ABSORÇÃO DE NUTRIENTES, DIAGNÓSTICO DE SINTOMAS DE
DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES E DE B E EFEITO DE NÍVEIS
DE CA E B SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA COUVE
(*Brassica oleracea* L. var. *acephala* D.C.)

ANA FRANCISCA FERNANDES CORRÊA

Orientador: Prof.Dr.Antonio Roque Dechen

Tese apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz",
da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Área de Concentração:
Solos e Nutrição de Plantas.

Piracicaba
Estado de São Paulo

Agosto-1990

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Corrêa, Ana Francisca Fernandes

C824a Absorção de nutrientes, diagnóstico de sintomas de
deficiência de macronutrientes e de B e efeito de ní-
veis de Ca e B sobre o desenvolvimento da couve
(Brassica aleracea L. var. acephala D.C.), Piracicaba,
ba, 1990.
114p. ilustr.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Boro em couve - Efeito 2. Cálcio em couve Efi-
to 3. Couve - Deficiência de Boro 4. Macronutriente em
couve 5. Nutriente em couve - Absorção I. Escola Supe-
rior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba
CDD 635.34

ABSORÇÃO DE NUTRIENTES, DIAGNÓSTICO DE SINTOMAS DE
DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES E DE B E EFEITO DE NÍVEIS
DE CA E B SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA COUVE
(*Brassica oleracea* L. var. *acephala* D.C.)

ANA FRANCISCA FERNANDES CORREA

Prof. Dr. Henrique Paulo Haag	ESALQ/USP
Prof. Dr. Keigo Minami	ESALQ/USP
Prof. Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello	ESALQ/USP
Prof. Dr. Antonio Roque Dechen	ESALQ/USP
Dr. Takashi Muraoka	CENA/USP

Prof. Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN

-Orientador-

À memória de meu pai.

À minha mãe pelo carinho e apoio.

*Aos meus filhos Carlos Felipe e
Fábio, razões da minha vida.*

*Ao meu marido, dedico este
trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Antonio Roque Dechen, pela orientação e atenção oferecidas em todos os momentos,

Ao Departamento de Horticultura da ESALQ, na pessoa do prof. Dr. Keigo Minami,

Aos Professores Doutores Henrique Paulo Haag, Quirino Augusto de Camargo Carmello e Francisco Antonio Monteiro pela colaboração e sugestões oferecidas,

À Professora Doutora Maria Cristina S. Nogueira pela orientação nas análises estatísticas,

À Bibliotecária Eliana Maria G. Sabino.

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, pela oportunidade deste treinamento,

Ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) pela ajuda financeira,

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia pela oportunidade concedida para a realização deste trabalho,

Aos colegas e amigos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho,

meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xiii
SUMMARY.....	xvi
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1. Características botânicas.....	03
2.2. Produção de matéria seca.....	03
2.3. Absorção, extração e exportação de nutrientes....	05
2.4. Deficiências nutricionais.....	07
2.4.1. Deficiência de Nitrogênio.....	08
2.4.2. Deficiência de Fósforo.....	09
2.4.3. Deficiência de Potássio.....	11
2.4.4. Deficiência de Cálcio.....	12
2.4.5. Deficiência de Magnésio.....	13
2.4.6. Deficiência de Enxofre.....	14
2.4.7. Deficiência de Boro.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1. Omissão de nutrientes.....	20
3.2. Níveis de boro.....	23
3.3. Níveis de cálcio.....	23
3.4. Delineamento experimental.....	25

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1. Experimento de omissão de nutrientes.....	26
4.1.1. Sintomatologia das deficiências.....	26
4.1.1.1. Deficiência de nitrogênio.....	26
4.1.1.2. Deficiência de fósforo.....	27
4.1.1.3. Deficiência de potássio.....	29
4.1.1.4. Deficiência de cálcio.....	30
4.1.1.5. Deficiência de magnésio.....	33
4.1.1.6. Deficiência de enxofre.....	34
4.1.1.7. Deficiência de boro.....	35
4.1.2 .Produção de matéria seca.....	36
4.1.3. Efeito da omissão de macronutrientes e boro sobre o acúmulo e concentração destes nutrientes.....	40
4.1.3.1. Nitrogênio.....	40
4.1.3.2. Fósforo.....	43
4.1.3.3. Potássio.....	45
4.1.3.4. Cálcio.....	47
4.1.3.5. Magnésio.....	49
4.1.3.6. Enxofre.....	51
4.1.3.7. Boro.....	53
4.2. Experimento com níveis de boro.....	56
4.2.1. Produção de matéria seca.....	56
4.2.2. Efeito dos níveis de boro sobre acúmulo de nutrientes.....	60
4.2.2.1. Nitrogênio.....	60
4.2.2.2. Fósforo.....	64

4.2.2.3. Potássio.....	66
4.2.2.4. Cálcio.....	68
4.2.2.5. Magnésio.....	70
4.2.2.6. Enxofre.....	72
4.2.2.7. Boro.....	75
4.2.2.8. Concentração crítica.....	75
4.3 Experimento com níveis de cálcio.....	78
4.3.1. Produção de matéria seca.....	78
4.3.2. Efeito dos níveis de cálcio sobre o acúmulo de macronutrientes.....	81
4.3.2.1. Nitrogênio.....	82
4.3.2.2. Fósforo.....	82
4.3.2.3. Potássio.....	86
4.3.2.4. Cálcio.....	89
4.3.2.5. Magnésio.....	91
4.3.2.6. Enxofre.....	93
4.3.2.7. Boro.....	95
4.4 Considerações gerais.....	97
5. CONCLUSÕES.....	100
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela nº	Página
1. Composição química das soluções nutritivas (ml/l), segundo SARRUGE (1975).....	22
2. Composição das soluções nutritivas com diferentes teores de cálcio (ml/l).....	24
3. Produções médias de matéria seca (gramas/vaso), das folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total de plantas de couve utilizadas no experimento de omissão de nutrientes.....	37
4. Produção de matéria seca (MS), concentração do nutriente omitido (% e ppm) e acúmulo (mg/planta e ug/planta) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), e caule em função dos diversos tratamentos.....	41
5. Acúmulo de nitrogênio (mg/planta) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total em plantas	

	de couve em função dos tratamentos.....	42
6.	Acúmulo de fósforo (mg/planta) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total em plantas de couve em função dos tratamentos.....	44
7.	Acúmulo de potássio (mg/planta) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total em plantas de couve em função dos tratamentos.....	46
8.	Acúmulo de cálcio (mg/planta) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total em plantas de couve em função dos tratamentos.....	48
9.	Acúmulo de magnésio (mg/planta) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total em plantas de couve em função dos tratamentos.....	51
10.	Acúmulo de enxofre (mg/planta) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total em plantas de couve em função dos tratamentos.....	52

11. Acúmulo de boro ($\mu\text{g/planta}$) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total em plantas de couve em função dos tratamentos.....54
12. Pesos médios da matéria seca, em gramas, produzidos pelas folhas inferiores (FI), folhas superiores (FS) e caule de plantas de couve submetidas a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva57
13. Teores e acúmulos de macronutrientes (mg/planta) e boro ($\mu\text{g/planta}$) nas folhas inferiores (FI), folhas superiores (FS), caule e total de plantas de couve submetidas a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.....61
14. Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (R^2), referentes ao acúmulo de peso de matéria seca (MS, em gramas), de macronutrientes (mg/planta), de boro ($\mu\text{g/planta}$) e das relações entre o peso da matéria seca e o acúmulo de boro nas folhas inferiores (FI), folhas superiores (FS), caule e total de plantas de couve submetidas a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.....62
15. Pesos médios da matéria seca, em gramas, produzidos pelas folhas inferiores (FI), folhas superiores (FS), caule e total de plantas de

	couve submetidas a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.....	79
16.	Extração e acúmulo de macronutrientes (mg/ planta) e boro (μ g/planta) nas folhas inferio- res (FI), folhas superiores (FS), caule e total de plantas de couve submetidas a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.....	83
17	Equações de regressão e respectivos coeficien- tes de determinação (R^2), referentes ao acúmulo de peso de matéria seca (MS, em gramas), de macronutrientes (mg/planta), e de boro (μ g/ planta) nas folhas inferiores (FI), folhas superiores (FS), caule e total de plantas de couve submetidas a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura N°	Página
1. Planta de couve cultivada com: a) todos os nutrientes; b) deficiência de nitrogênio; c) deficiência de fósforo; d) deficiência de potássio.....	28
2. Planta de couve cultivada com: a) deficiência de cálcio; b) deficiência de magnésio; c) deficiência de enxofre; d) deficiência de boro...	32
3. Produção de matéria seca (MS), em gramas, pelas diversas partes de planta de couve submetida a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.....	58
4. Acúmulo de nitrogênio (N), em mg/planta, nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.....	63
5. Acúmulo de fósforo (P), em mg/planta, nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.....	65
6. Acúmulo de potássio (K), em mg/planta, nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.....	67
7. Acúmulo de magnésio (Mg), em mg/planta, nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.....	71
8. Acúmulo de enxofre (S), em mg/planta, nas diversas partes da planta de couve submetida a	

	níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.....	74
9.	Acúmulo de boro (B), em ug/planta, nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.....	76
10.	Relação entre a produção (gramas) de matéria seca (MS) e a extração de boro (ug/planta), nas diversas partes da planta de couve.....	77
11.	Produção da matéria seca (MS), em gramas, nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.....	80
12.	Acúmulo de nitrogênio (mg/planta) nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva	85
13.	Acúmulo de fósforo (mg/planta) nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.....	87
14.	Acúmulo de potássio (mg/planta) nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva	88
15.	Acúmulo de cálcio (mg/planta) nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva	90
16.	Acúmulo de magnésio (mg/planta) nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva	92

17. Acúmulo de enxofre (mg/planta) nas diversas partes a planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva94
18. Acúmulo de boro (ug/planta) nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva96

ABSORÇÃO DE NUTRIENTES, DIAGNÓSTICO DE SINTOMAS DE
DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES E DE B E EFEITO DE NÍVEIS DE
CA E B SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA COUVE
(*Brassica oleracea* L.var. *acephala* D.C.)

Autora: ANA FRANCISCA FERNANDES CORRÊA

Orientador: ANTONIO ROQUE DECHEN

RESUMO

A couve (*Brassica oleracea* L.var.*acephala* D.C.) é uma das hortaliças mais consumidas pela população brasileira. Apesar de ser de fácil cultivo é muito susceptível a infestações causadas pela bactéria *Erwinia carotovora* quando deficiente em boro.

Com o intuito de contribuir com alguns aspectos relacionados com a nutrição mineral da couve, propôs-se este trabalho constituído de três experimentos com os seguintes objetivos: a) caracterizar os sintomas de deficiência de macronutrientes e boro, verificando o efeito da omissão de um destes nutrientes sobre o acúmulo dos

demaís; b) verificar o efeito das doses de boro e cálcio sobre a produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes.

Para isto, cultivou-se plantas de couve (cultivar Paulista) em sílica com as seguintes soluções nutritivas: completa, com a omissão de um dos macronutrientes ou boro, com doses de boro e com doses de cálcio.

Cento e três dias após o transplante das mudas para estas soluções, descreveu-se os sintomas de deficiência, coletou-se as plantas do experimento de omissão de nutrientes e dividiu-se em folhas inferiores, folhas superiores, brotações laterais inferiores, brotações laterais superiores e caule. As plantas dos experimentos de doses de cálcio e boro foram divididas em folhas inferiores, folhas superiores e caule. Após a colheita, o material foi seco em estufa, pesado, e determinado os teores de macronutrientes e boro, obtendo-se os seguintes resultados:

- os nutrientes mais absorvidos foram o potássio e o nitrogênio, seguindo-se pela ordem decrescente o cálcio, o magnésio, o enxofre e o fósforo;
- as brotações acumularam grandes quantidades de nutrientes;
- os sintomas de deficiência de boro foram evidentes quando as plantas cresceram em doses iguais ou inferiores a 0,09 mg B/l na solução nutritiva;
- as concentrações críticas de boro nas folhas inferiores e superiores foram 45 e 41 ppm de boro, respectivamente;

- a absorção máxima de nutrientes ocorreu com a adição de aproximadamente 275 mg Ca/l na solução nutritiva;
- as folhas inferiores e superiores das plantas com sintomas de deficiência de cálcio apresentaram 1,45 e 0,20% de cálcio, respectivamente.

NUTRIENT UPTAKE, DIAGNOSIS OF THE SYMPTOMS OF
MACRONUTRIENTS AND BORON DEFICIENCIES AND EFFECTS OF RATES
OF CA AND B ON KALE (*Brassica oleracea* L. var.
acephala D.C.) GROWTH

Author: ANA FRANCISCA FERNANDES CORREA

Adviser: ANTONIO ROQUE DECHEN

SUMMARY

Kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* D.C.) is one of the most important garden vegetables in Brazil. Though easy to cultivate, it is highly susceptible to bacterial infestation by *Erwinia carotovora* when the plantas suffer from boron deficiency.

This problem led us to study some aspects of mineral nutrition in kale. Three experiments were set up with two objectives: a) to characterize macronutrient and boron deficiency symptoms by measuring the accumulation of these nutrients in situations where one nutrient was omitted; b) to examine the effects of levels of boron and

calcium on growth and nutrient accumulations.

Paulista cultivar was grown on silica substrate using the following nutrient solutions: complete; omitting each of the macronutrients or boron; boron and calcium dosage.

One hundred and three days after transplanting young plants to the pots the nutrient deficiency symptoms were described. Plants in the nutrient omission experiment were collected and divided as follows: lower leaves, upper leaves, lower lateral leaf buds, upper lateral leaf buds and stem. Plants from the calcium and boron levels were divided as follows: lower leaves, upper leaves and stem. After all the material collected, it was dried, weighed and analyzed for macronutrient and boron. The following results were obtained:

- K and N were absorbed in greatest amounts, and were following by those of Ca, Mg, S and P;
- leaf buds accumulated a great amount of nutrients;
- boron deficiency symptoms were in evidence when the nutrient solutions had less than 0.09 mg/l;
- critical concentrations of boron in lower and upper leaves were 45 and 41 ppm, respectively;
- maximum nutrient absorption occurred in the association with 275 mg Ca/l in the nutrient solution;
- lower and upper leaves with calcium deficiency symptoms had concentrations of 1.45% and 0.20% Ca, respectively.

1. INTRODUÇÃO

A couve (*Brassica oleraceae* L. var. *acephala* D.C.) é uma hortaliça bastante consumida por todas as camadas sociais da população brasileira. No Estado de São Paulo, é a 3.^a hortaliça mais comercializada (CEAGESP, 1989), sendo a mais plantada no Brasil.

Dentre as hortaliças selecionadas para fornecer quotas diárias de vitaminas e sais minerais necessários para um adulto, a couve é a que possui mais altas concentrações de fósforo, cálcio, ferro e vitaminas A e C (FILGUEIRA, 1987).

O cultivo da couve em regiões frias como a Sibéria e Groenlândia, e em regiões quentes como o Norte e Nordeste brasileiro, indicam a sua grande capacidade de adaptação a diferentes tipos de clima. Além disto, é uma planta rústica, sendo cultivada com relativa facilidade. Entretanto, como outras brássicas, é exigente em boro e quando cultivada em solos deficientes neste nutriente apresenta o caule oco e enegrecido com um grande número de brotações laterais pequenas e a morte do broto terminal;

que a torna suscetível ao ataque da bactéria *Erwinia carotovora* .

Na literatura, não se encontrou informações sobre os distúrbios ocasionados pelas deficiências minerais, nem no que se refere aos efeitos do cálcio e boro sobre o desenvolvimento da cultura.

Com este propósito, este trabalho tem por objetivo caracterizar os sintomas de deficiências de macronutrientes e boro; avaliar o efeito da omissão de macronutriente ou boro sobre o desenvolvimento inicial das plantas; verificar o efeito de doses de boro e cálcio sobre o desenvolvimento e acúmulo de nutrientes pelas plantas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características botânicas

A couve comum, couve de folhas ou simplesmente couve é provavelmente, a variedade de *Brassica oleracea* mais próxima da couve primitiva.

Trata-se de uma hortaliça folhosa, de caule ereto, podendo ultrapassar 3 metros de altura, emitindo sempre folhas no ápice, nos brotos laterais e nas axilas foliares. As folhas tem limbo muito desenvolvido e arredondado, com pecíolo longo e nervuras bem destacadas (FILGUEIRA, 1987). Suas flores são perfeitas e a polinização é entomófila (PIMENTEL, 1985).

2.2. Produção de matéria seca

Apesar do grande potencial alimentício da couve, por seu alto teor em vitaminas e sais minerais, há poucas informações disponíveis sobre seu padrão de crescimento, exigências e exportação de nutrientes, que

possam fornecer subsídios para o manejo e aplicação adequada de fertilizantes.

Vários autores (CASTLE *et alii*, 1957; WIDDOWSON *et alii*, 1963 e WIDDOWSON & PENNY, 1957), observaram o aumento da produção de couve através da aplicação de adubo nitrogenado.

JOHNSTON (1971), estudando os efeitos da densidade de plantio e a aplicação de fertilizantes sobre a produção de três variedades de couve, verificou que a densidade de plantio não foi um fator tão importante para a produção de folhas e caules como foi o nível de fertilização. É que o número de folhas foi um caráter controlado pelo genótipo, enquanto o tamanho das folhas depende das variações ambientais.

A produção de folhas de couve pode ser elevada através da aplicação de 5g de uréia na projeção das folhas 15 dias após o plantio, e depois 10 a 15g de uréia quinzenalmente (PIMENTEL, 1985); ou pela aplicação em cobertura de 10g de sulfato de amônio por planta, também de 15 em 15 dias (FILGUEIRA, 1987).

As curvas de crescimento, juntamente com a marcha de absorção de nutrientes, permitem a verificação da intensidade de um ou outro nutriente e, portanto, da necessidade de fornecê-lo em uma época mais apropriada. Tal estudo foi realizado em couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) cultivar Piracicaba Precoce n.º 1, cultivada em

solução nutritiva durante um ciclo vegetativo por HOMA *et alii* (1969). Esses autores verificaram um crescimento lento, até os 56 dias, com um acúmulo 0,7% do peso total da planta. A fase seguinte caracterizou-se por um crescimento rápido, acumulando cerca de 24% do peso total até o 66.º dia. A terceira fase ocorreu do 66.º até o 96.º dia, quando a planta atingiu, então, a sua produção máxima.

