

NUTRIÇÃO MINERAL DO ESPINAFRE
NOVA ZELÂNDIA (Tetragonia expansa, Murr.)

MARIA DO CARMO THOMAZ
- ENGENHEIRO AGRÔNOMO -

Prof. Dr. HENRIQUE PAULO HAAG
- ORIENTADOR -

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Uni-
versidade de São Paulo, para obtenção do
título de Mestre.

PIRACICABA
ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL
1975

.1.

A minha mãe

DEDICO

A G R A D E C I M E N T O S

Ao Prof. Dr. Henrique Paulo Haag, a cuja orientação devemos a execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. José Renato Sarruge

Ao Eng^o.Agr^o. Gilberto Diniz de Oliveira

Ao Prof. Dr. Vivaldo Francisco da Cruz

À Prof^a. Dr^a. Natalina Tuma da Ponte

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, São Paulo.

À Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (F.C.A.P.), Belém, Pará.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasília, DF.

Ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

I N D I C E

| | <u>página</u> |
|--|---------------|
| 1. INTRODUÇÃO | 01 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 03 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 10 |
| 3.1. Experimento de casa de vegetação | 10 |
| 3.2. Experimento de campo | 13 |
| 3.3. Análise química | 15 |
| 3.4. Análises estatísticas | 15 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 16 |
| 4.1. Experimento de casa de vegetação | 16 |
| 4.1.1. Sintomatologia das deficiências | 16 |
| 4.1.2. Crescimento | 21 |
| 4.1.3. Concentração dos nutrientes | 24 |
| 4.1.4. Níveis de nutrientes | 44 |
| 4.2. Experimento de campo | 45 |
| 4.2.1. Crescimento das plantas | 45 |
| 4.2.2. Concentração dos nutrientes | 48 |
| 4.2.2.1. Macronutrientes | 49 |
| 4.2.2.2. Micronutrientes | 55 |
| 4.2.3. Exportação de nutrientes | 60 |
| 5. RESUMOS E CONCLUSÕES | 62 |
| 6. SUMMARY - MINERAL NUTRITION OF NEW ZELAND SPINACH PLANT (<i>Tetragonia expansa</i> , Murr.) | 66 |
| 7. LITERATURA CITADA | 70 |

INDICE DE QUADROS

| <u>Quadro</u> | | <u>página</u> |
|---------------|--|---------------|
| 1 | Características químicas do solo utilizado no ensaio | 13 |
| 2 | Idade, estágio de desenvolvimento, número de plantas colhidas e data das amostragens | 14 |
| 3 | Peso da matéria seca (g) total e dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos | 22 |
| 4 | Teor percentual de nitrogênio contido na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos | 25 |
| 5 | Teor percentual de fósforo contido na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos | 29 |
| 6 | Teor percentual de potássio contido na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos | 31 |
| 7 | Teor percentual de cálcio contido na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos | 34 |
| 8 | Teor percentual de magnésio contido na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos | 37 |
| 9 | Teor percentual de enxofre contido na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos | 40 |
| 10 | Teor em ppm de boro contido na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos | 42 |

Quadro

página

| | | |
|----|--|----|
| 11 | Níveis de nutrientes encontrados nas folhas de plantas com e sem deficiência | 44 |
| 12 | Elementos meteorológicos do II semestre do ano agrícola de 1973. Município de Piracicaba | 48 |
| 13 | Teores percentuais dos macronutrientes contidos na matéria seca dos órgãos estudados, em função da idade da planta | 54 |
| 14 | Teores em ppm dos micronutrientes contidos na matéria seca dos órgãos estudados, em função da idade da planta | 59 |
| 15 | Quantidades médias totais de nutrientes extraídos pela parte aérea de uma planta de espinafre com 90 dias de idade | 61 |

INDICE DE FIGURAS

| <u>Figura</u> | | <u>página</u> |
|---------------|---|---------------|
| 1 | Produção de matéria seca, em função do estágio de desenvolvimento da planta | 46 |
| 2 | Absorção dos macronutrientes, em miligrama, em função do estágio de desenvolvimento da planta . . . | 50 |
| 3 | Absorção dos micronutrientes, em micrograma, em função do estágio de desenvolvimento da planta . . | 56 |

1. INTRODUÇÃO

O espinafre Nova Zelândia (*Tetragonia expansa*, Murr.) da família das aizoáceas, é planta originária de regiões tropicais, ao contrário do verdadeiro espinafre, conhecido como europeu (*Spinacia oleracea*, L.) que exige clima temperado para seu desenvolvimento.

