* Walp.). Agronomie Tropicale, Paris, 22(6-7):575-640.
- JUNQUEIRA, P.C.; L.F.B.CANCEGLIERO; M.MATSUNAGA e C.T.YAMAGUISHI, 1972. Aspectos econômicos da produção e comercialização do feijão. In: Anais do I Simpósio Brasileiro de Feijão, Campinas, São Paulo, Ministério da Agricultura, v.2, p.573-626.

- KASHIRAD, A.; A. BASSIRI e M. KHRADNAM, 1978. Responses of cowpeas applications of P and Fe in calcareous soils. Agronomy Journal Washington, 70:67-70.
- LEGGETT, J.E. e W.A. GILBERT, 1969. Magnesium uptake by soybeans. Plant Physiology, Lancaster, 44:1182-1186.
- LEMONS, J.W.V. e J.J.PONTE, 1978. Cultivares de feijão-de-corda *Vigna sinensis* (L.) Savi., resistentes a meloidiose. Boletim Cearense de Agronomia, Fortaleza, 19:1-19.
- LINGLE, J.C., L.O. TIFFIN e J.C.BROWN, 1963. Iron uptake transport of soybeans as influenced by other cations. Plant Physiology, Lancaster, 38(1):71-76.
- MALAVOLTA, E., 1976. Manual de química agrícola. São Paulo, Editora Agronômica Ceres. 528 p.
- MALOTH, S. e R.PRASAD, 1976. Relative efficiency of rock phosphate and superphosphate for cowpea (*Vigna sinensis* Savi.) fodder. Plant and Soil, The Hague, 45:295-300.
- MEDINA, J.C., 1972. Feijão aspectos gerais. In: Anais do I Simpósio Brasileiro de Feijão, Campinas, São Paulo, Ministério da Agricultura, v.1, p.3-106.

- MENGEL, K. e E.A.KIRKBY, 1979. Principles of plant nutrition. 2.ed. Bern, International Potash Institute. Cap. 8 e 13, p.329-346,425-439.
- MUNSON, R.D., 1968. Interaction of potassium and other ions. In: KILMER, V.J.; S.E.YOUNTS e N.C.BRADY, ed. The Role of Potassium in Agriculture. Madison, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. p.321-353.
- PAIVA, J.B.; J.J.L.ALBUQUERQUE e F.F.BEZERRA, 1971. Adubação mineral em feijão-de-corda (*Vigna sinensis* Endl.) no Ceará-Brasil. Ciência Agronômica, Fortaleza, 1(2):75-78.
- PAIVA, J.B.; J.F.ALVES e J.N.E.FROTA, 1973. Adubação nitrogenada e fosfatada em feijão-de-corda *Vigna sinensis* (L.) Savi. Ciência Agronômica, Fortaleza, 3(1/2):55-60.
- PAIVA, J.B.; J.J.L.ALBUQUERQUE e F.F.BEZERRA, 1974. Efeito de espaçamento e adubação em feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi. Ciência Agronômica, Fortaleza, 4(1/2):79-83.
- PIMENTEL GOMES, F. 1973. Curso de estatística experimental. 5.ed. São Paulo, Nobel. 530 p.
- RICHARDS, L.A., 1974. Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos. 6.ed. México, Editorial Limusa. 160 p.

- SANCHEZ, P.C. e R.A.R.MATA, 1972. Efecto del método de colocación, fuente y dosis de fósforo sobre el rendimiento del mani (*Arachis hipogaea* L.) y del frijol (*Vigna sinensis* Endl.) en un suelo franco arenoso de sabana. Fitotecnia Latinoamericana, San José, 8(3):78-84.
- SARRUGE, J.R., 1975. Soluções nutritivas. Summa Phytopathologica, Piracicaba, 1:231-233.
- SARRUGE, J.R. e H.P.HAAG, 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ/USP. 56 p.
- SELLSCHOP, J.P.F., 1962. Cowpeas, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Field Crop Abstracts, Alberystwyth, 15(4):259-266.
- SINHA, H., 1961. Effects of potassium-boron interactions upon growth and composition of soybean and vegetable crops. Dissertation Abstracts, Ann Arbor, 22:1343-1344. Apud Soils and Fertilizers, Farnham Royal, 25:226, 1962.
- STAMFORD, N.P., 1978. Efeito de estirpes de *Rhizobium* sp., do nitrogênio, fósforo e enxofre na avaliação da fixação do N₂, crescimento e absorção de nutrientes em cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Piracicaba, ESALQ/USP. 151 p. (Tese de Doutorado).

- STEWART, F.B. e M.REED, 1969. The effect of fertilization on yield, growth and mineral composition of southern peas. Journal of the American Society for Horticultural Science, St. Joseph, 94:258-260.
- TÁVORA, F.J.A.F.; J.F.ALVES e R.P.NUNES, 1971. Adubação fosfatada em feijão-de-corda *Vigna* sp. Ciência Agronômica, Fortaleza, 1(1):23-26.
- WADLEIGH, C.H. e H.G.GAUCH, 1942. Assimilation in bean plants of nitrogen from saline solutions. Proceedings American Society for Horticultural Science, College Park, Ma. 41:360-364.
- WALLACE, A., S.J.TOTH e F.E.BEAR, 1948. Influence of sodium on growth and composition of ranger alfafa. Soil Science, New Brunswick, 65: 477-486.
- WORD, J.O. e J.H.SANDERS, 1977. Nutrição, renda e tecnologia nova para pequenos agricultores no nordeste brasileiro: algumas interrelações e sugestões de políticas. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA RURAL, Viçosa. Política agrícola e agricultura de baixa renda; anais da XV Reunião Anual. Viçosa, Universidade Federal, v.3.
- WORLEY, R.E.; D.A.HEGWOOD e S.A.HARMON, 1971. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on yield and leaf analysis of southern pea. Journal of the American Society for Horticultural Science, St. Joseph, 96(4):531-533.