MAGNIFICO *et alii* (1979), cultivaram brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) cultivar "Medium Late 432", em solos aluviais em Policoro (Itália), e observaram, inicialmente um crescimento lento, intensificando-se depois do terceiro mês, quando os botões mudam de estágio vegetativo para reprodutivo e os caules se alongam. Depois de 173 dias, os referidos autores obtiveram uma produção de 168.000 kg de matéria seca por hectare.

Os híbridos de repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) Shikidore e Natsumaki Risow, cultivados em solução nutritiva em condições de casa de vegetação, apresentaram curvas de crescimento idênticas, com a fase de crescimento mais intenso no período compreendido entre os 90 e 105 dias, após o transplante (HAAG *et alii*, 1979b).

2.3. Absorção, extração e exportação de nutrientes

Com relação à extração de nutrientes pela couve-flor var. Piracicaba Precoce nº1, HOMA *et alii*

(1969), verificaram que os nutrientes absorvidos em maiores quantidades foram o nitrogênio e o potássio, seguindo-se em ordem decrescente o cálcio, o enxofre, o magnésio e o fósforo. Extrapolando para uma população de 25.000 plantas, com uma produção de 9.217,5 kg por hectare, os autores calcularam que a cultura extrairia 68,0 kg de nitrogênio, 8,6 kg de fósforo, 76,7 kg de potássio, 25,4 kg de cálcio, 10,9 kg de magnésio e 20,9 kg de enxofre. Entretanto, a exportação dos nutrientes seria de: 35,8 kg de nitrogênio, 4,64 kg de fósforo, 32,07 kg de potássio, 6,95 kg de cálcio, 3,00 kg de magnésio e 6,65 kg de enxofre.

Os híbridos de repolho, Natsumaki Risow e Shikidore, nas mesmas condições referidas anteriormente para couve-flor, apresentaram elevadas concentrações de fósforo, potássio e enxofre nas folhas. Da mesma forma, considerando uma densidade de plantio de 15000 plantas/hectare, HAAG et alii (1979b) obtiveram uma extração de 17,4 Kg de fósforo; 96,0 Kg de potássio; 40,4 Kg de cálcio; 9,9 Kg de magnésio e 16,8 Kg de enxofre para o híbrido Shikidore. Para o híbrido Natsumaki Risow a exportação seria de 19,9 Kg fósforo; 82,0 Kg de potássio; 32,9 Kg cálcio; 7,0 Kg magnésio e 11,9 Kg enxofre.

FURLANI et alii (1978) realizaram um levantamento entre as várias hortaliças cultivadas em condições de campo, e observaram que as hortaliças folhosas tais como couve manteiga, couve-flor (cultivar Santa Elisa), repolho

(cultivar Sabauna) e brócolis (cultivar Ramoso) apresentam elevadas concentrações de N, K, Ca, S e B.

Em brócolis, a extração obtida por MAGNIFICO *et alii* (1979), foi de 559 Kg N/ha, 23 Kg P/ha e 723 Kg K/ha; contudo, considerando como produto de exportação o caule e a inflorescência, os autores obtiveram uma extração de 167 kg/ha de N, 9 Kg/ha de P e 349 Kg/ha de K.

A couve, dentre as brássicas, foi considerada a menos exigente em nutrientes (FILGUEIRA, 1987); entretanto, é sensível à deficiência de boro e, quando apresenta esta deficiência, favorece ao ataque da bactéria *Erwinia carotovora* (PIMENTEL, 1985).

2.4. Deficiências nutricionais

A observação detalhada de todas as anormalidades visuais apresentadas por uma planta é importante para se diagnosticar uma desordem nutricional, ocasionada pela deficiência de um determinado elemento.

Tais anormalidades são reconhecíveis na maioria das plantas. Entretanto, existem respostas peculiares entre e dentre espécies, como um resultado da expressão genética através da distribuição dos elementos ou da sensibilidade dos sistemas metabólicos (VOSE, 1963).

As brássicas pertencem à uma simples espécie (*Brassica oleraceae*), por isto, quando apresentam um

desbalanço de nutrientes, mostram sintomas bastante similares (SCAIFE & TURNER, 1983). Entretanto, com as deficiências de N, P, Mg e B, poderão ocorrer diferenças na intensidade da pigmentação vermelha e purpúrea apesar desta variação ser também provocada pela temperatura (SCAIFE & TURNER, 1983).

2.4.1. Deficiência de Nitrogênio

A deficiência de nitrogênio, na maioria das espécies, resulta no decréscimo do teor de clorofila e, conseqüentemente, no amarelecimento uniforme das folhas velhas, com o posterior secamento e a queda destas folhas (JONES, 1966). As plantas de couve-flor e repolho, além dos sintomas acima descritos, apresentam folhas novas ligeiramente cloróticas e folhas velhas com tons laranja, vermelho ou purpúreo (JONES, 1966).

Segundo SCAIFE & TURNER (1983), na ausência de nitrogênio, as folhas velhas de couve crespa, couve-flor, e nabo tornaram-se predominantemente amarelo-alaranjada. Em brócolis e repolho as folhas novas desenvolveram-se rijas, com uma aparência cerosa e de cor cinza.

A couve, por ser uma hortaliça folhosa, tem o nitrogênio como o nutriente mais importante durante a fase de crescimento (PIMENTEL, 1985). Além disso, a adição

de nitrogênio proporciona à couve uma melhor qualidade, tornando as folhas e talos mais tenros (JOHNSTON, 1971). Segundo VALLE (1971), a percentagem de nitrogênio nas folhas de couve cultivadas em solo areno-siltoso da Georgia (E.U.A.) durante a primavera, aumentou de 3,07% para 4,42%, e a produção de matéria de 23,3 para 30,5 toneladas/hectare, quando se elevou a aplicação de adubo nitrogenado de 44,8 para 179,2 Kg N/hectare.

A concentração crítica de nitrogênio nas folhas das hortaliças, em geral, é de 3,5% para SCAIFE & TURNER (1983), e de 2 a 4% para MENGEL & KIRKBY (1987), enquanto que MARSCHNER (1986), estabeleceu uma faixa mais ampla de 2 a 5% dependendo da espécie, estágio de desenvolvimento e órgão.

2.4.2. Deficiência de Fósforo

De um modo geral, as plantas com deficiência de fósforo apresentam-se com caules mais finos e folhas pequenas. As folhas mais velhas caem prematuramente, as brotações diminuem e podem permanecer dormentes. Com relação à cor, a variação ocorre de verde brilhante a verde-escuro, podendo desenvolver-se também tons purpúreos nas margens (WALLACE, 1961).

CHAPMAN (1966) relatou que muitas plantas anuais também exibem folhagem verde com pecíolos e venação

purpúrea, especialmente na superfície abaxial.

Temperaturas baixas, seca e toxidez de alumínio em solos ácidos também podem induzir • aparecimento dos sintomas referidos acima (SCAIFE & TURNER, 1983).

A cor vermelha, desenvolvida pelas plantas deficientes em fósforo, é uma consequência do aumento da síntese de antocianina (MARSCHNER, 1986 e MENGEL & KIRBY, 1987) . As plantas que apresentam uma folhagem verde mais escura, têm o teor de clorofila por unidade de área elevado (Hecht-Buchhlz,¹ citado por MARSCHNER, 1986), devido à uma inibição da expansão celular que afeta o desenvolvimento da folha. Tal inibição resulta do decréscimo no transporte de água e sais minerais, da raiz para as partes superiores, de plantas deficientes em fósforo (RADIN & EIDENBOCK, 1984).

Segundo MARSCHNER (1986), a concentração de fósforo necessária para o desenvolvimento ótimo de uma planta varia durante o crescimento vegetativo de 0,3% a 0,5% do peso da matéria seca da planta. Entretanto, o teor desse nutriente pode variar também de espécie para espécie ou dentro de uma mesma espécie, como citam SCAIFE & TURNER (1983), ao afirmarem que brocolis é mais exigente em fósforo do que repolho e couve-flor.

¹ HECHT-BUCHHOLZ, C. Über die Dunkelfärbung des Blattgrüns bei Phosphormangel. 2.Pflanzenernaehr. Bodenk. 118:12-22. 1967.

2.4.3. Deficiência de Potássio

As folhas das brássicas, deficientes em potássio mostram ligeira clorose internerval, queima das margens e enrolamento das folhas velhas. Em couve-flor esta queima progride entre as nervuras. Consequentemente, o crescimento é lento e as folhas tornam-se duras e sem paladar (WALLACE, 1961).

A quantidade de potássio absorvida pelas hortaliças é geralmente maior do que qualquer um dos outros nutrientes; exportando grande quantidade de potássio através da colheita. Desta forma, quando a demanda de potássio excede a taxa de fornecimento, começa a ocorrer a descoloração das folhas e formação de áreas necróticas ou a modificação da anatomia foliar (KILMER *et alii*, 1968).

Segundo ULRICH & OHKI (1966), os níveis de potássio nas folhas de plantas normais, variam de 0,7% a 1,5% do peso do material seco. Mas, para plantas muito exigentes, esse nível poderá ser igual ou superior a 5,0%. Esta maior exigência de potássio foi atribuída ao tipo do sistema radicular ou à taxa de crescimento da planta.

HOMA *et alii* (1968), em um ensaio de deficiências de macronutrientes, obtiveram 2,85% e 0,51% de potássio nas folhas inferiores de couve-flor cultivar cultivar Terezópolis precoce cultivada em solução nutritiva com e sem este nutriente, respectivamente.

2.4.4. Deficiência de Cálcio

A deficiência de cálcio nas brássicas manifesta-se através do encurvamento das extremidades das folhas novas (no sentido abaxial), morte dos pontos de crescimento, e também pelo colapso do mesófilo das folhas velhas (WALLACE, 1961).

Segundo WALLACE (1961), a deficiência de cálcio em brócolis, couve-flor e repolho torna as folhas novas cloróticas, ásperas, estreitas, com as margens necrosadas e enroladas para baixo, sendo que em repolho também foi observada a morte do ápice.

Para SCAIFE & TURNER (1983), as folhas novas das brássicas deficientes em cálcio, apresentam-se côncavas com as margens torcidas para baixo, de modo que as folhas tornam-se enrugadas como se um fio tivesse sido enrolado ao longo da lâmina foliar. Utilizando areia como substrato, esses autores observaram um colapso da base das folhas novas e das margens das folhas velhas de repolho. O teor de cálcio encontrado na 4.^a e 5.^a folhas, a contar do ápice dessas plantas deficientes, foi de 0,06%, enquanto que nas folhas de plantas bem supridas com cálcio o teor desse elemento foi de 2,2%.

HEWITT (1983) cita que nas plantas com folhas grandes, especialmente as brássicas, os primeiros sinais da deficiência de cálcio aparecem nas margens das

folhas próximas ao ápice, depois os sintomas se repetem de forma mais severa nas folhas apicais, tornando-as secas ou escuras. Em couve e couve-flor a deficiência de cálcio provoca manchas necróticas de cor cinza nas áreas centrais de folhas totalmente expandidas.

O conteúdo de cálcio nas plantas varia entre 0,1% e 5% na matéria seca, dependendo da espécie, condições de crescimento e órgão da planta (MARSCHNER, 1986). BOULD (1983), refere-se a uma concentração crítica de cálcio de 0,1% a 0,2% e SCAIFE & TURNER (1983), citam que o teor de cálcio nas folhas nas hortaliças é muito variável nos tecidos afetados pela deficiência ou nos susceptíveis.

2.4.5. Deficiência de Magnésio

A ausência de magnésio afeta o crescimento das brássicas, deixando suas folhas duras e sem paladar. As mais susceptíveis a esta deficiência são brócolis e couve-flor, sendo portanto consideradas como plantas indicadoras de deficiência de magnésio (WALLACE, 1961).

Os sintomas de deficiência de magnésio aparecem geralmente nas folhas mais velhas, progredindo para as mais novas. A característica padrão dessa deficiência é a clorose internerval. Entretanto, algumas plantas podem desenvolver cores brilhantes em tons laranja e vermelho ou apresentar manchas necróticas na superfície

foliar.

EMBLETON (1966), observou que, para brócolis e couve-flor, os sintomas de deficiência de magnésio são os mesmos descritos anteriormente. Porém, as folhas caem antes que as manchas necróticas apareçam. Quanto ao repolho, as folhas velhas mostram-se cloróticas e onduladas.

A clorose internerval verificada em couve-flor, cultivar Terezópolis precoce evoluiu de modo a aparecer uma necrose marrom nos bordos e ápice da folha, progredindo depois por todo o limbo. Além disso, as folhas novas mostraram-se menos desenvolvidas e com uma cor verde mais intensa, quando comparadas com as plantas normais (HOMA *et alii*, 1968).

As percentagens de magnésio encontradas na matéria seca das folhas inferiores de plantas de couve-flor deficientes e não deficientes nesse elemento foram 0,18% e 0,34%, respectivamente (HOMA *et alii*, 1968). Entretanto, SCAIFE & TURNER (1983), citam que as plantas, de uma maneira geral, necessitam de 0,2% de magnésio para terem um desenvolvimento normal, enquanto que MARSCHNER (1986), considera que a concentração adequada é de 0,5% do elemento na matéria seca.

2.4.6. Deficiência de Enxofre

Os sintomas da deficiência de enxofre são

muito semelhantes aos da deficiência de nitrogênio. A razão desta similaridade resulta do fato de que ambos são essenciais para a formação da clorofila, embora o enxofre não seja um constituinte desse pigmento (EATON, 1966).

A deficiência de enxofre nas plantas reduz principalmente o tamanho das folhas e a concentração da clorofila e dos pigmentos vermelhos ou purpúreos (HEWITT, 1983). Consequentemente, as folhas novas mostram-se cloróticas e as folhas emergentes podem apresentar-se côncavas ou convexas (SCAIFE & TURNER, 1983), como um resultado da paralização do crescimento.

Nas brássicas a clorose decorrente da deficiência de enxofre é muito característica. As nervuras primárias e secundárias permanecem verde-azuladas contrastando com o verde pálido do limbo. Na face abaxial da folha aparecem áreas purpúreas ou bronzeadas. Na extremidade das folhas podem aparecer também áreas necróticas que evoluem para todo o limbo até o secamento e queda da folha (SCAIFE & TURNER, 1983).

O teor de enxofre nos tecidos vegetais varia de 0,2% a 0,5% (MARSCHNER, 1986; MENGEL & KIRKBY, 1987), sendo que o teor de 0,2% de enxôfre na matéria seca é considerado adequado (SCAIFE & TURNER, 1983).

As crucíferas, especialmente as pertencentes ao gênero *Brassica*, têm alta exigência de enxofre (EATON, 1966). Entretanto, HOMA *et alii* (1968), encontraram 0,12% e

0,10% de enxofre nas folhas inferiores de plantas de couve-flor, cultivar Terezópolis Precoce cultivadas na presença e ausência de enxofre, respectivamente. Nas folhas novas foram encontradas 0,18% e 0,10% do elemento na matéria seca. Em outra cultivar de couve-flor (Piracicaba Precoce n.º1), HOMA *et alii* (1969), encontraram um teor de 1,24% de enxofre nas folhas e 0,71% de enxofre nas inflorescências (cabeça) de plantas com 96 dias de idade.

HAAG *et alii* (1979b) encontraram nas folhas externas e internas do repolho (híbrido Shikidore), cultivado em condições de campo com, 105 dias, 0,93% e 0,78% respectivamente.

2.4.5. Deficiência de Boro

Durante a década de 30, tornou-se evidente que a carência de boro ocorria nas brássicas, causando-lhes alterações histo-morfo-fisiológicas, principalmente nas regiões onde o crescimento é mais ativo.

A couve-flor, dentre as brássicas é a mais susceptível às desordens nutricionais provocadas pela deficiência de boro, seguindo-se em ordem decrescente a couve, o repolho e o brócolis (WALKER & McLEAN, 1941).

Segundo CHAVES & COUTO (1958), os sintomas da deficiência de boro em couve-flor foram descritos pela

primeira vez por Chupp e Horsfall¹ em 1933, no Estado de New York (E.U.A.). DEARBORN & RALEIGH (1935) descreveram que as plantas de couve-flor apresentaram pequenas áreas úmidas nos caules, tornando-se marrons ferruginosas quando as "cabeças" também mostraram-se afetadas. Nesse estágio, o quadro sintomatológico era conhecido por podridão marrom ou podridão vermelha (hoje, podridão parda).

Depois, DEARBORN *et alii* (1936) demonstraram que o marrom interno e externo da cabeça de couve-flor era devido a carência de boro.

A ocorrência do caule oco nas brássicas é uma desordem morfo-fisiológica normalmente associada com a deficiência de boro.

HARTMAN (1938) cita que os estudos sobre a ocorrência do caule oco ("hollow stem"), em couve-flor, começaram em 1934 na Universidade de Cornell nos E.U.A.; apesar do autor ter trabalhado com vários tipos de solo (arenoso, argilo-arenoso e argilo-siltoso), não chegou a uma conclusão decisiva sobre a causa dessa desordem.

WALKER & MCLEAN (1941), verificaram que os sintomas de carência de boro em repolho cultivado em solução nutritiva, desenvolveram-se do 7.^o ao 10.^o dia após a emergência. As anormalidades foram observadas na primeira folha, que tornaram-se verdes escuras, lineares ou

CHUPP, C. & HORSFALL, J. G. Boron rot of cauliflower. The plant disease report XVII (13):157-159. 1933.

circulares, com nervuras secundárias atrofiadas ou ausentes. Com a evolução dos sintomas estas folhas partiram-se ao meio, e apresentaram a morte do ápice. Entretanto, nas plantas cultivadas em condições de campo, os sintomas externos não foram visíveis, sendo observados somente através de um corte longitudinal da cabeça, onde foram observadas manchas aquosas necróticas entre a base e o centro da cabeça, que estendiam-se até o caule. Segundo estes autores, essas manchas podiam evoluir e coalecer a ponto de formar uma cavidade oca ("hollow stem") depreciando a qualidade do produto.