Seu alto valor nutritivo, idêntico ao do espinafre europeu, aliado às suas propriedades anti-escorbúticas, conferem-lhe lugar de destaque entre as hortaliças mais importantes sob o ponto de vista alimentar (VILLAR, 1962).

É de fácil cultivo e de ciclo vegetativo rápido, sendo con-

sumido por uma considerável parte da população brasileira, especialmente de regiões do sul e sudeste, onde também é conhecido como beldroega do sul ou de folha grande (CORREIA, 1931).

Apesar da grande importância nutricional da hortaliça, em nosso país são raros os trabalhos experimentais visando sua nutrição mineral. Em outros países, referências sobre essa pesquisa básica são encontradas, principalmente para o espinafre verdadeiro (*Spinacea oleracea*, L.).

O presente trabalho foi realizado visando atender os seguintes objetivos:

- a. obter um quadro sintomatológico das deficiências dos macronutrientes e do boro;
- b. verificar o efeito da omissão e presença desses nutrientes sobre o crescimento e composição química da planta;
- c. avaliar as quantidades de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo) extraídas e exportadas pela cultura, nas diversas etapas de seu desenvolvimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Em sua grande maioria, os trabalhos encontrados sobre o assunto, referem-se ao espinafre europeu. Na presente revisão, portanto, salvo indicação em contrário, a citação se referirá também a essa espécie.

WITTWER (1946) estudando aspectos da nutrição mineral relacionados com o valor nutritivo do espinafre Nova Zelândia (*Tetragonia expansa*, Murr.) cultivado sob condições de casa de vegetação, observou o efeito marcante do nitrogênio, aplicado na dose de 560 mg* como nitrato de amônio, na qualidade da hortaliça e no aumento

* Dado recalculado

de produção. Entretanto, o teor de vitamina C das folhas decresceu consideravelmente com a aplicação de nitrogênio. Esses resultados foram comprovados por *STREL'NIKOVA (1968)* para espinafre europeu (*Spinacia oleracea*, L.) em trabalho sobre o efeito de diferentes combinações de doses de nitrogênio, fósforo e potássio como fertilizantes, na produção e qualidade dessa hortaliça. Segundo *CORREIA (1931)*, *KNOTT (1950)*, *THOMPSON & KELLY (1957)* e *VILLAR (1962)*, as duas espécies de espinafre comportam-se de modo semelhante quanto ao desenvolvimento, composição química e produção, em resposta à aplicação de nutrientes.

REUF (1970), estudando a influência de doses e formas de nitrogênio sobre o teor de vitaminas do espinafre em condições de campo, obteve conclusão semelhante à de *WITTWER (1946)* e *STREL'NIKOVA (1968)*. Doses de 100 a 200 kg/ha de nitrogênio como sulfato de amônio e como nitrato de cálcio, foram usadas pelo autor, observando ele que a dosagem mais alta, independente da forma, reduziu a concentração de ácido ascórbico das folhas, mas por outro lado, afetou positivamente o teor de tiamina, riboflavina e caroteno. O aumento da concentração de vitamina A nas folhas, ocasionado pelo nitrogênio, foi também confirmado por *STREL'NIKOVA (1968)*.

O efeito de níveis de nitrogênio, ferro e zinco sobre a produção, teor de nutrientes e síntese de clorofila em espinafre foi estudado por *GREIG et alii (1968)* em ensaio de campo. A aplicação de nitrogênio como nitrato de amônio, em níveis crescentes (45, 90 e 135 kg/ha)* forneceu resultado positivo no aumento da produção, teor de clorofila e concentração de cálcio, magnésio e potássio. O efeito dos micronutrientes não foi significativo. Segundo os autores, o valor nutritivo do espinafre poderia ser aumentado pelo uso de alto nível de nitrogênio em seu cultivo. *MAYNARD (1970)* e *EL-BEHEIDI & EL-MANSI (1974)*, chegaram à mesma conclusão em trabalhos sobre a influência do nitrogênio na composição química e na produ-

* Níveis em lb/acre, no original

ção do espinafre.