Os efeitos histo-patológicos provocados pela carência de boro em repolho, foram estudados por WALKER (1944). Segundo o autor, os primeiros efeitos são fisiológicos e tendem a intensificar a divisão celular e o crescimento. A formação da parede celular e a diferenciação são interrompidas. Os tecidos tornam-se necrosados e os produtos liberados pelas células mortas ou quase mortas, influenciam negativamente o crescimento das células vizinhas. Os elementos condutores são mal formados e, conseqüentemente, a absorção dos nutrientes é afetada.

Muitos pesquisadores acreditam que a ocorrência do caule oco nas brássicas seja a deficiência de boro (ZINK, 1968; SHATTUCK *et alii*, 1986 e SHATTUCK & SHELP, 1987), embora outros pensem o que esta desordem não seja provocada pela deficiência de boro

como Archer¹, citado por SHATTUCK & SHELP (1987). Em brócolis, a ocorrência do caule oco é intensificada pelo aumento do espaçamento (ZINK, 1968), pela aplicação do adubo nitrogenado (ZINK, 1968 e CUTICLIFFE, 1972) pela maturação precoce e principalmente pelo tipo de cultivar (CUTICLIFFE, 1975 e SHATTUCK *et alii*, 1986).

SHATTUCK *et alii* (1986), estudando a interação de seis cultivares de brócolis com o ambiente e a incidência do caule oco sugeriram que esta desordem tem mais influência genética do que ambiental.

Mais tarde SHATTUCK & SHELP (1987), avaliaram os teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn e B e a incidência do caule oco em brócolis. Os dados obtidos com boro não apresentaram correlações entre esses elementos e a presença do caule oco. Contudo, na cultivar em que ocorreu menor incidência desse sintoma, a concentração de cálcio era maior no caule e nos tecidos florais. Como este elemento é importante para a divisão celular e integridade das membranas, os autores sugeriram a verificação do possível papel do cálcio em tal desordem.

¹ ARCHER, J. Crop nutrition and fertilizer use. Farming Press
ltd Suffolk, U.K., 1985.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas mudas de couve (*Brassica oleraceae* L. var. *acephala* D.C.) cultivar Paulista, enraizadas através de estacas retiradas das brotações laterais da parte superior de plantas cultivadas em canteiros experimentais do Departamento de Horticultura, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba-SP.

3.1. Omissão de nutrientes

Após 60 dias do início do enraizamento, transplantaram-se as mudas de couve, para vasos com capacidade para 5 litros, contendo sílica moída, tendo-se o cuidado de lavar suas raízes com água destilada.

Durante os primeiros 20 dias após o transplante, as plantas foram irrigadas 3 vezes ao dia com solução nutritiva completa, diluída na proporção de 1:1 (SARRUGE, 1975).

Quando as plantas estavam completamente restabelecidas do transplante, iniciou-se os tratamentos,

irrigando-se 2 vezes ao dia com as soluções nutritivas de SARRUGE (1975), nas quais se omitia um nutriente de cada vez conforme Tabela 1. Os tratamentos utilizados foram: omissão de nitrogênio, omissão de fósforo, omissão de potássio, omissão de cálcio, omissão de magnésio, omissão de enxofre, omissão de boro e solução nutritiva completa, com quatro repetições.

Diariamente, o volume destas soluções era verificado, completando-se a 1 litro pela da adição de água destilada. Inicialmente, as soluções foram renovadas a cada 15 dias. Depois, quando as plantas apresentavam-se bem desenvolvidas, trocavam-se as soluções semanalmente.

O controle de pragas e doenças foi realizado preventivamente com pulverizações de Malatol (2ml/litro) e Benlate (0,5g/litro) com Itharaguen-S (0,5 ml/litro).

Durante todo o experimento os sintomas foram observados e descritos. Com 103 dias, as plantas foram colhidas e divididas em folhas superiores, folhas inferiores, brotações laterais superiores, brotações laterais inferiores e caule. O material coletado foi lavado e colocado para secar em estufa com circulação forçada de ar à 60 a 70°C até apresentar peso constante. O material seco foi pesado e moído em moinho tipo Wiley, (peneira de malha n.º20 mesh). Os teores de macronutrientes e boro foram determinados segundo SARRUGE & HAAG (1974).

Tabela 1. Composição química das soluções nutritivas (ml/l), segundo SARRUGE (1975).

SOLUÇÕES		Tratamentos						
ESTOQUE		Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S
KH_2PO_4	M	1	1	-	-	1	1	1
KNO_3	M	5	-	5	-	5	3	3
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	M	5	-	5	5	-	4	4
MgSO_4	M	2	2	2	2	2	-	-
KCl	M	-	5	1	-	-	2	2
CaCl_2	M	-	5	-	-	-	1	1
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	M	-	-	-	1	-	-	-
NH_4NO_3	M	-	-	-	2	5	-	-
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	M	-	-	-	-	-	2	-
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	M	-	-	-	-	-	-	2
Micro ⁺		1	1	1	1	1	1	1
Fe-EDTA ⁺⁺		1	1	1	1	1	1	1

+ para o preparo de 1 litro de solução de micronutrientes foram usados os seguintes reagentes analíticos: 2,86g de H_3BO_3 ; 1,81 g de $\text{MnCl}_2 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$; 0,22 g de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$; 0,08g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \cdot \text{H}_2\text{O}$; 0,02 de $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; que correspondem a 0,5 ppm de B; 0,5 ppm de Mn; 0,05 ppm de Zn; 0,02 ppm de Cu e 0,01 ppm de Mo na solução final (SARRUGE, 1975).

++ para 1 litro de solução foram dissolvidos 26,1 g de EDTA dissodico em 286 ml de NaOH N, misturando-se em seguida 24,9 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. A solução foi arejada por uma noite sendo o volume completado para 1 litro.

3.2. Níveis de boro

Para a instalação e condução desse experimento, procedeu-se conforme descrito no item 3.1.

As plantas foram submetidas aos seguintes níveis de boro: 0; 0,03; 0,06; 0,09; 0,12; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,25 miligramas de ácido bórico por litro de solução, com quatro repetições por nível.

A preparação desses níveis obedeceu as recomendações de SARRUGE (1975), adicionando-se ácido bórico a solução com omissão de boro, de acordo com as concentrações desejadas.

Os sintomas de deficiência de boro foram observados e descritos durante a condução do ensaio.

As plantas submetidas ao tratamento 0 ppm de boro foram colhidas aos 80 dias e as demais aos 103 dias, sendo divididas em folhas superiores, folhas inferiores e caule, sendo cada parte preparada para a análise de nutrientes conforme descrito no item 3.1.

3.3. Níveis de cálcio

O procedimento de implantação e condução deste experimento foi o mesmo descrito no item 3.1.

As plantas foram cultivadas em soluções nutritivas com as seguintes concentrações: 0; 25; 50; 100; 200 e 400 miligramas de cálcio por litro de solução,

conforme Tabela 2, com 4 repetições por nível.

Tabela 2. Composição das soluções nutritivas com diferentes teores de cálcio (ml/l).

SOLUÇÕES		ml/l					
ESTOQUE		0	25	50	100	200	400
KH ₂ PO ₄	1M	1	1	1	1	1	1
KNO ₃	1M	5	5	5	5	-	-
MgSO ₄	1M	2	2	2	2	2	2
NH ₄ NO ₃	1M	5	5	5	5	5	2,5
CaCl ₂	1M	-	0,625	1,25	2,5	2,5	5
KCl	1M	-	-	-	-	5	7,5
Ca(NO ₃) ₂	1M	-	-	-	-	2,5	1
Micro-Fe ⁺⁺		1	1	1	1	1	1
Fe-EDTA ⁺⁺⁺		1	1	1	1	1	1

+ para o preparo de 1 litro de solução de micronutrientes foram usados os seguintes reagentes analíticos: 2,86g de H₃BO₃; 1,81 g de MnCl₂.7 H₂O ; 0,22 g de ZnSO₄.7 H₂O; 0,08g de CuSO₄.5.H₂O; 0,02 de H₂MoO₄H₂O; que correspondem a 0,5 ppm de B; 0,5 ppm de Mn; 0,05 ppm de Zn; 0,02 ppm de Cu e 0,01 ppm de Mo na solução final (SARRUGE, 1975).

++ para 1 litro de solução foram dissolvidos 26,1 g de EDTA dissodico em 286 ml de NaOH N, misturando-se em seguida 24,9 g de FeSO₄.7H₂O. A solução foi arejada por uma noite sendo o volume completado para 1 litro.

Os sintomas de deficiência de cálcio foram observados e descritos durante a condução do ensaio.

As plantas submetidas ao tratamento 0 ppm de cálcio foram colhidas aos 80 dias e as demais aos 103 dias, sendo divididas em folhas superiores, folhas inferiores e caule. Depois cada parte foi preparada para a análise de nutrientes conforme descrito no item 3.1.

3.4. Delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições, submetendo-se os resultados à análise de variância para experimentos com parcelas subdivididas, onde se considerou cada parte da planta como uma subparcela, sendo que os totais foram submetidos à análise de variância separadamente (PIMENTEL GOMES; 1987). As médias dos diferentes tratamentos do experimento de omissão de nutrientes foram comparadas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, utilizando-se o pacote estatístico SANEST (ZONTA *et alii* s.d.).

Os resultados dos experimentos com níveis crescentes de boro e cálcio foram submetidos a análise de variância, sendo as médias ajustadas a curvas de regressão. Para a obtenção destas curvas utilizou-se o programa STATGRAPH para o experimento dos níveis de boro, e o SANEST (ZONTA *et alii* s.d.) para o experimento com os níveis de cálcio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento com omissão de nutrientes

4.1.1. Sintomatologia das deficiências

Os sintomas observados nos tratamentos nos quais omitiu-se um dos macronutrientes ou o boro, mostraram-se, de um modo geral, semelhantes aos descritos para a maioria das brássicas.

4.1.1.1. Deficiência de nitrogênio

Plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de nitrogênio, manifestaram os primeiros sintomas de deficiência 17 dias após o início dos tratamentos. No ápice das folhas inferiores observou-se uma coloração verde-amarelada, que se estendeu por todo o limbo à medida que tornou-se amarela parda. Nas nervuras, margens e pecíolos das folhas inferiores observaram-se também manchas arroxeadas. Os pecíolos permaneceram frouxamente ligados ao

caule (Figura 1.b).

Com a evolução dos sintomas, as plantas não se desenvolveram, apresentando caules finos, cloróticos, e com manchas arroxeadas, pequeno número de brotações laterais, e folhas superiores com uma coloração verde-amarelada.

Estes sintomas são idênticos aos descritos para couve flor (WALLACE, 1961), brocolis e repolho (JONES, 1966; SCAIFE & TURNER, 1983). Entretanto, divergem parcialmente dos sintomas relatados por HOMA *et alii* (1968), que verificaram a mudança da cor arroxeadas para vermelha-amarelada nas folhas inferiores de couve-flor cultivar. Terezópolis Precoce sob deficiência de nitrogênio.

4.1.1.2. Deficiência de fósforo

Os sintomas de deficiência de fósforo manifestaram-se aos 38 dias após a omissão desse nutriente na solução nutritiva. A região próxima à extremidade apical e as margens das folhas inferiores mostraram-se contornadas de tons avermelhados. Com o tempo, esta coloração se intensificou e evoluiu em direção à base da folha. Concomitantemente o limbo tornou-se levemente ondulado, ocorrendo a queda prematura da folha. Com a intensificação da deficiência, as plantas apresentaram-se menos desenvolvidas (Figura 1.c).

FIGURA 1. Planta de couve cultivada com: a) todos os nutrientes; b) deficiência de nitrogênio; c) deficiência de fósforo; d) deficiência de potássio.

Há uma concordância geral na descrição destes sintomas com aqueles observados por WALLACE (1961), e BINGHAM (1966). Entretanto, diferem dos sintomas descritos para couve-flor com baixo teor de fósforo, que mostrou uma coloração verde-escura nas folhas superiores e uma faixa irregular avermelhada nas margens das folhas intermediárias, além de um enrolamento no sentido adaxial. Numa fase mais avançada da deficiência, as folhas inferiores mostraram uma cor amarela intensa e necrose de aproximadamente 1/3 da região próxima ao ápice. Os sintomas progrediram em direção acrópeta, à medida em que as plantas envelheciam (HOMA *et alii*, 1968).

4.1.1.3. Deficiência de potássio

A deficiência de potássio começou a se manifestar 40 dias após o início dos tratamentos. A princípio, as folhas inferiores e intermediárias apresentaram um leve murchamento, principalmente nas horas de elevada temperatura, quando a transpiração era mais intensa. Depois, a nervura central das folhas intermediárias apresentou segmentos necróticos em sua parte mediana, estendendo-se em direção às nervuras secundárias e ao pecíolo. Ao mesmo tempo, apareceram manchas amarelas no limbo, próximas às nervuras necrosadas. Com a intensificação dos sintomas estas manchas evoluíram para as

margens. As folhas ficaram cloróticas e murchas, inclusive o pecíolo; porém, permaneceram presas ao caule por mais tempo do que as folhas senescentes ou as deficientes em nitrogênio ou fósforo. No caule, também surgiram manchas cinzas que correspondiam às regiões necrosadas na medula, que foram verificadas através do corte transversal do caule. Com a progressão da deficiência, o crescimento da planta também foi afetado (Figura 1.d).

WALLACE (1961) também descreveu sintomas semelhantes para a maioria das brássicas, especialmente couve-flor. Entretanto, o autor não observou as lesões nas nervuras e no caule, como foram observadas por HOMA *et alii* (1968). Estes autores, além dos sintomas mencionados, descreveram também um enrolamento das folhas velhas ao longo da nervura principal.

4.1.1.4. Deficiência de cálcio

Plantas vegetando em solução nutritiva, com a ausência de cálcio, manifestaram os primeiros sinais de anormalidade, no 5º dia após o início dos tratamentos. Folhas, geralmente pertencentes ao 3º par de folhas a contar do ápice, apresentaram crescimento irregular, com limbo ligeiramente ondulado e uma de suas margens curvadas no sentido adaxial. À medida em que estes sintomas se desenvolveram, os tecidos destas margens tornaram-se

cloróticos e depois necrosados. Em seguida, o restante do limbo tornou-se clorótico, quando então ocorreu a queda prematura da folha. Trinta e três dias após o aparecimento desses sintomas, as folhas superiores mostraram sintomas idênticos em uma das margens, porém o resto do limbo exibiu uma cor verde mais intensa. Nos estádios mais avançados desta deficiência, as plantas cessaram o crescimento, observando-se um murchamento generalizado nos períodos de elevada temperatura, e o apodrecimento das raízes. Finalmente, cinquenta e três dias após o início dos tratamentos, as plantas não se recuperavam mais do estresse hídrico sofrido no dia anterior, devido à necrose do sistema radicular (Figura 2.a).

Os sintomas encontrados concordam plenamente com os descritos para brássicas (WALLACE, 1961) e para plantas de folhas grandes, especialmente couve e couve-flor, segundo SCAIFE & TURNER (1983). Entretanto, HOMA *et alii* (1968) observaram em couve-flor somente os sintomas descritos neste trabalho para as folhas superiores da couve.

Outras culturas, como cana-de-açúcar (HAAG, 1965), jiló (HAAG *et alii*, 1979a), cubiu (WEBER, 1981), pimentão (FERNANDES, 1971) e quiabeiro (COSTA, 1971) apresentaram uma clorose nas folhas inferiores, tendo sido sugerida como uma deficiência de nitrogênio ocasionada pela deficiência de cálcio.

FIGURA 2. Planta de couve cultivada com: a) deficiência de cálcio; b) deficiência de magnésio; c) deficiência de enxofre; d) deficiência de boro.

4.1.1.5. Deficiência de magnésio

Os primeiros sinais da deficiência de magnésio puderam ser observados 42 dias após o início do tratamento, e os mesmos caracterizaram-se por um amarelecimento entre as nervuras na parte central do limbo das folhas inferiores. As folhas ficaram enrugadas, com as nervuras destacadas, principalmente na face adaxial. Os sintomas progrediram gradativamente, em sentido acrópeto, por toda a planta; sem entretanto, afetar o crescimento (Figura 2.b).

É interessante mencionar que as plantas deficientes em magnésio transpiraram mais do que as plantas submetidas à omissão de outro macronutriente ou boro. Consequentemente, no final do dia apresentaram uma condição de murchamento, lembrando a deficiência de potássio, indicando um distúrbio no conteúdo (MENGEL & KIRKBY, 1987) e na utilização da água.

A deficiência de magnésio difere da deficiência de nitrogênio, principalmente pelo fato desta, ter mantido as nervuras verdes, enquanto que na outra a folha tornou-se completamente amarelada.

Tais observações concordam de um modo geral com as de TIEDJENS & SCHERMERHORN (1937) para repolho e WALLACE (1961), EMBLETON (1966) e SCAIFE & TURNER (1983) para a maioria das brássicas. Entretanto, divergem

parcialmente das observações de HOMA et alii, (1968), que descreveram uma necrose marrom nas margens das folhas inferiores nos estádios mais avançados da deficiência de magnésio em couve-flor.

4.1.1.6. Deficiência de enxofre

Nas plantas irrigadas com solução nutritiva com omissão de enxôfre, não se evidenciaram sintomas visuais de carência deste nutriente (Figura 2.c).

Possivelmente, a ausência dos sintomas da deficiência de enxofre possa ter ocorrido devido: i) ao fornecimento de enxofre através da solução completa diluída após o transplante das mudas e durante a fase de adaptação das mesmas; ii) ao suprimento contínuo de enxôfre, através da adição da solução de Fe-EDTA, onde se utiliza o sulfato ferroso que fornece 2,7 mg de enxofre por litro de solução, como sugerem HAAG & KIMOTO (1968) e; iii) a absorção do SO_2 da atmosfera proveniente da queima de produtos orgânicos¹ (FALLER et alii, 1970 e COWLING & LOCKYER, 1976). Segundo CORMIS (1968) o SO_2 pode ser absorvido através dos estômatos e distribuído pela planta sendo incorporado nas

¹O experimento foi desenvolvido no período de agosto a dezembro, época na qual se efetua a queima de cana-de-açúcar no município de Piracicaba-SP. E também, se intensifica a sua industrialização, utilizando-se o H_2SO_4 na fabricação do açúcar, com consequente liberação de SO_2 (SILVEIRA, R.I., 1989; comunicação pessoal).

proteínas, aminoácidos ou permanecendo como SO_4^{2-} livre.

4.1.1.7. Deficiência de boro

Os primeiros distúrbios fisiológicos apareceram trinta e cinco dias após a omissão deste nutriente da solução nutritiva. Os sintomas caracterizaram-se pela má formação das folhas superiores que tornaram-se pequenas, lanceoladas, espessas, quebradiças, com as margens torcidas para baixo e necrosadas. Os pecíolos ficaram mais espessos e as folhas caíram precocemente. O caule também apresentou um diâmetro maior, internódios curtos, e com manchas aquosas ou necrose na medula próxima ao ápice; as quais puderam ser observadas quando o caule foi cortado transversalmente. À medida que a deficiência se intensificava, observaram-se manchas esbranquiçadas nas margens e na área internerval das folhas velhas, lembrando a deficiência de magnésio (Figura 2.d).

A clorose internerval observada nas folhas velhas das plantas carentes em boro diferiu da clorose das folhas velhas das plantas deficientes em magnésio. Nas folhas velhas das plantas deficientes em boro, esta clorose manifestou-se através de manchas esbranquiçadas próximas as margens, porém sem evoluir em direção acrópeta. Já, nas folhas velhas das plantas carentes em magnésio (conforme as descrições do item 4.1.1.5.), a clorose apresentou-se

através de manchas amarelas, ocupando todo o limbo e progredindo em direção ao ápice.

No decorrer do experimento, observou-se também que as plantas deficientes em boro absorviam menor quantidade de solução do que as plantas do tratamento completo. Segundo GAUCH (1957), plantas deficientes em boro reduzem a absorção de água devido à elevada concentração de açúcares e colóides hidrofílicos e à alta percentagem de estômatos não funcionais.

No final do experimento foi verificado que as plantas deficientes em boro tiveram desenvolvimento limitado, visualizando-se também a morte do ápice.

Os sintomas observados nas folhas superiores e no caule são idênticos aos descritos pela maioria dos autores (WALLACE, 1961; SCAIFE & TURNER, 1983 e SHORROCKS, 1974). Já, os das folhas inferiores foram observados também em couve-flor por WALLACE (1961) e KURAMOTO *et alii* (1970); em quiabeiro por COSTA (1971); e em brocolis e nabo por SCAIFE e TURNER, (1983).

4.1.2. Produção de matéria seca

Como indicadores de crescimento utilizou-se os dados de produção da matéria seca das diferentes partes das plantas em função dos diversos tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Produções médias de matéria seca (gramas/vaso), das folhas superiores(FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total de plantas de couve utilizadas no experimento de omissão de nutrientes.

Tratamentos	PARTES DA PLANTA					
	FS	FI	BS	BI	CAULE	TOTAL
Completo	8,02a	18,74abc	4,57a	12,28a	7,01a	50,62a
Omissão de N	4,37a	9,24e	1,63a	1,70c	5,90a	22,77d
Omissão de P	5,83a	21,25ab	1,75a	9,51ab	5,41a	43,75ab
Omissão de K	4,03a	13,66cde	1,95a	6,74ab	4,97a	31,35bcd
Omissão de Ca	2,80a	11,95de	1,27a	5,82bc	5,47a	27,31cd
Omissão de Mg	5,75a	22,25a	1,89a	12,21a	6,28a	48,38a
Omissão de S	6,59a	15,84bcd	1,27a	6,97abc	5,63a	36,30abc
Omissão de B	4,31a	21,07ab	2,27a	6,27bc	6,60a	40,52abc
CV% = 35,29						17,57

+ Os valores associados com letras iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O elemento que mais limitou o crescimento da couve foi o nitrogênio, pois a sua ausência reduziu em 55% a produção de matéria seca total, sendo as folhas e brotações inferiores as mais afetadas. Seguiu-se em importância o Ca e o K, provocando uma diminuição na produção de matéria seca total de 46% e 38%, respectivamente (Tabela 3).

A importância do nitrogênio para a produtividade da couve, também foi observada em condições

de campo por CASTLE *et alii*, 1957; WIDDOWSON *et alii*, 1963; e JOHNSTON, 1971.

Segundo os resultados de HOMA *et alii* (1968), a omissão de nitrogênio em couve-flor também provocou uma menor produção de matéria seca total, seguindo-se o potássio, o cálcio, o fósforo, o magnésio e o enxofre.

Sob condições de deficiência de fósforo, magnésio e enxofre, a produção de matéria seca total da couve não diferiu estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, daquelas que receberam todos os nutrientes (Tabela 3). Entretanto, isto pode ser explicado pelo fato destes elementos serem requeridos em menores quantidades, e os seu fornecimento durante a fase de adaptação das mudas ter sido suficiente para promover o crescimento das plantas. Além disto, o principal fator determinante da elevação do peso da matéria seca de folhas deficientes em magnésio é o acúmulo de amido, conforme MARSCHNER (1986).

A deficiência de potássio afetou a produção de matéria seca total, embora as produções de matéria seca das diversas partes das plantas não tenham sido afetadas quando comparadas, separadamente, com às do tratamento completo (Tabela 3).

As plantas carentes em cálcio apresentaram significativa redução da matéria seca total, das folhas inferiores e das brotações inferiores (Tabela 3). Tal

redução, provavelmente ocorreu porque as paredes celulares do tecido foliar em expansão tornaram-se desestabilizadas com a deficiência de cálcio, inibindo os processos de crescimento e desenvolvimento das folhas (MARSCHNER, 1986) e das brotações. Além disto, plantas deficientes em cálcio perdem a capacidade de reduzir o nitrato e, portanto, de sintetizar proteínas (GAUCH, 1957). Consequentemente, apresentam deficiência de nitrogênio como foi evidenciado nas folhas intermediárias das plantas cultivadas na ausência de cálcio, conforme descrito no item 4.1.1.4.

A produção de matéria seca total, bem como das folhas superiores, folhas inferiores e das brotações superiores das plantas deficientes em boro não diferiram estatisticamente daquelas que receberam este nutriente. Entretanto, o mesmo não aconteceu com as brotações inferiores. Tais resultados divergem daqueles obtidos para couve-flor cultivar Piracicaba precoce nº1 (KURAMOTO *et alii*, (1970) e espinafre (THOMAZ, 1975). Entretanto, COSTA (1971) também não encontrou o decréscimo da produção de matéria seca total em quiabeiro deficiente em boro, provavelmente, porque esta deficiência não chega a afetar a produção de fotoassimilados e sim a translocação destes compostos, como uma consequência: i) da inibição da síntese de sacarose, que é a principal forma de translocação de carboidratos (MARSCHNER, 1986); ii) do aumento de produção de calose que obstrói as placas crivadas do floema, e,

exerce um efeito depressivo sobre o transporte dos solutos (VENTER & CURRIER, 1977) e; *iii*) da má formação dos tecidos condutores.

4.1.3. Efeito da omissão de macronutrientes e boro sobre o acúmulo e concentração de nutrientes

A concentração e o acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e boro nas diferentes partes da planta, em função dos tratamentos, encontram-se na Tabela 4. Verifica-se que todos os tratamentos nos quais se omitiu um nutriente, a concentração e o acúmulo deste nutriente nas diversas partes das plantas foi, geralmente, menor quando relacionada com as do tratamento completo.

4.1.3.1. Nitrogênio

A Tabela 5 apresenta os valores da extração e do acúmulo de nitrogênio nas diversas partes das plantas, em função dos tratamentos.

Verifica-se que as plantas com deficiência de nitrogênio, cálcio e enxofre extraíram menos nitrogênio do que as plantas do tratamento completo. No tratamento completo o maior acúmulo localizou-se nas folhas superiores

Tabela 4. Produção de matéria seca (MS), concentração (% e ppm) e acúmulo (mg/planta e µg/planta) do nutriente omitido e boro nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI) e caule em função dos diversos tratamentos.

TRATAMENTO	P A R T E S D A P L A N T A														
	FS			FI			BS			BI			CAULE		
	MS(g)	%	mg	MS(g)	%	mg	MS(g)	%	mg	MS(g)	%	mg	MS(g)	%	mg
OMISSAO DE N	4.37	1.60	69.71	9.24	0.81	74.83	1.70	1.43	24.37	1.63	1.26	20.57	5.90	0.87	51.08
COMPL ETO	8.02	2.92	233.94	18.74	0.96	179.20	4.57	3.42	156.27	12.28	2.65	325.25	7.01	1.55	108.50
OMISSAO DE P	5.83	0.15	8.50	20.99	0.09	18.50	9.52	0.03	3.32	1.75	0.58	10.19	5.41	0.09	4.93
COMPL ETO	8.02	0.00	0.00	18.74	0.12	21.75	4.57	0.37	16.98	12.28	0.31	38.12	7.01	0.28	19.33
OMISSAO DE K	4.03	0.99	39.72	13.66	0.93	127.65	6.74	0.50	33.83	1.95	4.37	85.15	4.97	1.06	52.49
COMPL ETO	8.02	1.86	149.38	18.74	4.35	814.27	4.57	3.43	156.55	12.28	3.10	381.21	7.01	3.31	232.33
OMISSAO DE Ca	2.80	0.07	1.96	11.95	1.27	152.18	1.27	0.07	0.89	5.82	0.09	5.29	5.47	0.10	5.74
COMPL ETO	8.02	0.72	57.58	18.74	0.25	47.71	4.57	0.88	39.99	12.28	0.99	121.53	7.01	0.54	37.56
OMISSAO DE Mg	5.75	0.15	8.90	22.25	0.32	70.82	12.21	0.03	3.46	1.89	1.07	20.30	6.28	0.27	16.79
COMPL ETO	8.02	0.30	24.27	18.74	0.70	131.82	4.57	0.34	15.50	12.28	0.41	50.38	7.01	0.39	27.05
OMISSAO DE S	6.59	0.26	17.22	15.84	0.18	28.25	1.27	0.25	3.13	6.97	0.23	16.24	5.63	0.19	10.94
COMPL ETO	8.02	0.41	33.24	18.74	0.31	58.74	4.57	0.96	44.02	12.28	0.33	40.24	7.01	0.30	21.20
OMISSAO DE B	4.31	21	89.76	16.86	29	496.84	6.27	13	79.41	2.27	61	137.79	6.60	18	119.85
COMPL ETO	8.02	72	580.58	18.74	68	1276.99	4.57	55	252.95	12.28	48	594.26	7.01	20	143.01

Tabela 5. Acúmulo de nitrogênio (mg/planta) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total em plantas de couve em função dos tratamentos.

TRATAMENTO	PARTES DA PLANTA					
	FS	FI	BS	BI	CAULE	TOTAL
Completo	233,94a	179,20cd	156,27a	325,25ab	108,50a	1003,16ab
Omissão de N	69,71b	74,83d	24,37a	20,57c	51,18a	240,66c
Omissão de P	167,10a	405,65ab	61,84a	247,80b	118,08a	1000,49ab
Omissão de K	145,51a	327,93abc	83,50a	250,84b	143,26a	931,89ab
Omissão de Ca	101,58a	254,63bcd	62,22a	239,85b	175,89a	822,80b
Omissão de Mg	200,56a	406,37ab	66,20a	470,69a	113,39a	1236,74a
Omissão de S	192,35a	276,70bc	38,96a	222,79b	85,78a	816,59b
Omissão de B	173,36a	514,96a	91,40a	217,08b	161,50a	1129,13ab
CV % = 21,07						19,85

* Os valores associados com letras iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

e brotações inferiores, indicando a alta mobilidade deste elemento, uma vez que estes órgãos encontravam-se em fase de crescimento intenso (JONES, 1966; EPSTEIN, 1975; MARSCHNER, 1986 e MENGEL & KIRKBY, 1987).

Plantas que mostraram sintomas de carência de fósforo, potássio, magnésio e boro, não diferiram das plantas sadias quanto à extração de nitrogênio, sendo que as folhas inferiores foram os órgãos de maior acúmulo.

HOMA et alii (1968), verificaram que a couve-flor cultivada em solução nutritiva recebendo todos os nutrientes extraiu 2.251,7mg N/planta. Este valor

representa mais do que o dobro da quantidade de nitrogênio extraída pela couve (Tabela 5).

GILBERT (1951), relata que em geral, as plantas deficientes em enxôfre apresentam elevados teores de nitrogênio. Os resultados obtidos no presente trabalho apresentaram concordância com os encontrados pelo autor acima mencionado.

O teor de nitrogênio encontrado nas folhas inferiores de couve do tratamento completo foi 0,97%, sendo portanto, inferior aos 3,5%, concentração considerada adequada por SCAIFE & TURNER, (1983), provavelmente devido à translocação deste nutriente para os órgãos de crescimento como as brotações laterais inferiores.

Elevado teor de nitrogênio foi encontrado nas folhas inferiores de pimentão (FERNANDES, 1971), quiabo (COSTA, 1971), e espinafre (THOMAZ, 1975).

4.1.3.2. Fósforo

A capacidade das plantas em extraírem fósforo variou em função dos tratamentos (Tabela 6). Observa-se que as ausências de enxôfre e nitrogênio no substrato foram as que mais reduziram a absorção deste elemento.

Na Tabela 6 observa-se que em quase todos os tratamentos, as plantas acumularam fósforo em maior

quantidade nos órgãos inferiores. Resultados semelhantes foram obtidos beringela (HAAG & HOMA, 1968) e mostarda (BELFORT & HAAG, 1988).

Tabela 6. Acúmulo de fósforo (mg/planta) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total em plantas de couve em função dos tratamentos.

TRATAMENTO	PARTES DA PLANTA					
	FS	FI	BS	BI	CAULE	TOTAL
Completo	23,03a	21,75cde	16,98a	38,12a	19,33abc	119,22a
Omissão de N	14,55a	28,78bcde	8,71ab	5,44d	25,71a	83,18bc
Omissão de P	8,50a	18,50de	3,32ab	10,19cd	4,93c	45,52d
Omissão de K	16,62a	45,55a	12,73ab	35,72ab	20,33abc	128,75a
Omissão de Ca	9,89a	40,85ab	3,79b	28,13ab	25,36a	102,25abc
Omissão de Mg	19,17a	31,02abcd	7,05ab	34,93ab	11,30abc	101,37abc
Omissão de S	18,09a	15,24e	4,35ab	21,28bc	7,43bc	66,38cd
Omissão de B	19,20a	34,56abc	8,65ab	24,74abc	21,88ab	105,65ab
CV %	= 15,63					16,17

+ Os valores associados com letras iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As folhas inferiores das plantas sob estresse potássico ou cálcico apresentaram maior acúmulo de fósforo em relação ao das plantas sob tratamento completo. Entretanto, nas brotações inferiores, as concentrações de fósforo foram semelhantes entre os referidos tratamentos.

Tais resultados, também encontrados em espinafre (MAYNARD, 1970 e THOMAZ, 1975) e cana de açúcar (HAAG, 1965), podem indicar uma redução na translocação de fósforo, principalmente nas plantas deficientes em potássio. A ausência de potássio implica na redução do potencial osmótico e, conseqüentemente, no fluxo de fotossintetatos das fontes para os drenos (MARSCHNER, 1986).

A concentração de fósforo observada nas plantas do tratamento completo foi de 0,11% nas folhas inferiores e 0,32% nas brotações inferiores, indicando que houve a translocação do elemento.

4.1.3.3 Potássio

As quantidades de potássio extraídas pela couve em função dos tratamentos encontram-se na Tabela 7. Observa-se que as omissões de fósforo, magnésio e boro não afetaram a absorção de potássio.

No tratamento com a omissão de potássio houve maior acúmulo deste nutriente nos órgãos inferiores. Este fato, aliado à visualização dos sintomas de deficiência nas folhas intermediárias pode indicar que o potássio possui mobilidade moderada em condições de deficiência. Esses resultados concordam com os encontrados para espinafre (THOMAZ, 1975), pimentão (FERNANDES, 1971) e jiló (HAAG et alii, 1979a). Porém, divergem dos resultados

Tabela 7. Acúmulo de potássio (mg/planta) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total em plantas de couve em função dos tratamentos.

TRATAMENTOS	PARTES DA PLANTA					
	FS	FI	BS	BI	CAULE	TOTAL
Completo	149,38a	814,27b	156,55a	381,21a	232,33a	1733,74a
Omissão de N	98,97a	317,82d	59,99a	40,29c	131,64ab	648,72cd
Omissão de P	141,40a	809,88b	75,05a	270,02ab	164,36ab	1460,72a
Omissão de K	39,72a	127,65e	33,83a	85,15c	52,49b	331,18d
Omissão de Ca	55,36a	576,60c	40,98a	174,65bc	170,78ab	1010,73bc
Omissão de Mg	113,62a	759,14b	65,67a	323,37ab	198,07ab	1461,61a
Omissão de S	138,73a	510,84c	43,01a	200,41bc	152,60ab	1045,59b
Omissão de B	101,77a	997,20a	88,92a	208,03abc	218,39ab	1588,51a
CV %	= 14,66					13,94

+ Os valores associados com letras iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

obtidos por HOMA et alii (1968) em couve flor, onde o maior acúmulo se deu nas folhas superiores.

O teor de potássio encontrado nas folhas inferiores das plantas do tratamento completo foi de 4,4%, enquanto que para a maioria das espécies o nível adequado varia entre 0.7% e 1,5% do peso da matéria seca, podendo ser igual ou superior a 5% nas plantas muito exigentes (ULRICH & OHKI, 1966).

HOMA et alii (1968) encontraram nas folhas

inferiores de couve flor sem deficiência e com deficiência de potássio os teores de 2,85% e 0,51% do elemento respectivamente; enquanto que os teores observados no presente estudo, foram de 4,40% e 0,96% respectivamente.

4.1.3.4. Cálcio

Plantas cultivadas com omissões de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio ou enxofre não apresentaram diferenças significativas quanto a extração de cálcio (Tabela 8).

Comparando-se as plantas deficientes em cálcio com as do tratamento completo verifica-se que as deficientes extraíram (165,92 mg Ca/planta); ou seja cerca da metade do valor da extração das plantas sem deficiência (304,37 mg Ca/planta), apesar destes valores serem estatisticamente idênticos.

A deficiência de boro também favoreceu a absorção de cálcio, sendo que o elemento foi mal distribuído, de modo que a concentração nas folhas inferiores foi aproximadamente oito vezes superior a das plantas do tratamento completo. Contudo, MINARIK & SHIVE (1939) afirmaram que a concentração de cálcio na planta está condicionada à concentração de boro de modo que, a deficiência de boro, diminui a absorção do cálcio. Segundo

Tabela 8. Acúmulo de cálcio (mg/planta) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total em plantas de couve em função dos tratamentos.