Culturas de hortaliças requerem normalmente quantidades relativamente grandes de nitrogênio, para a máxima produção. Essa exigência, entretanto, pode resultar em acúmulo de nitrato nas partes comestíveis, com possibilidade de risco para a saúde (*PHILLIPS, 1968*). Sendo o espinafre hortaliça rica em nitrato, pesquisas diversas tem sido feitas no sentido de elucidar um possível aspecto negativo, decorrente do seu consumo, em vista do acúmulo desse composto.

Trabalhando com plantas cultivadas em solução nutritiva, *BARKER et alii (1971)* estudaram os fatores nutricionais que afetam o acúmulo de nitrato em espinafre. Entre os macronutrientes testados (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio), somente o nitrogênio, em níveis de 0, 20, 50, 100 e 200 ppm e nas formas de nitrato de potássio e nitrato de cálcio, teve influência significativa sobre o acúmulo de nitrato nas folhas. Folhas maduras acumularam maior teor do que as mais novas, proporcionalmente ao aumento do nível de nitrogênio na solução nutritiva. Outro fator considerado pelos autores como responsável pelo acúmulo de nitrato foi o período de exposição das plantas e altos níveis deste íon.

Para *BARKER et alii (1971)*, confirmando resultado anterior, a fonte de nitrogênio e o modo de aplicação, são fatores importantes no controle do acúmulo de nitrato em espinafre. Usando três fontes de nitrogênio (nitrato de potássio, nitrato de amônio e uréia), os autores observaram que nitrato se acumulou em maior teor nas folhas de plantas adubadas antes do plantio, sendo indiferente a fonte usada. Quando os fertilizantes foram aplicados durante o desenvolvimento das plantas, o maior acúmulo foi ocasionado pelo uso de nitrato de potássio. A concentração média de nitrato nas folhas e pecíolos, obtida pelos autores foi de 0,34% e 2,28% respectivamente, com base no peso da matéria seca.

Nitratos tendem a se acumular nos pecíolos, folhas, raízes e partes reprodutivas da planta, em ordem decrescente (*MAYNARD & BARKER, 1972*).

Estudando as concentrações críticas de nitrato para o desenvolvimento de algumas hortaliças, *MAYNARD et alii (1971)* encontraram para folhas mais pecíolos de espinafre, nível crítico aproximado de 0,4% do peso do material seco. Já *GERALDSON et alii (1973)* consideram como níveis deficiente, intermediário e suficiente os teores de 0,4%, 0,6% e 0,8%, respectivamente, com base na matéria seca.

Nos cultivares de espinafre mais ricos em nitrato, dosagens consideradas tóxicas, segundo *MAYNARD & BARKER (1974)*, estariam em cerca de 0,7 g a 1,0 g de nitrato, sendo necessária a ingestão de 900g a 1 000 g de espinafre fresco de uma só vez, para atingir esse teor. Como a hortaliça é consumida, em geral, após cozimento ou em conserva, e nessas formas perde 70% a 75% das características do produto fresco, a probabilidade de toxidez por acúmulo de nitrato entre adultos, de acordo com os autores, é bastante remota. *PHILLIPS (1968)*, *HATTA & OGATA (1969)* e *LEE et alii (1971)*, anteriormente, chegaram às mesmas conclusões.

BARADI & SHAFIE (1963) estudando a absorção de ^{32}P por algumas hortaliças, verificaram que a máxima absorção ocorreu durante o estágio inicial do crescimento para espinafre, recomendado como o melhor período para a aplicação de fertilizantes fosfatados, a 3a. semana após o plantio.

A variação da composição mineral de plantas hortícolas, cultivadas em locais diferentes, quanto ao solo e clima, foi estudada por *BEAR et alii (1948)*, que encontraram teores variando entre 0,27% a 0,52% de fósforo, com base na matéria seca, em folhas de espinafre. Valores aproximados a esses, foram obtidos por *GERALDSON et alii (1973)*, em estudo similar.