PARTES DA PLANTA						
TRATAMENTOS	FS	FI	BS	BI	CAULE	TOTAL
Completo	57,58 _{ab}	47,71 _d	39,99 _a	121,53 _{ab}	37,56 _a	304,37 _c
Omissão de N	36,89 _{ab}	151,74 _c	17,40 _a	11,39 _c	23,72 _a	262,00 _c
Omissão de P	71,19 _a	34,48 _d	24,10 _a	110,70 _{ab}	34,55 _a	275,02 _c
Omissão de K	34,30 _{ab}	61,25 _d	27,13 _a	29,94 _c	47,07 _a	213,90 _c
Omissão de Ca	1,96 _b	152,18 _c	0,89 _a	5,29 _c	5,74 _a	165,92 _c
Omissão de Mg	65,05 _{ab}	444,57 _a	25,15 _a	138,63 _a	46,60 _a	711,96 _a
Omissão de S	57,16 _{ab}	62,29 _d	13,70 _a	66,95 _{bc}	30,89 _a	230,99 _c
Omissão de B	50,13 _{ab}	368,19 _b	23,56 _a	66,98 _{bc}	48,52 _a	555,75 _b
CV %	= 18,03					18,39

+ Os valores associados com letras iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CAROLUS (1975), a deficiência de boro também provoca uma diminuição da permeabilidade da membrana celular das raízes, enquanto que CLARKSON & SANDERSON (1978) observaram que o cálcio é absorvido somente pelas extremidades de raízes jovens nas quais as paredes celulares da endoderme não foram suberizadas e que na ausência de boro, a via biossintética de suberina é liberada, havendo, portanto, o acúmulo de suberina, que impede a absorção do cálcio.

Para REEVE & SHIVE (1944), a concentração de cálcio na planta independe da concentração de boro no

substrato, mas o transporte de cálcio para as partes superiores das plantas depende do fluxo transpiratório. Deste modo, a deficiência de boro prejudicaria mais o transporte de cálcio do que a sua absorção, uma vez que as plantas deficientes em boro são ineficientes para a absorção de água.

Examinando os dados da Tabela 8 e comparando-se os resultados das plantas sem deficiência de cálcio com as deficientes, observa-se que houve maior acúmulo de cálcio nas folhas inferiores das plantas com deficiência neste nutriente, evidenciando portanto, a imobilidade deste nutriente como citam EPSTEIN (1975), MARSCHNER (1986) e MENGEL & KIRKBY (1987).

É interessante observar que as percentagens de cálcio obtidas nas folhas inferiores das plantas com e sem cálcio foram 0,25% e 1,27%, respectivamente; enquanto que as folhas superiores com e sem cálcio apresentaram 0,72% e 0,07%, respectivamente. Segundo SCAIFE & TURNER (1983), os resultados analíticos de cálcio são na maioria das vezes, sem sentido e a concentração adequada varia muito nos tecidos susceptíveis.

4.1.3.5. Magnésio

A ausência de fósforo, potássio, cálcio, enxofre ou boro no substrato não afetou a absorção de

magnésio. Entretanto a omissão de nitrogênio exerceu um efeito depressivo sobre a absorção do referido elemento (Tabela 9).

A mobilidade moderada do magnésio foi observada em cana-de-açúcar (HAAG, 1965), pimentão (FERNANDES, 1971), quiabo (COSTA, 1971) e espinafre (THOMAZ, 1975). Na couve parece acontecer o mesmo, uma vez que as folhas inferiores das plantas deficientes em magnésio acumularam mais magnésio do que as outras partes das plantas.

Como foi observado para o potássio, as folhas inferiores das plantas de todos os tratamentos também extraíram grandes quantidades de magnésio.

As folhas inferiores das plantas deficientes em boro apresentaram um acúmulo de magnésio maior do que as do tratamento completo, comprovando, portanto, que a clorose interneval observada nessas plantas (descrita em 4.1.1.5.) não foi provocada pela deficiência de magnésio.

O teor de magnésio encontrado nas folhas inferiores das plantas do tratamento completo foi superior ao 0,5% definido como adequado por MARSCHNER (1986) e aos observados em couve-flor (HOMA, et alii, 1968), beringela (HAAG & HOMA, 1968), mostarda (BELFORT & HAAG, 1988), pepino (MORA SOLIS, 1982) e inferior ao encontrado para quiabeiro (COSTA, 1971).

Tabela 9. Acúmulo de magnésio (mg/planta) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total em plantas de couve em função dos tratamentos.

TRATAMENTOS	PARTES DA PLANTA					
	FS	FI	BS	BI	CAULE	TOTAL
Completo	24,27a	131,82bc	15,50a	50,38a	27,05a	249,02a
Omissão de N	9,83a	40,26e	5,28a	3,74b	18,00a	59,62c
Omissão de P	24,69a	142,63b	11,26a	47,27a	41,21a	267,07a
Omissão de K	21,34a	151,46ab	11,05a	38,55ab	32,69a	252,44a
Omissão de Ca	16,87a	144,76ab	6,51a	30,17ab	26,30a	223,28ab
Omissão de Mg	8,90a	70,82de	3,46a	20,30ab	16,79a	119,10bc
Omissão de S	26,78a	98,92cd	6,50a	31,22ab	26,51a	189,93ab
Omissão de B	17,45a	178,34a	11,38a	30,05a	39,63a	273,48a
CV %	= 20,92					21,55

+ Os valores associados com letras iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.1.3.6. Enxofre

Os resultados obtidos para o acúmulo de enxofre são apresentados na Tabela 10. Observa-se que as omissões de nitrogênio e enxofre prejudicaram a absorção de enxofre. Segundo THOMAS et alii (1959), o metabolismo do enxofre e do nitrogênio apresentam estreita relação, porque o enxofre é constituinte estrutural de alguns aminoácidos e estes por sua vez das proteínas.

Tabela 10. Acúmulo de enxofre (mg/planta) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total em plantas de couve em função dos tratamentos.

TRATAMENTOS	PARTES DA PLANTA					
	FS	FI	BS	BI	CAULE	TOTAL
Completo	33,24a	58,74ab	44,02a	40,24ab	21,20a	172,44abc
Omissão de N	17,57a	39,55b	7,31a	5,61b	14,58a	84,61d
Omissão de P	28,17a	98,60a	10,18a	32,98ab	18,49a	163,42abc
Omissão de K	25,13a	50,60b	9,72a	49,22a	15,70a	122,42bcd
Omissão de Ca	11,20a	59,25ab	7,16a	27,17ab	17,97a	121,11cd
Omissão de Mg	29,90a	95,13a	8,46a	42,58ab	24,11a	197,60a
Omissão de S	17,22a	28,25b	3,13a	16,24ab	10,94a	75,78d
Omissão de B	24,61a	99,75a	12,12a	28,88ab	28,07a	189,59ab
CV %	= 27,55					20,76

+ Os valores associados com letras iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores de enxofre encontrados nas folhas superiores e inferiores de plantas de couve nutridas adequadamente foram de 0,42% e 0,31% respectivamente, concordando com o teor adequado sugerido para a maioria das culturas (MARSCHNER, 1986; MENGEL & KIRKBY, 1987). Estes teores foram superiores aos encontrados em couve-flor (HOMA *et alii*, 1968) e próximos aos de espinafre (THOMAZ, 1975).

As plantas com deficiência de enxofre

apresentaram teores de 0,26% e 0,18% de enxofre nas folhas superiores e inferiores, respectivamente, embora sintomas de deficiência não tenham sido observados.

4.1.3.7. Boro

A Tabela 11 apresenta os valores do acúmulo de boro pelas diversas partes da planta, em função dos tratamentos.

As plantas deficientes em nitrogênio e boro apresentaram os menores valores de extração de boro. No entanto, as plantas cultivadas na ausência de magnésio e enxofre absorveram cerca da metade da quantidade de boro absorvida pelas plantas do tratamento completo, apesar da análise estatística indicar que estes valores sejam idênticos.

A deficiência de cálcio na couve ocasionou a redução da extração de boro, em cerca de 37%. No entanto, comparando as plantas com deficiência de cálcio, com as do tratamento completo, verifica-se que não houve diferença estatística para a absorção de boro (Tabela 11).

A relação cálcio-boro é bastante discutível. MARSH & SHIVE (1941) trabalhando com milho verificaram que a concentração de boro na planta é determinada pelo conteúdo de boro no substrato, e este por sua vez não influencia a absorção de cálcio, mas a concentração de

Tabela 11. Acúmulo de boro (ug/planta) nas folhas superiores (FS), folhas inferiores (FI), brotações laterais superiores (BS), brotações laterais inferiores (BI), caule e total em plantas de couve em função dos tratamentos.

TRATAMENTOS	PARTES DA PLANTA					
	FS	FI	BS	BI	CAULE	TOTAL
Completo	580,58a	1276,99a	252,95a	594,26a	143,01a	2847,79ab
Omissão de N	255,39ab	426,46c	84,82a	37,40b	110,08a	914,15c
Omissão de P	165,81ab	1050,00ab	112,82a	383,19ab	44,86a	1756,68bc
Omissão de K	363,44ab	456,17c	120,64a	493,47ab	228,88a	1662,6a
Omissão de Ca	192,11ab	750,06bc	86,96a	504,78ab	262,79a	1796,70abc
Omissão de Mg	393,28ab	625,80bc	48,05a	289,72ab	85,84a	1442,69bc
Omissão de S	296,99ab	542,83bc	116,96a	163,36ab	105,23a	1225,37b
Omissão de B	89,76b	496,84c	79,41a	137,79ab	119,85a	923,65c
CV %	= 25,73					35,05

+ Os valores associados com letras iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

cálcio solúvel na planta estaria subordinada ao conteúdo de boro na planta. Para REEVE & SHIVE (1944), a concentração de boro em plantas de tomate independe da concentração de cálcio no substrato, quando este possui baixos níveis de boro; mas quando o nível de boro na solução é alto, a elevação da concentração de cálcio no substrato faz decrescer a concentração de boro na planta.

A omissão de potássio não afetou a absorção

de boro na couve, contudo a elevação da concentração de potássio no substrato intensificou os sintomas de deficiência ou toxidez de boro do tomateiro cultivado com baixo e alto teor de boro, respectivamente (REEVE & SHIVE, 1944).

Em todos os tratamentos, as folhas inferiores apresentaram maior acúmulo de boro, concordando com vários autores como GAUCH (1972), MARSCHNER (1987) e MENGEL & KIRKBY (1987).

A imobilidade do boro ficou evidenciada através da observação do maior acúmulo de boro nas folhas inferiores, brotações inferiores e no caule das plantas cultivadas na ausência deste micronutriente, concordando portanto com a literatura científica (CHAPMAN, 1966; GAUCH, 1972; EPSTEIN, 1975; MARSCHNER, 1987 e MENGEL & KIRKBY, 1987).

A concentração de boro considerada adequada para o desenvolvimento ótimo das culturas é bastante variável. A diferença quanto à exigência deste nutriente é atribuída às diferenças na composição química das paredes celulares entre e dentro as diversas espécies (MARSCHNER, 1986). Entretanto, WALLACE (1961) admite que, de um modo geral, as plantas sem deficiência apresentam 36 ppm de boro em suas folhas, enquanto as deficientes apresentam concentrações inferiores a 23 ppm. IWATA (1968) considera que o teor de boro nas folhas de plantas sem deficiência

encontra-se numa faixa mais ampla, variando de 20 a 100 ppm; enquanto que às plantas com deficiência o teor situa-se em torno de 10 ppm.

Para a couve, os teores de boro encontrados nas folhas inferiores das plantas deficientes e não deficientes foram de 29 e 68 ppm, respectivamente; enquanto que nas plantas de couve-flor sem e com sintomas os teores obtidos foram 81 e 28 ppm de boro respectivamente (KURAMOTO *et alii*, 1970).

4.2. Experimento com níveis de boro

4.2.1. Produção de matéria seca

Utilizou-se como parâmetros de crescimento os resultados de produção da matéria seca em função dos níveis de boro, cujos valores estão expressos na Tabela 12. As curvas de regressão obtidas com estes valores encontram-se na Tabela 13, sendo ilustradas pela Figura 3.

Como pode-se observar na Tabela 12, a adição de boro ocasionou o aumento da produção de matéria seca das plantas de couve. Estes resultados ajustaram-se a equações hiperbólicas retangulares com a origem diferente de zero (Tabela 14).

A produção de matéria seca das folhas inferiores, superiores, caule e total aumentou quando se

Tabela 12 Pesos médios da matéria seca, em gramas por planta, produzidos pelas folhas inferiores (FI), folhas superiores (FS) e caule de plantas de couve submetidas a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.

TRATAMENTOS (mg/l)	PARTES DA PLANTA			
	FI	FS	CAULE	TOTAL
0.00	12.09 a ⁺	2.21 a	2.03 a	16.33a
0.03	34.39 b	7.20 ab	10.75 b	52.34b
0.06	35.25 b	8.48 b	12.22 b	55.95b
0.09	36.24 b	7.15 ab	11.61 b	55.00b
0.12	36.09 b	8.04 b	10.93 b	55.07b
0.25	37.01 b	8.11 b	12.69 b	57.82b
0.50	36.46 b	8.29 b	12.00 b	56.75b
0.75	37.06 b	9.42 b	12.59 b	59.37b
1.00	40.28 b	8.06 b	12.95 b	61.29b
1.25	41.38 b	8.14 b	11.72 b	61.24b
CV % = 11.71				

+ Os valores associados com letras iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

adicionou boro na solução nutritiva, não havendo diferença estatística entre as doses superiores a 0 mg B/l para as para as folhas inferiores, caule e total. Entretanto, os dados revelam uma ligeira tendência para o aumento da produção de matéria seca das folhas inferiores e superiores

FIGURA 3. Produção de matéria seca (MS), em gramas, pelas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.

até o nível de 0,06 mg B/l, e a produção de matéria seca total até o fornecimento de 1,0 mg B/l de solução nutritiva.

Conforme os resultados de ensaios conduzidos nas aulas da disciplina Nutrição Mineral das Plantas¹, a couve-flor cultivar Teresópolis Gigante, o repolho cultivar Kenson e o brócolis cultivar Ramoso Santana, cresceram segundo uma equação quadrática, quando cultivadas em soluções nutritivas com concentrações de boro variando entre 0 e 25 mg B/l de solução nutritiva. Os incrementos na matéria seca total ocorreram, aproximadamente, até a dose de 0,15 mg B/l, permanecendo constante até 0,25 mg B/l em todas as plantas estudadas, concordando, portanto, com os resultados obtidos no presente trabalho.

Durante a fase experimental foram observados os sintomas de deficiência de boro nos tratamentos 0; 0,03; 0,06; e 0,09 mg B/l, sendo porém os sintomas mais acentuados nos dois primeiros tratamentos.

Como pode ser visto na Tabela, 12 as produções de matéria seca das folhas superiores dos tratamentos 0,06 e 0,09 mg B/l não diferiram dos valores apresentados pelas folhas das plantas submetidas a níveis mais elevados de boro. Isto pode indicar que houve um acúmulo de carboidratos, uma vez que estas plantas possuíam

¹DECHEN, A.R., comunicação pessoal

vasos condutores mal formados, o que impedia o transporte dos fotoassimilados.

4.2.2. Efeito dos níveis de boro sobre o acúmulo de nutrientes

4.2.2.1. Nitrogênio

O acúmulo de nitrogênio e as equações de regressão para as diversas partes das plantas de couve, são apresentadas nas Tabelas 13 e 14 e ilustradas pela Figura 4

Observa-se na Tabela 13, que, de um modo geral, o aumento do fornecimento de boro na solução nutritiva favoreceu a absorção dos macronutrientes e boro pelas plantas. Entretanto, os resultados sugerem que o transporte de nitrogênio para as partes superiores da planta foi prejudicado. A evidência disto é o maior acúmulo de nitrogênio nas folhas inferiores quando a concentração de boro variou de 0 até 0,12 mg B/l de solução; e o menor acúmulo apresentado pelas folhas inferiores das plantas cultivadas com 0,25; 0,50 e 0,75 mg B/l na solução nutritiva.

O decréscimo no transporte de nitrogênio pode ser uma das consequências da deficiência de boro, pois, esta limita o uso da água (DUGGER, 1983) devido, a má formação dos tecidos condutores da planta.

Tabela 13. Teores e acúmulos de macronutrientes (mg/planta) e boro ($\mu\text{g/planta}$) nas folhas inferiores (FI), folhas superiores (FS), caule e total da planta de couve submetida a níveis boro (mg/l) na solução nutritiva.

NÍVEIS PARTES		N		P		K		Ca		Mg		S		B	
		%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	ppm	ug
0.00	FI	2.40	290.03	0.23	27.61	5.30	640.69	2.86	346.31	0.65	78.18	0.37	44.88	40	482.83
	FS	4.42	97.62	0.53	11.74	4.39	97.09	1.39	30.63	0.39	8.64	0.75	16.68	34	75.37
	CAULE	2.95	59.97	0.28	5.60	4.95	100.40	1.12	22.66	0.59	11.99	0.41	8.34	44	89.46
	TOTAL		447.62		44.95		838.18		399.60		98.81		69.90		647.66
0.03	FI	1.87	642.84	0.12	40.45	4.07	1400.37	1.60	548.82	0.50	171.67	0.23	79.39	32	1088.50
	FS	4.05	291.56	0.38	27.46	2.63	189.09	0.70	50.35	0.31	22.08	0.73	52.78	22	156.19
	CAULE	2.06	221.87	0.23	24.89	3.10	332.97	0.57	61.17	0.59	63.12	0.49	52.54	29	310.87
	TOTAL		1156.27		92.80		1922.43		660.34		256.87		184.71		1555.56
0.06	FI	2.12	747.06	0.12	41.42	4.34	1528.19	1.55	547.41	0.50	177.91	0.33	115.27	25	894.41
	FS	4.04	342.70	0.36	30.58	3.37	285.48	0.69	58.89	0.31	25.97	0.75	64.00	26	219.52
	CAULE	2.17	265.38	0.23	28.03	3.33	406.82	0.51	62.29	0.53	64.45	0.53	64.47	36	445.57
	TOTAL		1355.14		100.03		2220.49		668.60		268.33		243.74		1559.50
0.09	FI	2.15	777.48	0.16	58.95	4.54	1644.03	1.50	544.81	0.47	170.29	0.36	128.77	29	1050.66
	FS	4.23	302.46	0.33	23.38	3.54	252.77	0.70	49.99	0.37	26.45	0.59	42.15	40	288.94
	CAULE	2.42	280.46	0.24	27.86	3.29	381.82	0.55	63.58	0.61	70.75	0.50	58.18	34	400.08
	TOTAL		1360.40		110.19		2278.62		658.38		267.49		229.10		1739.68
0.12	FI	2.08	752.31	0.14	51.98	3.86	1393.45	1.32	478.11	0.43	155.99	0.37	132.02	33	1202.53
	FS	4.22	339.16	0.39	31.60	3.03	243.22	0.62	49.75	0.36	29.03	0.69	55.75	49	391.87
	CAULE	2.13	232.56	0.26	28.67	3.14	342.72	0.50	55.08	0.64	70.27	0.55	60.19	46	502.99
	TOTAL		1324.03		112.25		1979.39		582.94		265.29		247.96		2097.39
0.25	FI	1.79	660.84	0.13	49.84	3.84	1419.90	1.31	483.91	0.49	181.41	0.40	149.24	64	2364.92
	FS	4.47	362.67	0.37	30.02	2.76	223.48	0.64	52.25	0.30	23.99	0.65	52.34	56	455.14
	CAULE	2.35	298.81	0.23	28.68	3.05	387.25	0.47	59.01	0.57	72.05	0.52	66.17	51	644.49
	TOTAL		1322.32		108.54		2030.63		595.17		277.45		267.75		3464.55
0.50	FI	1.84	670.93	0.13	49.16	4.38	1595.62	1.31	477.53	0.52	188.83	0.32	115.02	51	1859.39
	FS	3.96	328.20	0.36	30.22	3.49	289.17	0.71	58.54	0.35	29.15	0.62	51.41	69	573.46
	CAULE	2.46	295.63	0.25	30.23	2.95	354.49	0.43	52.09	0.60	71.58	0.61	72.78	56	675.45
	TOTAL		1294.76		109.61		2239.28		588.16		289.56		239.21		3108.30
0.75	FI	1.80	672.11	0.13	48.66	4.51	1685.15	1.83	684.67	0.52	195.81	0.40	150.02	137	5133.89
	FS	4.57	430.90	0.37	34.59	3.47	326.87	0.57	53.28	0.34	32.18	0.69	64.71	71	664.75
	CAULE	2.50	314.69	0.30	38.12	3.29	414.39	0.41	51.95	0.56	70.77	0.57	71.29	47	596.31
	TOTAL		1417.70		121.37		2426.41		789.90		298.76		286.02		6394.95
1.00	FI	1.99	800.99	0.15	59.19	4.25	1710.43	1.67	674.09	0.50	203.13	0.28	113.93	144	5796.76
	FS	4.81	387.72	0.40	32.20	3.55	285.99	0.74	59.93	0.35	27.82	0.75	60.37	80	644.89
	CAULE	1.91	247.86	0.28	36.20	3.20	414.39	0.41	53.59	0.54	69.65	0.49	63.57	54	705.12
	TOTAL		1436.57		128.11		2410.81		787.61		300.60		237.87		7146.77
1.25	FI	2.03	838.64	0.15	63.04	4.48	1854.89	1.56	644.92	0.52	214.94	0.46	189.13	155	6418.73
	FS	4.39	357.32	0.39	31.91	3.40	276.88	0.74	59.97	0.34	27.84	0.69	56.15	86	696.22
	CAULE	2.43	284.86	0.27	31.76	3.24	379.35	0.47	55.59	0.56	65.84	0.55	64.22	46	537.21
	TOTAL		1480.82		126.71		2511.12		760.18		308.62		309.50		7652.16

Tabela 14. Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (R^2), referentes ao acúmulo de peso de matéria seca (MS, em gramas), de macronutrientes (mg/planta), de boro ($\mu\text{g/planta}$) e das relações entre o peso da matéria seca e o acúmulo de boro das folhas inferiores (FI), folhas superiores (FS), caule e total de plantas de couve submetidas a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.

ELEMENTO	PARTES DA PLANTA	EQUAÇÃO	R^2
MS	FI	$Y = 38.6996 (x + 0.0025) / (x + 0.0079)$	0.80
	FS	$Y = 8.4363 (x + 0.0016) / (x + 0.0069)$	0.72
	CAULE	$Y = 12.3679 (x + 0.0009) / (x + 0.0054)$	0.86
	TOTAL	$Y = 59.4862 (x + 0.0019) / (x + 0.0071)$	0.86
N	FI	$Y = 749.9253 (x + 0.0023) / (x + 0.0059)$	0.67
	FS	$Y = 377.9564 (x + 0.0040) / (x + 0.0157)$	0.69
	CAULE	$Y = 289.8955 (x + 0.0024) / (x + 0.0116)$	0.81
	TOTAL	$Y = 1507.7621 (x + 0.0049) / (x + 0.0172)$	0.65
P	FI	$Y = 56.6339 (x + 0.0158) / (x + 0.0327)$	0.55
	FS	$Y = 32.0239 (x + 0.0046) / (x + 0.0126)$	0.56
	CAULE	$Y = 33.7605 (x + 0.0032) / (x + 0.0185)$	0.82
	TOTAL	$Y = 121.9807 (x + 0.0078) / (x + 0.0225)$	0.77
K	FI	$Y = 1675.1029 (x + 0.0052) / (x + 0.0135)$	0.68
	FS	$Y = 290.8628 (x + 0.0077) / (x + 0.0232)$	0.65
	CAULE	$Y = 392.2157 (x + 0.0015) / (x + 0.0058)$	0.82
	TOTAL	$Y = 2272.3846 (x + 0.0034) / (x + 0.0093)$	0.72
Ca	FI	$Y = 590.8129 (x + 0.0117) / (x + 0.0208)$	0.39
	FS	$Y = 60.1582 (x + 0.0006) / (x + 0.0013)$	0.30
	CAULE	$Y = 55.1359 (x + 0.0026) / (x + 0.0064)$	0.72
	TOTAL	$Y = 705.0897 (x + 0.0084) / (x + 0.0156)$	0.48
Mg	FI	$Y = 196.1568 (x + 0.0062) / (x + 0.0153)$	0.62
	FS	$Y = 29.1326 (x + 0.0041) / (x + 0.0142)$	0.65
	CAULE	$Y = 70.6991 (x + 0.0007) / (x + 0.0043)$	0.87
	TOTAL	$Y = 283.9827 (x + 0.0031) / (x + 0.0090)$	0.73
S	FI	$Y = 150.9704 (x + 0.0103) / (x + 0.0366)$	0.55
	FS	$Y = 56.5659 (x + 0.0008) / (x + 0.0031)$	0.46
	CAULE	$Y = 68.0871 (x + 0.0013) / (x + 0.0103)$	0.83
	TOTAL	$Y = 274.6221 (x + 0.0051) / (x + 0.0209)$	0.76
B	FI	$Y = 623.5947 + 5118.5624 x - 0.0417 x$	0.91
	FS	$Y = 157.3609 + 1160.6379 x - 0.5274 x$	0.82
	CAULE	$Y = 282.7199 + 1217.7055 x - 0.6790 x$	0.65
	TOTAL	$Y = 1053.3998 + 7468.2902 x - 0.2165 x$	0.94
<hr/>			
MS FI x B FI		$Y = 38.6996 (x + 0.0025) / (0.0079 + x)$	0.80
MS FS x B FS		$Y = 8.4363 (x + 0.0016) / (0.0069 + x)$	0.72
MS CAULE x B CAULE		$Y = 12.3679 (x + 0.0009) / (0.0054 + x)$	0.86
MS TOTAL x B TOTAL		$Y = 59.4862 (x + 0.0019) / (0.0071 + x)$	0.86

FIGURA 4. Acúmulo de nitrogênio (N), em mg/planta, nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.

Comparando-se as plantas que receberam 0,50 mg B/l de solução, com as do tratamento completo do experimento de omissão de nutrientes, verifica-se que estas plantas apresentaram acúmulo de nitrogênio bastante superior em todas as partes estudadas. Isto pode ser justificado pela ausência de brotações; pois, neste experimento, evitou-se o desenvolvimento destas, para impedir que os nutrientes móveis, como o nitrogênio, fossem drenados para os órgãos em crescimento.

A extração de nitrogênio pela couve cultivada com 0,50 mg B/l de solução deste experimento foi de 1294,76 mg N/planta, enquanto que a couve-flor nas mesmas condições extraiu 1397,0 mg N/planta (HOMA *et alii*, 1968).

4.2.2.2. Fósforo

O acúmulo de fósforo nas diversas partes das plantas de couve e suas respectivas curvas de regressão encontram-se nas Tabelas 13 e 14, sendo ilustradas pela Figura 5.

Nas folhas inferiores, o acúmulo de fósforo foi crescente até o nível de 0,09 mg B/l, reduzindo nos níveis de 0,12 a 0,75 mg B/l. As folhas superiores e o caule acumularam mais fósforo, quando se compara o tratamento submetido a 0 mg B/l com os demais, sendo que os

FIGURA 5. Acúmulo de fósforo (P), em mg/planta, nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.

maiores acúmulos ocorreram nas doses de 0,75 mg B/l e 1,0 mg B/l.

Neste experimento, o acúmulo de fósforo nas folhas inferiores, folhas superiores e caule das plantas que receberam 0,50 mg B/l, foi praticamente idêntico ao do tratamento completo do ensaio de omissão de nutrientes.

A extração de fósforo pela couve, cultivada com 0,50 mg B/l de solução nutritiva foi de 109,61 mg P/planta, sendo este valor próximo ao obtido em couve-flor (181,3 mg P/planta) por HOMA *et alii* (1968), e bem inferior ao valor da extração dos híbridos de repolho Natsumaki Risow (891,00 mg P/planta) e Shikidore (847,8 mg P/planta), segundo HAAG *et alii* (1979b).

4.2.2.3. Potássio

Nas Tabelas 14 e 13 são apresentadas os valores de acúmulo de potássio pelas nas diversas partes da planta, e suas respectivas curvas de regressão, sendo ilustradas pela Figura 6.

Com o aumento do fornecimento de boro, as plantas parecem ter aumentado a capacidade de extração de potássio, provavelmente devido a ação do boro sobre a atividade da ATPase ativada por cloreto de potássio, segundo POLLARD *et alii* (1977).

O acúmulo de potássio nas folhas inferiores

FIGURA 6. Acúmulo de potássio (K), em mg/planta, nas diversas partes da planta de couve submetida à níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.

ocorreu com a adição de boro na solução, até o nível de 0,09375 ppm de boro, enquanto que, nas folhas superiores e caule, este acúmulo aconteceu até o fornecimento de 0,0625 ppm de boro, indicando que os baixos níveis de boro não prejudicaram o transporte de potássio para as partes superiores das plantas, apesar da deficiência de boro reduzir o fluxo transpiratório, como sugerem BAKER *et alii* (1956).

A extração de potássio pela couve no nível de 0,500 ppm de boro, foi de 2239,28 mg K/planta sendo portanto superior a extração obtida pela couve-flor (1849,1 mg K/planta) segundo os dados de HOMA *et alii* (1968); e inferior aos encontrados para os híbridos de repolho Natsumaki Risow (6671.7 mg K/planta) e Shikidore (12575,0 mg K/planta) conforme de HAAG *et alii* (1979b).

4.2.2.4. Cálcio

Nas Tabela 13 e 14 estão expressos os valores da extração e do acúmulo de cálcio para as diversas partes das plantas de couve e suas respectivas equações de regressão. Esses resultados mostraram-se de difícil interpretação. Mas, observa-se que a absorção deste elemento pareceu ser facilitada quando a concentração de boro da solução elevou-se de 0 para 0,03 mg B/l, enquanto que as plantas cultivadas com 0,12 mg B/l; 0,25 mg B/l e

0,50 mg B/l absorveram as menores quantidades de cálcio. As plantas submetidas a concentrações mais elevadas, como 0,75 mg B/l; 1,00 mg B/l e 1,25 mg B /l, apresentaram os maiores valores de extração de cálcio.

Segundo REEVE & SHIVE (1944), a concentração de cálcio em tomate, independe da concentração de boro no substrato. Contudo, o transporte ascendente de cálcio para as partes superiores das plantas é dependente do fluxo transpiratório, pois este facilita o transporte de cálcio e de outros cátions adsorvidos à superfície das paredes celulares do xilema (Isermann¹, citado por MENGEL & KIRKBY, 1987). Entretanto, as plantas deficientes em boro possuem menor taxa de transpiração (BAKER *et alii*, 1956), e, conseqüentemente, o menor transporte de cálcio já era esperado.

A quantidade de cálcio extraída pelas plantas que receberam 0,50 mg B/l foi de 588,16 mg de Ca/planta, enquanto que as do tratamento completo do experimento de omissão extraíram 304,37 mg de Ca/planta. Tal diferença deve-se provavelmente às condições climáticas mais amena da época de cultivo, uma vez que a absorção do elemento, através da corrente transpiratória, pode estar sujeita às condições de temperatura.

¹ ISERMANN, K. The effects of adsorption processes in the xylem on the calcium distribution in higher plants. Z. Planzernahr, Bodenk, 126:191-203.1970.

A quantidade de cálcio extraída pelas plantas de couve do tratamento 0.500ppm de boro deste ensaio foi inferior a quantidade extraída pela couve-flor (854,9 mg Ca/planta) nas mesmas condições de cultivo (HOMA *et alii*, 1968) e também pelos híbridos de repolho Natsumaki Risow e Shikidore que extraíram, respectivamente, 2067,9 e 1675,0 mg Ca/planta (HAAG *et alii*, 1979b). Entretanto, apesar da couve extrair uma pequena quantidade de cálcio, verifica-se que a sua exportação é muito elevada (477,53 mg Ca/planta) quando comparada a extração de couve-flor (45,0 mg Ca/planta), e dos híbridos de repolho Natsumaki Risow (212,0 mg Ca/planta) e Shikidore (102,0 mg Ca/planta).

4.2.2.5. Magnésio

Os valores da extração de magnésio, em função dos níveis de boro para as diversas partes da planta e suas equações de regressão são apresentadas nas Tabelas 13 e 14, respectivamente, sendo ilustradas pela Figura 7.

O acúmulo de magnésio nas folhas superiores foi semelhante ao de potássio ou seja, aumentou com o fornecimento de boro na solução nutritiva, indicando também que seu transporte ascendente através do xilema não foi afetado nas plantas sob baixos níveis de boro.

A quantidade de magnésio acumulada nos órgãos inferiores das plantas dos tratamentos controle dos

FIGURA 7. Acúmulo de magnésio (Mg), em mg/planta, nas diversas partes da planta de couve submetida à níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.

dois experimentos estudados foi idêntica. Entretanto o mesmo não ocorreu para os órgãos superiores e o caule. As plantas do experimento de omissão de nutrientes apresentaram 39,77 mg/planta nos órgãos superiores, e 27,05 mg/planta no caule, enquanto que as folhas superiores e o caule das plantas do tratamento com 0,50 mg B/l deste experimento acumularam 29,15 mg/planta e caule 71,58 mg/planta, respectivamente. O maior acúmulo de cálcio no caule destas plantas pode evidenciar um decréscimo no transporte ascendente do Mg, provavelmente devido à retirada das brotações laterais consideradas, fisiologicamente, como drenos fortes.

A extração de magnésio pela couve cultivada com 0,50 mg B/l foi de 289,56 mg/planta, exportando 188,21 mg/planta, enquanto que na couve flor a extração foi de 217,2 mg/planta e a exportação de 98,5 mg/planta, respectivamente (HOMA *et alii*, 1968)

Os híbridos de repolho Natsumaki Risow e Shikidore extraíram 653,1 e 493,0 mg de Mg/planta respectivamente. Contudo, a exportação deste nutriente pelos referidos híbridos foi apenas 151,4 e 53,0 mg/planta (HAAG *et alii*, 1979b).

4.2.2.6. Enxofre

A Tabela 13 apresenta os valores da extração

e do acúmulo de enxofre nas diversas partes da couve e a Tabela 14 mostra as suas respectivas equações de regressão, sendo estas ilustradas pela Figura 8.

Na Tabela 13 observa-se que, de um modo geral, a extração de enxofre pela planta aumentou com a adição de boro na solução nutritiva. Nas folhas inferiores o acúmulo foi maior até a adição de 0,25 mg B/l, sendo que os tratamentos 0,75 mg B/l e 1.25 mg B/l de solução nutritiva também apresentaram grandes acúmulos. Os tratamentos 0,50 e 1,00 mg B/l mostraram valores de acúmulo de enxofre mais baixo. Os dados referentes ao acúmulo de enxofre nas folhas superiores e caule não se mostraram consistentes, sendo portanto, de difícil interpretação.

Plantas de couve tratadas com 0,50 mg B/l boro extraíram 239,21 mg S/planta e exportaram 115,02 mg S/planta; enquanto que a couve-flor nas mesmas condições, extraiu 180,8mg S/planta e exportou 147,3 mg S/planta (HOMA *et alii*, 1969). A extração e a exportação obtidas pelos híbridos de repolho foram respectivamente 1048,4 mg S/planta e 356,6 mg S/planta para Natsumaki Risow e 730,0 mg S/planta e 134,0 mg S/planta para Shikidore (HAAG *et alii*, 1979b).

FIGURA 8. Acúmulo de enxofre (S), em mg/planta, nas diversas partes da planta de couve submetida à níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.

4.2.2.7. Boro

O acúmulo de boro nas diversas partes das plantas de couve encontram-se na Tabela 13. A esses dados ajustou-se regressões quadráticas (Tabela 14), sendo ilustradas através da Figura 9.

Para as concentrações mais baixas de boro na solução, as folhas inferiores apresentaram maior acúmulo do elemento seguido do caule e das folhas superiores. Entretanto, quando foram utilizadas concentrações acima de 0.75 mg B/l, o acúmulo de boro nas folhas superiores foi maior do que o do caule. Estes resultados demonstram que o transporte ascendente de boro foi afetado pela deficiência de boro na planta, já que o elemento é transportado pela corrente transpiratória.