INDEN et alii (1958) em pesquisa sobre a necessidade de potássio por culturas diversas, verificaram que o desenvolvimento do espinafre foi severamente retardado pela deficiência do nutriente.

Segundo *BOTTRILL et alii (1970)*, deficiências de potássio, fósforo, manganês e cobre ocasionaram acentuado decréscimo na atividade fotossintética de folhas de espinafre. A falta de potássio, por outro lado, aumentou a intensidade de respiração das plantas.

Efeitos do magnésio associados ao teor de nutrientes e desenvolvimento do espinafre foram estudados por *HOHLT & MAYNARD (1966)*. Tecidos de folhas velhas forneceram uma avaliação bem precisa do conteúdo do elemento. Em concentrações de magnésio abaixo de 0,17% do peso de matéria seca, as folhas maduras evidenciaram clorose entre as nervuras e, com o progredir da deficiência, áreas necróticas foram aparecendo nas regiões amareladas. Um aumento na concentração do nutriente foi acompanhado pelo decréscimo no teor de potássio e cálcio. *MAJEWSKA (1969)* verificou também um acentuado antagonismo entre magnésio e potássio, magnésio e cálcio e ainda entre potássio e cálcio em seu trabalho sobre a aplicação de magnésio em espinafre e alface, cultivados em solos deficientes no elemento.

WITTWER (1946) constatou que os altos teores de ácido oxálico encontrados nas folhas de espinafre Nova Zelândia poderiam acarretar problemas na disponibilidade do cálcio contido nos tecidos da planta. Conclusão semelhante foi obtida por *FAIRBANKS & MITCHELL (1938)*, *SPEIRS (1939)* e *SCHMIDT (1947)* em estudos com espinafre e outras hortaliças sobre a utilização e disponibilidade do cálcio. A concentração de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e ácido oxálico, segundo Wittwer, oscilou nos diversos tratamentos sob níveis crescentes de nitrogênio (70, 140, 280 e 560 mg)^{*} na forma de acetato. Os níveis mais altos de nitrogênio afetaram positivamente a

* Dados recalculados

produção de matéria seca, ocasionando, porém, o decréscimo do teor do ácido (6,07%) e de fósforo (0,54%) na parte aérea das plantas. Ao contrário do nitrogênio, os níveis crescentes de cálcio elevaram a concentração desses dois compostos (8,19% de ácido oxálico e 1,15% de fósforo). O teor de magnésio não foi afetado pelos níveis de nitrogênio e de cálcio. Confirmando esses resultados para espinafre europeu, *EHRENDORFER (1961; 1964; 1966; 1967 e 1969)* observou ainda que a concentração de ácido oxálico na matéria seca foi influenciada negativamente por teores crescentes de fósforo e positivamente pelo potássio.

Estudos sobre o crescimento e absorção de nutrientes pelo espinafre, conduzidos por *ZINK (1965)*, mostraram que 60% da absorção dos nutrientes ocorreu nos 21 dias que antecederam a colheita, juntamente com a taxa máxima de desenvolvimento da cultura. A composição mineral média da parte aérea das plantas, na época da colheita foi a seguinte: nitrogênio 4,35%; fósforo 0,54%; potássio 6,87%; cálcio 0,95% e magnésio 0,98%, com base no peso do material seco.

Com referência ao enxofre, não se encontrou nenhuma citação na literatura.

BOAWN (1971) estudando a absorção e acúmulo de zinco por algumas hortaliças, cultivadas em solo tratado com níveis de 0 kg/ha a 890 kg/ha* de zinco, na forma de sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot H_2O$), observou que plantas de espinafre mostraram tendência para acumular zinco. Concentrações do nutriente entre 140 a 340 ppm, nas folhas maduras, foram obtidas pelos autores nos níveis mais baixo e mais alto; ocorrendo uma redução na taxa de desenvolvimento das plantas submetidas ao nível mais alto do elemento.

Folhas de espinafre Nova Zelândia analisadas para ferro, apresentaram em sua composição cerca de 3 mg do elemento por 100 g

* Dados recalculados

de material verde (*TASHIRO & INARI, 1964*). Teor semelhante foi encontrado por *SCHWIETZER (1963)* para espinafre europeu.