4.2.2.8. Concentração crítica

A Figura 10 apresenta as curvas de crescimento em função da extração de boro pelas diversas partes da planta. Observa-se que a faixa entre a deficiência e a suficiência de boro é muito estreita. Na faixa de deficiência, nota-se que a um pequeno incremento de boro na solução, corresponde a um aumento significativo da matéria seca das folhas inferiores. Nas folhas superiores e principalmente no caule este aumento é mais

FIGURA 9. Acúmulo de boro (B), em ug/planta, nas diversas partes da planta de submetida a níveis de boro (mg/l) na solução nutritiva.

FIGURA 10. Relação entre a produção (gramas) de matéria seca (MS) e a extração de boro (ug/planta), nas diversas partes da planta de couve.

gradual.

Considerando a concentração crítica como a concentração do elemento no tecido da planta na qual se constata uma redução de 10% da produção máxima de matéria seca (ULRICH & BERRY, 1961), estimou-se a concentração crítica nas folhas inferiores e superiores como sendo de 45mg/l (1692,31 μ g B/planta) e 41 mg/l (323,81 μ g B/planta), respectivamente.

O estudo da relação entre a produção de matéria seca e o acúmulo de boro nas folhas inferiores mostrou que estas folhas não preenchem os critérios de ULRICH & BERRY, (1961); os quais exigem que a parte selecionada para indicar o estado nutricional de um determinado nutriente da planta, seja de fácil amostragem e tenha as mesmas características durante todo o ciclo de seu desenvolvimento. Além disto, deve mostrar uma ampla faixa de transição entre a deficiência e a suficiência do elemento com uma concentração crítica relativamente constante.

4.3. Experimento com níveis de cálcio

4.3.1. Produção de matéria seca

O crescimento das plantas em função de níveis crescentes de cálcio foi avaliado através das

produções da matéria seca (Tabela 15), cujos valores foram ajustados através das curvas de regressão contidas na Tabela 17.

A produção de matéria seca total cresceu segundo uma curva quadrática conforme Figura 11. Entretanto, este crescimento só foi significativo à partir da adição de 200 mg Ca/l de cálcio na solução (Tabela 15).

Tabela 15 Pesos médios da matéria seca, em gramas, produzidos pelas folhas inferiores (FI), folhas superiores (FS) e caule e total de plantas de couve submetidas a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva..

Tratamentos (mg/l)	PARTES DA PLANTA			
	FI	FS	CAULE	TOTAL
0	16.39 a	2.49 a	5.97 a	24.85 a
25	16.61 a	3.55 a	7.95 a	28.11 ab
50	18.42 a	3.44 a	7.44 a	29.30 ab
100	23.39 bc	4.77 a	8.28 a	36.44 abc
200	25.10 c	13.87 b	8.55 a	47.52 c
400	26.60 c	5.71 a	9.22 a	41.53 bc
CV % =	15,84			17,81

+ Os valores associados com letras iguais nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

FIGURA 11. Produção de matéria seca (MS), em gramas, nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.

A produção de matéria seca nas folhas inferiores também ajustou-se a uma equação de segundo grau, mostrando uma tendência de maior produtividade quando a concentração de cálcio foi superior a 100 mg Ca/l de solução nutritiva (Tabela 15).

A produção de matéria seca das folhas superiores foi idêntica em todos os tratamentos, exceto para o que recebeu 200 mg Ca/l de solução (Tabela 15), que foi maior, provavelmente devido a um equilíbrio entre os cations K, Ca e Mg. Nas plantas cultivadas com 0, e 25 mg Ca/l observou-se que as folhas superiores tinham uma coloração verde mais intensa e eram mal formadas. Já as folhas superiores das plantas dos tratamentos 50 e 100 mg Ca/l eram morfolologicamente normais, porém menores e com uma cor verde mais intensa.

4.3.2. Efeito dos níveis de cálcio sobre o acúmulo de macronutrientes e boro.

Os dados referentes a extração de macronutrientes e boro pelas diversas partes das plantas de couve em função das doses de cálcio na solução nutritiva encontram-se na Tabela 16 e suas respectivas curvas de regressão na Tabela 17.

4.3.2.1. Nitrogênio

Conforme se observa na Figura 12, a extração do N foi máxima para um fornecimento de 275 mg Ca/l de solução.

O acúmulo de nitrogênio nas folhas inferiores ocorreu até a adição de 340 mg Ca/l, enquanto que, nas folhas superiores, o maior acúmulo ocorreu em torno de 290 mg Ca/l. Observa-se também que, a couve cultivada sob baixos níveis de cálcio, extraiu uma pequena quantidade de nitrogênio; concordando com a afirmação de NIGHTINGALE *et alii* (1931), que algumas espécies de plantas não absorvem ou não assimilam nitrato em condições de baixo suprimento de cálcio.

Os teores de nitrogênio encontrados nas folhas inferiores e superiores das plantas que receberam 200 mg Ca/l na solução nutritiva foram de 1,92% e 3,66% respectivamente (Tabela 16).

4.3.2.2. Fósforo

A extração de fósforo foi crescente até se elevou a concentração de cálcio na solução para 200 mg Ca/l de solução nutritiva. Nas folhas inferiores o acúmulo máximo foi verificado quando a concentração de cálcio era de 150 mg Ca/l, e as folhas superiores, quando a solução

Tabela 16. Extração e acúmulo de macronutrientes (mg/planta) e boro (µg/planta) nas folhas inferiores (FI), folhas superiores (FS), caule e total de plantas de couve submetidas a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.

NÍVEIS PARTES		N		P		K		Ca		Mg		S		B	
		%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	ppm	ug
0	FI	1.84	300.97	0.30	49.02	4.37	716.37	0.59	96.23	0.80	131.59	0.12	19.76	29	483.28
	FS	5.10	126.99	0.55	13.59	4.34	108.08	0.14	3.59	0.61	15.18	0.79	19.61	48	118.32
	CAULE	2.16	128.91	0.34	20.51	2.65	158.08	0.16	9.39	0.40	23.93	0.27	15.84	31	185.61
	TOTAL		556.87		83.12		1054.53		109.21		170.70		55.21		787.21
25	FI	1.64	272.80	0.27	44.35	4.70	780.35	1.25	208.29	0.86	142.68	0.14	23.83	33	547.13
	FS	4.27	151.52	0.86	30.61	3.18	112.89	0.20	7.06	0.38	13.57	0.60	21.41	42	149.92
	CAULE	2.47	196.59	0.17	13.81	2.40	190.98	0.25	20.17	0.46	36.92	0.36	28.96	26	204.47
	TOTAL		620.91		88.77		1084.22		235.52		193.17		74.20		901.52
50	FI	2.08	382.78	0.29	52.72	5.13	945.64	1.70	312.33	0.92	168.56	0.37	67.71	80	1477.35
	FS	4.79	164.87	0.43	14.74	3.24	111.31	0.43	14.62	0.41	14.21	0.65	22.39	71	244.05
	CAULE	2.35	174.82	0.38	28.44	3.18	236.69	0.33	24.59	0.53	39.73	0.43	32.06	27	202.61
	TOTAL		722.47		95.90		1193.64		351.54		222.50		122.16		1924.01
100	FI	1.74	406.25	0.23	54.95	4.51	1053.90	1.45	339.20	0.76	178.74	0.35	82.05	97	2271.31
	FS	4.50	214.81	0.42	19.98	3.01	143.73	0.62	29.81	0.38	18.18	0.72	34.22	57	274.23
	CAULE	1.91	158.08	0.36	29.94	3.08	255.14	0.37	30.53	0.55	45.70	0.44	36.50	29	238.86
	TOTAL		779.14		104.87		1452.77		399.54		242.62		152.77		2784.40
200	FI	1.92	481.06	0.20	51.14	3.80	952.76	1.51	379.32	0.45	112.11	0.35	87.99	110	2752.64
	FS	3.66	508.11	0.37	50.84	3.30	458.40	0.81	111.80	0.32	43.94	0.58	81.08	64	892.24
	CAULE	1.55	132.88	0.35	29.68	3.13	267.64	0.51	43.51	0.41	35.17	0.39	33.37	34	291.85
	TOTAL		1122.05		131.66		1678.80		434.63		191.22		202.44		3936.73
400	FI	1.67	444.76	0.15	38.59	4.35	1157.75	2.32	617.14	0.42	111.93	0.22	58.93	80	2125.92
	FS	4.60	262.78	0.35	20.17	2.81	160.46	1.15	65.93	0.27	15.50	0.54	30.96	49	278.99
	CAULE	1.68	154.66	0.22	20.57	3.10	285.79	0.76	69.88	0.38	35.23	0.30	27.34	21	197.56
	TOTAL		862.20		79.33		1604.00		752.95		162.66		117.23		2602.47

Tabela 17. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes ao acúmulo de peso de matéria seca (MS, em gramas), de macronutrientes (mg/planta) e de boro ($\mu\text{g}/\text{planta}$) nas folhas inferiores (FI), folhas superiores (FS), caule e total de plantas de couve submetidas a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.

ELEMENTO	PARTES DA PLANTA	E	Q	U	A	Ç	Õ	E	S	R^2
MS	FI	Y =	15.7614	+	0.0727 x	-	0.0001 x			0.96
	FS	Y =	3.1599	-	0.0376 x	+	0.0008 x	-	0.00000 x	0.98
	CAULE	Y =	6.7305	-	0.0157 x	-	0.00002 x			0.76
	TOTAL	Y =	23.3756	+	0.1769 x	-	0.0003 x			0.97
N	FI	Y =	281.2183	+	1.5822 x	-	0.0029 x			0.90
	FS	Y =	143.0401	-	0.9523 x	+	0.0243 x	-	0.00005 x	0.99
	CAULE	Y =	166.6501	-	0.1376 x	+	0.0002 x			0.51
	TOTAL	Y =	573.596	+	1.4516 x	+	0.0142 x	-	0.00004 x	0.98
P	FI	Y =	47.3919	+	0.0762 x	-	0.0002 x			0.79
	FS	Y =	14.8383	-	0.1619 x	+	0.0029 x	-	0.00001 x	0.99
	CAULE	Y =	24.5243	+	0.0755 x	-	0.0002 x			0.67
	TOTAL	Y =	78.3303	+	0.4572 x	-	0.0011 x			0.92
K	FI	Y =	686.3524	+	6.8835 x	-	0.0409 x	+	0.00007 x	0.97
	FS	Y =	125.9236	-	2.0519 x	+	0.0314 x	-	0.00007 x	0.98
	CAULE	Y =	157.8377	+	1.7711 x	-	0.0086 x	+	0.00001 x	0.99
	TOTAL	Y =	988.7216	+	5.5706 x	-	0.0101 x			0.99
Ca	FI	Y =	106.1433	+	4.6721 x	-	0.0249 x	+	0.00004 x	0.99
	FS	Y =	-12.0900	+	0.8100 x	-	0.0015 x			0.84
	CAULE	Y =	14.8927	+	0.1403 x					0.98
	TOTAL	Y =	123.7301	+	4.7500 x	-	0.0194 x	+	0.00003 x	0.99
Mg	FI	Y =	125.1362	+	1.3695 x	-	0.0107 x	+	0.00002 x	0.95
	FS	Y =	15.9123	-	0.1805 x	+	0.0027 x	-	0.00001 x	0.99
	CAULE	Y =	24.8817	+	0.4635 x	-	0.0030 x	+	0.00001 x	0.97
	TOTAL	Y =	165.9302	+	1.6525 x	-	0.0110 x	+	0.00002 x	0.98
S	FI	Y =	13.753	+	1.1183 x	-	0.0049 x	+	0.00001 x	0.92
	FS	Y =	21.2788	-	0.1862 x	+	0.0043 x	-	0.00001 x	0.99
	CAULE	Y =	22.0546	+	0.1482 x	-	0.0003 x			0.64
	TOTAL	Y =	52.5571	+	1.3316 x	-	0.0029 x			0.98
B	FI	Y =	387.4894	+	20.8396 x	-	0.0414 x			0.95
	FS	Y =	152.4208	-	1.8674 x	+	0.0492 x	-	0.00010 x	0.99
	CAULE	Y =	175.9778	+	0.9621 x	-	0.0023 x			0.64
	TOTAL	Y =	569.3219	+	28.0644 x	-	0.0574 x			0.98

FIGURA 12. Acúmulo de nitrogênio (mg/planta) nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.

continha 280 mg Ca/l de solução (Figura 13).

As plantas submetidas a concentração de 200 mg Ca/l de solução mostraram 0,20% de fósforo nas folhas inferiores. Tais concentrações são idênticas as encontradas em couve-flor (HOMA *et alii*, 1968), e menores que às observadas nas folhas inferiores dos híbridos de repolho Natsumaki Risow (0,65%) e Shikidore (0,94%) segundo HAAG *et alii*, (1979b).

4.3.2.3. Potássio

Aos valores do acúmulo total de potássio na couve, ajustaram-se equações quadráticas (Figura 14). Observa-se que o cálcio em baixas concentrações estimulou a absorção de potássio, e em altas concentrações inibiu a absorção do mesmo, evidenciando-se portanto o efeito "Viets".

Nas folhas inferiores, os valores do acúmulo de potássio ajustaram-se a uma equação cúbica, mostrando que houve três fases diferentes na absorção deste nutriente. Na primeira e segunda fase evidencia-se o referido efeito "Viets" e na terceira fase, ou seja em concentrações acima de 290 mg Ca/l de solução, o potássio é absorvido mas não é translocado através do xilema para as folhas superiores devido à elevada concentração de cálcio no caule (Figura 14).

FIGURA 13. Acúmulo de fósforo (mg/planta) nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.

FIGURA 14. Acúmulo de potássio (mg/planta) nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.

As concentrações de potássio encontradas nas folhas inferiores e superiores de plantas de couve submetidas a 200 mg Ca/l de solução foram de 3,80% e 3,30%, respectivamente. Em iguais condições a couve-flor apresentou 2,85% nas folhas inferiores e 2,70% nas folhas superiores (HOMA *et alii*, 1968). Já o repolho apresenta teores mais elevados nas folhas inferiores dos híbridos Natsumaki Risow (5,06%) e Shikidore (6,38%), conforme HAAG *et alii* (1979b).

4.3.2.4.Cálcio

Observa-se através da Figura 15 que a couve extraiu quantidades crescentes de cálcio quando se elevou a concentração deste nutriente na solução nutritiva. Nas folhas inferiores o acúmulo de cálcio cresceu segundo uma equação cúbica, com o fornecimento de cálcio na solução nutritiva. Este crescimento se deu até a adição de 120 mg Ca/l, permanecendo constante na faixa compreendida entre 120 e 260 mg Ca/l e crescendo novamente nas concentrações acima desta faixa. Para as folhas superiores, os resultados ajustaram-se à uma curva quadrática com um máximo de 96,04 mg Ca/planta correspondendo à um fornecimento de 270 mg Ca/l. No caule o acúmulo de cálcio ocorreu de forma linear, sendo superior ao acúmulo das folhas superiores até a dosagem de 100 mg Ca/l e inferior para as doses de 200 e

FIGURA 15. Acúmulo de cálcio (mg/planta) nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.

400 mg Ca/l de solução.

As concentrações de cálcio das plantas cultivadas com 200 mg Ca/l foram de 1,51% nas folhas inferiores e 0,81% nas folhas superiores (Tabela 16). Comparando-se estes resultados com os observados em outras brássicas verifica-se que a couve-flor apresenta 1,96% e 0,63% nas folhas inferiores e superiores, respectivamente (HOMA et alii, 1968), enquanto que o repolho mostra teores mais elevados nas suas folhas externas (HAAG et alii, 1979b).

As concentrações de cálcio das plantas cultivadas com 200 mg Ca/l foram de 1,51% nas folhas inferiores e 0,81% nas folhas superiores (Tabela 16). Comparando-se estes resultados com os observados em outras brássicas verifica-se que a couve-flor apresenta 1,96% e 0,63% nas folhas inferiores e superiores, respectivamente (HOMA et alii, 1968), enquanto que o repolho mostra teores mais elevados nas suas folhas externas (HAAG et alii, 1979b).

4.3.2.5. Magnésio

A extração de magnésio pelas plantas de couve ocorreu segundo um polinômio do terceiro grau (Figura 16). Nas folhas inferiores, observa-se que o acúmulo de magnésio cresceu até a adição de 80 mg Ca/l de solução,

FIGURA 16. Acúmulo de magnésio (mg/planta) nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.

decrecendo em seguida até a adição de 320 mg Ca/l de solução. Em oposição a isso, nesta mesma faixa o acúmulo deste nutriente nas folhas superiores cresceu. No caule, o acúmulo de Mg comportou-se de modo semelhante ao das folhas inferiores, apresentando um acúmulo máximo com o fornecimento de 110 mg Ca/l de solução e um mínimo com 300 mg Ca/l de solução. Isto pode ser interpretado como um efeito antagônico entre o cálcio e o magnésio, de modo que a absorção e translocação do magnésio foi maior quando a concentração de cálcio na solução foi mais baixa, enquanto que em concentrações elevadas de cálcio foi absorvido mas não foi translocado.

Os teores de magnésio encontrados nas folhas inferiores e superiores das plantas de couve cultivadas com 200 mg Ca/l de solução foram de 0,45% e 0,32%. Estes valores foram superiores aos observados em couve-flor cultivada nas mesmas condições (HOMA *et alii*, 1968) e inferiores ao verificado nas folhas externas e internas de repolho (HAAG *et alii*, 1979b).

4.3.2.6. Enxofre

Os valores da extração e do acúmulo de enxofre no caule ajustaram-se à uma curva polinomial quadrática, com um máximo correspondente a 240 mg Ca/l de solução (Figura 17). Nas folhas superiores e inferiores

FIGURA 17. Acúmulo de enxofre (mg/planta) nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.

este nutriente acumulou-se segundo uma curva polinomial cúbica, mostrando que o acúmulo de enxofre decresceu nas concentrações mais elevadas de cálcio na solução.

As folhas inferiores e superiores de plantas submetidas a 200 mg Ca/l de solução mostraram 0,35% e 0,38% de enxofre, respectivamente, enquanto que a couve-flor apresentou 0,16% e 0,40% de enxofre, respectivamente (HOMA *et alii*, 1968). Já no repolho encontrou-se 0,87% nas folhas externas e 0,96% nas internas (HAAG *et alii*, 1979b).