Trabalhando com hortaliças, entre as quais o espinafre, em casa de vegetação, *LIWSKI & PIECHNA (1963)* estudaram o efeito do cobre e do molibdênio no desenvolvimento desses vegetais. A aplicação de 127 mg/vaso de cobre, como sulfato, aumentou consideravelmente a produção de espinafre, mas decresceu a absorção de molibdênio, aplicado na dose de 12 mg/vaso, como molibdato. *MAC KAY et alii (1966)* obtiveram resultado semelhante com esses nutrientes, constatando ainda casos de toxidez associados à aplicação do nível mais alto do elemento (838 ppm de cobre e 271 ppm de molibdênio). Quanto ao antagonismo mútuo observado entre cobre e molibdênio, a toxidez de um deles pode ter sido atenuada pela aplicação do outro, ou então a deficiência de um pode ter sido agravada pelo excesso do outro. Durante o desenvolvimento até a colheita, a concentração média dos micronutrientes nas folhas de espinafre variou de 1,6 ppm a 64 ppm de cobre e de 0,3 ppm a 140 ppm de molibdênio.

Segundo *GERALDSON et alii (1973)* o teor médio dos micronutrientes, em ppm, encontrado em folhas de espinafre tem uma faixa de oscilação de: 220 a 245 para ferro; 40 a 60 para boro; 5 a 7 para cobre; 50 a 75 para zinco e 30 a 80 para manganês. Estes resultados estão de acôrdos com os de *PETERSON et alii (1945)* quanto ao zinco e manganês, mas são menores quanto ao ferro e cobre.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Em todos os experimentos, tanto em casa de vegetação como no campo, foram utilizadas mudas de espinafre Nova Zelândia (*Tetragonia expansa*, Murr.).

3.1. Experimento de casa de vegetação

Mudas com aproximadamente um mês de idade foram transplantadas para vasos de barro revestidos internamente com resina Epoxy* e externamente com tinta betuminosa Neutrol 45** e com dimensões apro

* Tintas Coral, S.A. - SP

** O. Baumgart Indústria e Comércio - SP

ximadas de 30 cm de altura por 28 cm de diâmetro. Cada vaso, contendo cerca de 8 kg de quartzo moído e lavado, recebeu duas mudas, uma das quais foi eliminada um mês depois.

Durante um mês após o transplante, as mudas foram irrigadas com solução nutritiva completa (*HOAGLAND & ARNON, 1950*), diluída a 1:4 e modificada quanto ao fornecimento do ferro, que se deu sob a forma de Fe-EDTA (*JACOBSON, 1951*). Após esse período, passou-se para diluição de 1:2 e em seguida, foi usada solução completa sem diluição.

O início do tratamento com as soluções nutritivas deficientes nos macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e em boro, ocorreu após quarenta e cinco dias do transplante.

O arranjo experimental foi inteiramente casualizado com 8 tratamentos (esquema a seguir) e quatro repetições, perfazendo o total de 32 parcelas. Cada parcela foi representada por um vaso contendo uma planta.

| <u>Tratamentos</u> | <u>Soluções nutritivas</u> |
|--------------------|--|
| Completo | macronutrientes + micronutrientes |
| Omissão de N | macronutrientes - nitrogênio + micronutrientes |
| Omissão de P | macronutrientes - fósforo + micronutrientes |
| Omissão de K | macronutrientes - potássio + micronutrientes |
| Omissão de Ca | macronutrientes - cálcio + micronutrientes |
| Omissão de Mg | macronutrientes - magnésio + micronutrientes |
| Omissão de S | macronutrientes - enxofre + micronutrientes |
| Omissão de B | macronutrientes + micronutrientes - boro |

Todas as soluções adotadas basearam-se nas de *HOAGLAND & ARNON (1950)* e nas de *SARRUGE (1970)*, sendo o fornecimento do ferro sob a forma de Fe-EDTA.

A irrigação dos vasos com as soluções nutritivas correspondentes, foi feita quatro a cinco vezes por dia, sendo verificado diariamente o nível de solução nos frascos coletores, completando-se o volume com água desmineralizada, para o tratamento "omissão de B" e com água destilada, para os demais tratamentos, quando necessário. A renovação das soluções nutritivas foi feita quinzenalmente.

Coleta das plantas

Cerca de quinze dias após o início do tratamento, começaram a aparecer sintomas de deficiência, os quais foram anotados e descritos com auxílio do Atlas de Cores de *VILLALOBOS-DOMINGUES & VILLALOBOS (1947)**, com respeito a caracterização das cores.

Com os sintomas de deficiência bem definidos, procedeu-se a coleta das plantas, seguindo-se as etapas:

- a. lavagem rápida das plantas com água destilada e a seguir com água desmineralizada.
- b. separação das plantas em: folhas superiores, folhas inferiores, caule e frutos.

Sendo as plantas de natureza rasteira e intensamente ramificadas, para distinguir folhas inferiores e folhas superiores, convencionou-se considerar folhas inferiores as correspondentes aos dois terços inferiores dos ramos, e folhas superiores as do terço superior dos ramos.

- c. secagem em estufa de circulação forçada de ar a 80°C, obtendo-se o peso do material seco das amostragens. O material seco foi moído em moinho semi-micro "Wiley", peneira de malha nº 20 e analisado para N, P, K, Ca, Mg, S e B.

* O sistema de classificação e notação baseia-se no seguinte: a) a letra ou letras indicam a cor e o seu matiz; b) o número ou números dão o valor da luminosidade; c) o grau expressa a tonalidade do matiz.

3.2. Experimento de campo

O experimento foi instalado em solo com mais de vinte anos de cultivo, principalmente com hortaliças, cujas características químicas determinadas segundo *CATANI & JACINTHO (1974)*, encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1 - Características químicas do solo utilizado no ensaio.

| pH | matéria orgânica | PO ₄ ³⁻ solúvel | K ⁺ Ca ²⁺ Mg ²⁺ H ⁺ Al ³⁺ | | | | |
|-----|------------------|--|--|------|------|------|------|
| | | | trocaível | | | | |
| % | | e. mg/100 g de solo | | | | | |
| 5,5 | 1,20 | 0,18 | 0,30 | 3,97 | 1,63 | 4,86 | 0,21 |

Segundo o Quadro 1, os dados obtidos da análise química de solo, interpretados de acordo com *CATANI & JACINTHO (1974)*, mostram valor de pH igual a 5,5, indicando acidez média do solo; baixos teores de matéria orgânica e alumínio trocaível; teores médios de fósforo solúvel, potássio, cálcio e hidrogênio trocaíveis; e alto teor de magnésio trocaível.

Após o preparo conveniente do canteiro procedeu-se a uma prévia adubação, com esterco de gado na base de 8 kg por metro quadrado, 30 g de superfosfato triplo (45% P₂O₅) e 10 g de cloreto de potássio (60% K₂O) por metro quadrado. O nitrogênio, na forma de salitre do Chile (16% N), foi aplicado em cobertura, na base de 8 g por metro quadrado, aos 15 dias, 30 dias e 45 dias após o transplante, em partes iguais (*Bernardi, 1970*, citado por *SILVEIRA et alii (1971)*).

Oito dias depois da adubação, foram transplantadas as mu-

das, com aproximadamente um mês de idade, no espaçamento de 0,90 m x 0,50 m, segundo recomendações de *FILGUEIRA* (1972).

Coleta do experimento

As plantas foram coletadas sempre ao acaso, em número nunca inferior a quatro, ocorrendo a primeira amostragem por ocasião do transplante e as demais a intervalos regulares, em função do desenvolvimento das plantas. Dados relativos ao número, data e época das amostragens, ao número de plantas colhidas em cada amostragem e seu estágio de desenvolvimento foram agrupados no Quadro 2.