4.3.2.7. Boro

A Figura 18 mostra que as curvas de extração e acúmulo de boro nas folhas inferiores são curvas quadráticas idênticas, com valores máximos a uma adição de 240 mg Ca/l de solução; enquanto que as folhas superiores tiveram o acúmulo máximo de boro quando cultivadas com 280 mg Ca/l de solução. No caule, o acúmulo de boro foi semelhante ao das folhas inferiores, sendo maior quando adicionou-se 200 mg Ca/l de solução. Tais resultados indicam que para concentrações acima de 280 mg Ca/l de solução não houve translocação de boro.

FIGURA 18. Acúmulo de boro ($\mu\text{g/planta}$) nas diversas partes da planta de couve submetida a níveis de cálcio (mg/l) na solução nutritiva.

4.4 Considerações gerais

Os sintomas visuais da deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e boro foram os mais evidentes, embora o decréscimo da produção da matéria seca tenha sido maior na deficiência de nitrogênio, cálcio e potássio.

A deficiência de potássio caracterizou-se pelo aparecimento de lesões necróticas nas nervuras, seguindo-se de clorose e murchamento das folhas.

Na deficiência de cálcio, os sintomas manifestaram-se no 3^o par de folhas a contar do ápice. As folhas paralizaram o crescimento de uma das margens, ocorrendo necrose e queda prematura da folha.

As plantas cultivadas na ausência de enxofre não apresentaram sintomas de deficiência, e nem tiveram a sua produção de matéria seca prejudicada.

As brotações e folhas inferiores constituem drenos muito fortes, extraíndo grandes quantidades de nutrientes, conseqüentemente a omissão dos nutrientes, principalmente os considerados imóveis na planta, prejudica o estado nutricional das brotações inferiores que são utilizadas como mudas.

Os sintomas da deficiência de boro foram visualizados nos tratamentos com 0; 0,03; 0,06; e 0,09 mg B/l de solução.

A ausência de boro afeta a produção de matéria seca da couve e o baixo suprimento deste nutriente traz como consequência a diminuição da expansão da lâmina foliar.

Com exceção do cálcio e boro, o acúmulo dos nutrientes nas diversas partes das plantas de couve, em função dos níveis de boro, acompanha a produção de matéria seca até a adição de 0,75 mg B/l de solução.

Apesar dos sintomas de toxidez não terem sido observados, estes resultados sugerem que a concentração igual ou superior a 0,75 mg B/l de solução, afetou o desenvolvimento da couve, possivelmente, devido a um impedimento do transporte ascendente do nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre.

Os sintomas gerais da deficiência de cálcio (menor crescimento e folhas superiores com coloração verde mais intensa) foram observados nos tratamentos com 0; 25 e 50 mg Ca/l de solução; e os sintomas específicos (folhas mal formadas e necrosadas) manifestaram-se somente na ausência do elemento.

A produção de matéria seca total e de folhas inferiores aumentou significativamente com a adição de cálcio na solução nutritiva a partir do fornecimento de 200 mg Ca/l de solução.

A produção de matéria seca total e a extração de nitrogênio e potássio foram máximas, quando se

forneceu 275 mg Ca/l de solução nutritiva.

5.CONCLUSÕES

Os macronutrientes absorvidos em maiores quantidades pela couve são o potássio e o nitrogênio, seguindo-se, pela ordem decrescente, cálcio, magnésio, enxofre e fósforo.

A omissão de nitrogênio foi o tratamento que mais afetou o desenvolvimento da couve. Pela ordem decrescente, seguiram-se os das ausências de cálcio e de potássio.

Não foram constatados sintomas de toxidez de boro.

As concentrações críticas de boro nas folhas inferiores e superiores foram de 45 ppm e 41 ppm, respectivamente, sendo que as folhas superiores mostraram-se mais adequadas para a avaliação do estado nutricional do boro.

O transporte ascendente de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre decresceu quando a concentração de boro na solução foi igual ou superior a 0,75 mg/l.

A produção de matéria seca total e de folhas inferiores foi maior a partir do fornecimento de 200 mg Ca/l de solução nutritiva.

A adição de cálcio na solução nutritiva estimulou a absorção dos macronutrientes e boro até o nível de 200 mg Ca/l de solução.

A porcentagem de cálcio nas folhas inferiores e superiores das plantas que apresentaram sintomas de deficiência variou de 0,59 a 1,45 % e 0,14 a 0,62 %, respectivamente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKER, J.E.; GAUCH, H.G.; DUGGER, Jr.W.M. Effect of boron on the water relations of higher plants. Plant Physiology, Rockville. 31:89-94, 1956.

BEATON, J.D. Sulfur requeriments of cereals, tree fruits, vegetables and other crops. Soil Science, Baltimore, 101:267-82, 1966.

BELFORT, C.C. & HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças. Deficiência de macronutrientes e boro na cultura da mostarda (*Brassica juncea*). In: HAAG, H.P. & MINAMI, K., coord. Nutrição mineral em hortaliças. 2 vol. Campinas, Fundação Cargil, 1988. p.36-42.

BINGHAM, F.T. Phosphorus. In: CHAPMAN, H.D. Diagnostic criteria for plants and soils. Berkeley, University of California/ Division of Agricultural Sciences, 1966. cap 23, p.324-61.

BOULD, C. Methods of diagnosing nutrient disorders in plants.

In: ROBINSON, J.B.D.; ed. Diagnosis of mineral disorders in plants; principles. London, H.M.S.O., 1983. v. 1, cap 3, p. 111-36.

CAROLUS, R. Calcium relationships in vegetable nutrition and quality. Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, 6(3):285-98. 1975.

CASTLE, M.E.; FOOT, A.S.; HOSKING, Z.D.; ROWLAND, S.J. The yield and composition of kale and cabbage with and without nitrogenous topdressing. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 48:305-14, 1957.

CEAGESP, 1989. Boletim anual. São Paulo, SP.

CHAPMAN, H.D., ed. Diagnostic criteria for plants and soils. Berkeley, University of California Division of Agricultural Sciences. 1966. 793 p.

CHAVES, G.M. & COUTO, F.A.A. Deficiência de boro no município de Viçosa. 1-Ensaio sobre o controle da podridão parda da couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*, L). Revista Ceres, Viçosa, 10(59):352-9, 1958.

CLARKSON, D.D. & SANDERSON, J. Sites of absorption and translocation of iron in barley roots. Plant Physiology, Rockville, 61. 731-6, 1978.

CORMIS, L. de. Contribution to the study of sulfur absorption by plants exposed to an atmosphere of sulfur dioxide. Annales de Physiologie Vegetale, Paris, 10:99-112, 1968.

COSTA, M.C.B. Estudos de nutrição mineral do quiabeiro (*Hibiscus esculentus* L.). Deficiências de macro e micronutrientes. Piracicaba, 1971. 66p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

COWLING, D.W. & LOCKYER, D.R. Growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) exposed to a low concentration of sulfur dioxide. Journal of Experimental Botany, Oxford, 27:411-7, 1976.

CUTCLIFFE, J.A. Effects of plant spacing and nitrogen on incidence of hollow stem in broccoli. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa. 52:833-4, 1972.

CUTCLIFFE, J.A. Cultivar and spacing effects on incidence of hollow stem in broccoli. Canadian Journal of Plant and Science. Ottawa. 55:867-9, 1975.

DEARBORN, C.H. & RALEIGH, G.J. A preliminary note on control of internal browning of cauliflower by the use of boron. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 33:622-3, 1935.

- DEARBORN, C.H.; THOMPSON, H.; RALEIGH, G.J. Cauliflower
browning resulting from a deficiency of boron. Proceedings
of the American Society for Horticultural Science,
Alexandria, 34: 483-7, 1936.
- DUGGER, W.M. Boron in plant metabolism. In: LAUCHLI, A. &
BIELESKI, R.L. ed. Inorganic plant nutrition.
Berlim, Springer Verlag, 1983. v.15B, cap.2, p.626-
50.(Encyclopedia of Plant Physiology).
- EATON, F.M. Sulfur. In:CHAPMAN, H.D., ed. Diagnostic
criteria for plants and soils. Berkeley, University of
California/Division of Agricultural Sciences, 1966. cap.
29, p.444-75.
- EMBLETON, T.W. Magnesium In: CHAPMAN, H.D. Diagnostic
criteria for plants and soils. Berkeley, University of
California/ Division of Agricultural Sciences, 1966.
cap 18, p.444-75.
- EPSTEIN, E. Nutricao mineral de plantas; Princípios e
perspectivas. Trad. de E. Malavolta. Rio de Janeiro,
Livros Técnicos e Científicos. 1975. 341p.
- FALLER, N.; HEWIG, K.; KUHN, H. The uptake of sulfur
dioxide ($^{35}\text{SO}_2$) from the air. I.Effect on crop yield.
Plant and Soil, Dordrecht, 33:177-91, 1970.

- FERNANDES, P.D. Estudos de nutrição mineral de pimentão (*Capsicum annuum*, L.) variedade *Avelar* e *Ibêda*. absorção e deficiência de macronutrientes. Piracicaba, 1971. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- FILGUEIRA, F.A.R. Manual de olericultura comercialização de hortaliças. 2 ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1987. v.1, 451p.
- FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R.; GALLO, J.R.; BERNADI, J.B.; FORNASIER, J.B.; CAMPOS, H.R.de. Composição mineral de diversas hortaliças. Bragantia, Campinas, 37(5):33-44, 1978.
- GAUCH, H.G. Mineral nutrition of plants American Review of Plant Physiology, Rockville 8:31-64, 1957.
- GAUCH, H.G. Inorganic plant nutrition. Dowden, Hutchinson e Ross, 1972. 488p.
- GILBERT, F.A. The place of sulfur in plant nutrition. The Botanical Review, Bronx, 17(9): 671-91, 1951.
- HAAG, H.P. Estudos de Nutrição mineral de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.), variedade CB 41-76, cultivado em solução nutritiva. Piracicaba, 1961. (Docência Livre -

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

HAAG, H.P. & HOMA, P. Nutrição mineral de hortaliças:

deficiência de macronutrientes em beringela. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Piracicaba, 26:149-59, 1968.

HAAG, H.P. ; & KIMOTO, T. Nutrição mineral de hortaliças.

VI. Deficiências de macronutrientes em cebola. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz",

Piracicaba, 25. 203-12, 1968.

HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.de; MINAMI, K.; ROCHA FILHO,

J.V.C. Nutrição mineral de hortaliças. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes pela cultura do jiló

(*Solanum gilo* cultivar *Morro Grande Oblongo*). Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz",

Piracicaba, 36:77-88, 1979a.

HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.de; SARRUGE, J.R.; VASCONCELLOS,

E.F.C.de; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças.

XXXIV. Extração de nutrientes pelo repolho (*Brassica oleracea* L.) híbridos *Shikidore* e *Natsumaki Risow*. O

Solo Piracicaba, 71(2):65-71, 1979b.

HARTMAN, J.D. Boron deficiency of cauliflower and spinach

on long Island. Proceedings of the American Society for

Horticultural Science, Alexandria 35:515-25, 1938.

HEWITT, E.J. The effects of mineral deficiencies and excesses on growth and composition. In: ROBINSON, J.B.D., ed. Diagnosis of mineral disorders in plants. London, H.M.S.O., 1983, v.1, cap. 2, p.54-110.

HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. Berkeley, California Agricultural Experimental Station, 1950. 347p.

HOMA, P.M.; HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R. Nutrição mineral de hortaliças. I. Deficiências de macronutrientes em couve-flor. O Solo, Piracicaba, 60(2):5-13, 1968.

HOMA, P.M.; HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R. Nutrição mineral de hortaliças. II. Absorção de nutrientes pela cultura de couve-flor. O Solo, Piracicaba, 65(1):9-16, 1969.

IWATA, M. Boron deficiency and excess in cruciferous vegetables. Japanese Society for Horticultural Science Journal, Kyoto, 37:155-165, 1968.

JOHNSTON, T.D. The effects of plant density and fertilizer application on yield components in three marrow-stem kale (*Brassica oleracea* L.) varieties. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 77:83-9, 1971.

JONES, W.W. Nitrogen In: CHAPMAN, H.D. Diagnostic criteria for plants and soils. Berkeley, University of California/ Division of Agricultural Sciences, 1966. cap 22, p.310-23.

KILMER, V.J.; YOUNTS, S.E.; BRADY, N.C. The role of potassium in agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1968. 509p.

KURAMOTO, M.; OLIVEIRA, G.D. de; HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças; deficiências de micronutrientes em couve-flor. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" 27:335-45, 1970.

MAGNIFICO, V.; LATTANZIO, V.; SARLI, G. Growth and nutrient removal by broccoli. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 104(2):201-3, 1979.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronomica Ceres. 1980. 251p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press, 1986. 674p.

MARSH, R.P. & SHIVE, J.W. Boron as a factor in calcium metabolism of the corn plant. Soil Science, Baltimore, 51:141-51. 1941.

- MAYNARD, D.N. The effects of nutrient stems on the growth and composition of spinach. Journal of the America Society for Horticultural Science, Alexandria, 95(5):598-600, 1970.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. 4.ed. Worblaufen-Bern, International Potash Institute, 1987, 687p.
- MINARIK, C.E. & SHIVE, J.W. The effect of boron in the substrate on calcium accumulation by soybean plants. American Journal of Botany, Columbus, 26(10):827-31, 1939.
- MORA SOLIS, F.A. Concentração e extração de nutrientes e distúrbios nutricionais na cultura de pepino (*Cucumis sativus* L.) var. Aodoi. Piracicaba, 1982. 139p. (Doutorado-Escola Superior da Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- NIGHTINGALE, G.T.; ADOMS, R.M.; ROBBINS, W.R.; SCHERMERHORN, L.G. Effects of calcium deficiency on the tomato. Plant Physiology, Rockville, 6:605-31, 1931.
- PIMENTEL, A. A. M. P. Olericultura no tropico umido. hortaliças na Amazonia. São Paulo, Agronômica. Ceres, 1985, 322p.
- PIMENTEL GOMES, F P. Curso de estatística experimental. 12 ed. Piracicaba, Livraria Nobel, 1987. 467p.

POLLARD, A.S.; PARR, A.J.; LOUGHMAN, B.C. Boron in relation to membrana function in higher plants. Journal of Experimental Botany, Oxford, 28:831-41, 1977.

RADIN, J.W. & EIDENBOCK, M.P. Hydraulic condutance as a fator limiting leaf expansão foliar of phosphorus- deficient cotton plants. Plant Physiology, Rockville, 75: 372-7, 1984.

REEVE, E. & SHIVE, J.W. Potassium - boron and calcium - boron relationships in plant nutrition. Soil Science, Baltimore, 51:1-14, 1944.

SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. Nota Técnica. Summa Phytopathologica, Piracicaba, 1(3):231-3, 1975.

SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Analises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.

SCAIFE, A. & TURNER, M. Vegetables. In: ROBINSON, J.B.D., Diagnosis of mineral disorders in plants. London, H.M.S.O., 1983. v. 2, 96p.

SHATTUCK, V.T. & SHELP, B.J. Effects of boron nutrition on hollow stem in broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, 67:1221-5, 1987.

SHATTUCK, V.I.; SHELP, B.J.; LOUGHTON, A.; BAKER, R.

Environmental stability of field and hollow stem in
broccoli (*Brassica oleraceae* var. *Italica*) Canadian
Journal of Plant Science, Ottawa, 66:683-8, 1986.

SHORROCKS, V.M. Boron deficiency; its prevention and cure.

London, Borax Consolidated Ltd., 1974. 56p.

TIEDJENS, V.A. & SCHERMERHORN, L.G. Notes on nutrient

deficiencies of some vegetable crops. Proceedings of
the American Society of Horticultural Science, Alexandria
35:704-8, 1937.

THOMAS, M.D.; HENDRICKS, R. H.; HILL, G.R. Sulfur content
of vegetation. Soil Science, Baltimore. 70:9-17, 1959

THOMAZ, M.C. Nutrição mineral do espinafre Nova Zelândia
(*Tetragonia expansa* Murr). Piracicaba 1975. (Mestrado -
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
81p.

ULRICH, A. & BERRY, W.L. Critical phosphorus levels for
bean growth. Plant Physiology, Rockville, 36:626-32, 1961.

ULRICH, A. & OHKI, K. Potassium. In: CHAPMAN, H.D. Diagnostic
criteria for plants and soils. Berkeley, University
of California/ Division of Agricultural Sciences, 1966

cap 24, p.444-75.

VALLE, G.G. del Influence of seeding rate, source and level of nitrogen on collards. Journal of the American Society of Horticultural Science, Alexandria, 96(1):25-6, 1971.

VENTER, H.A. van de & CURRIER, H.B. The effect of boron deficiency on callose formation and ^{14}C translocation in been (*Phaseolus vulgaris*) and cotton (*Gossypium hirsutum* L.). American Journal of Botany, Columbus, 64:861-5, 1977.

VOSE, P.B. Varietal differences in plant nutritional. Herbage Abstracts, Oxon, 33:1-13, 1963.

WALLACE, T. The diagnosis of mineral deficiency in plants by visual symptoms. a colour atlas and guide. 3 ed. London, H.M.S.O., 1961. 125p.

WALKER, J.C. & MCLEAN, J.G. The boron deficiency disease in cabbage. Journal Agricultural Research, Islamabad, 62:573-87, 1941.

WALKER, J.C. Histologie - Pathologie effects of boron deficiency. Soil Science, Baltimore, 57:51-4, 1944.

WEBER, H. Deficiências de macronutrientes em cubiu (*Solanum topiro*, Humb. e Bonp.) cultivado em solução nutritiva.

Piracicaba, 1981. 47p. (Mestrado- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

WIDDOWSON, F.V. & PENNY, A. Results of an experiment at Rothamsted testing farmyard manure and N, P and K fertilizers on five arable crops and grass. III yields 1961-1965. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 70:53-8, 1957. .

WIDDOWSON, F.V.; PENNY, A.; COOKE, G.W. Results of an experiment at Rothamsted testing farmyard manure and N, P e K fertilizers on five arable crops. I yields. Journal of Agricultural of Science, Cambridge, 60:347-52, 1963.

ZINK, F.W. Hollow stem in broccoli. California Agriculture, Berkeley, 22(1):8-9, 1968.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A.; SILVEIRA, P. Sistema de análise estatística para microcomputadores. Pelotas, UFP, s.d. 86p.