Quadro 2 - Idade, estágio de desenvolvimento, número de plantas colhidas e data das amostragens.

| Idade (dias após a germinação) | Estádio de desenvolvimento | Número de plantas colhidas por amostragem | Data das amostragens |
|--------------------------------|----------------------------|---|----------------------|
| 30 | Transplante | 126 | 18.08.73 |
| 45 | - | 38 | 02.09.73 |
| 60 | Início de floração | 9 | 17.09.73 |
| 75 | Floração | 5 | 02.10.73 |
| 90 | Frutificação | 4 | 17.10.73 |
| 105 | - | 4 | 01.11.73 |
| 120 | - | 4 | 16.11.73 |

Após a coleta, as plantas foram submetidas à lavagem rápida com solução de detergente* a, aproximadamente, 0,1%, depois com água destilada e por fim com água desmineralizada; separadas em folhas, caules e frutos; pesadas separadamente e finalmente submeti-

* Alconox, fabricação de Alconox Inc. N.York, USA

das a secagem, no mesmo critério descrito em 3.1.c.

3.3. Análises químicas

As determinações dos macronutrientes e dos micronutrientes, tanto nos ensaios de casa de vegetação como do campo, foram feitas de acordo com os métodos descritos em *SARRUGE & HAAG (1974)*.

Nas amostras provenientes dos tratamentos "completo" e deficientes apenas os nutrientes em estudo foram analisados. Nas do ensaio no campo, foram analisados todos os nutrientes.

3.4. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram feitas segundo *PIMENTEL GOMES (1973)*.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento de casa de vegetação

4.1.1. Sintomatologia das deficiências

O baixo nível de um ou mais nutrientes nos tecidos vegetais pode provocar interrupção ou desorganização de processos metabólicos normais, ocasionando alterações morfológicas nas plantas. Essas alterações são evidenciadas através de diferentes maneiras, como desenvolvimento vegetativo reduzido, descolorações e modificações na conformação, tamanho e coloração das folhas, anormalidade

nas gemas, entre outras.

Do ponto de vista prático, os sintomas de deficiências minerais constituem um meio que possibilita, muitas vezes, a avaliação do estado nutricional de uma cultura. Através deles pode-se verificar a falta relativa de nutrientes no solo, o que dá indicações para a adubação (HAAG *et alii*, 1969).

- Tratamento completo

As plantas cultivadas em presença de todos os nutrientes tiveram desenvolvimento normal, com boa conformação de folhas e caules, e intensa ramificação. Folhas inferiores e as da porção mediana do caule mostraram coloração verde brilhante (G-4-9⁰), e as folhas mais novas cor verde, levemente mais clara que as demais (GGL-8-10⁰). Botões florais surgiram 35 dias após o transplante. Frutificação normal.

- Tratamento com omissão de nitrogênio

Plantas cultivadas em solução nutritiva deficiente em nitrogênio apresentaram os primeiros sintomas, onze dias após o início dos tratamentos. Observou-se inicialmente redução no tamanho das folhas e do diâmetro do caule. Plantas mostravam-se com aspecto raquítico, devido a redução no desenvolvimento. As folhas mais velhas mostravam-se de cor verde amarelada (LG-8-9⁰), principalmente entre as nervuras e no ápice. Nervuras permaneceram verdes, só se tornando amareladas no final. Folhas novas recurvavam-se para baixo, exibindo leve clorose (GGL-9-11⁰).

Com o progredir da deficiência, as folhas mais velhas tornaram-se totalmente amareladas (OY-13-10⁰), murchas, algumas despreendendo-se da planta. Folhas da porção mediana do caule e as mais novas exibiram coloração verde bem pálido (L-10-10⁰). Floração redu-

zida, ocorrendo queda das flores.

No geral, estes sintomas concordam com os descritos por *JONES (1966) e GAUCH (1972)* para culturas diversas.

- Tratamento com omissão de fósforo

Plantas evidenciaram crescimento reduzido após 28 dias de tratamento com solução nutritiva sem fósforo. Folhas pequenas, exibiram coloração verde bem escuro e brilhante (GE-3-7⁰), com nervuras tendendo para uma tonalidade púrpura, principalmente na página abaxial das folhas. Produção de flores e frutos também reduzida. Os sintomas de deficiência do nutriente observados por *BINGHAM (1966) e GAUCH (1972)* em diferentes espécies, entre as quais alface, milho e citrus, concordam, em muitos aspectos, com os obtidos no presente ensaio.

- Tratamento com omissão de potássio

O atraso no desenvolvimento e o aspecto amarelado da porção inferior das plantas foram os primeiros sintomas observados após 17 dias da omissão.

As folhas superiores que no início eram verde escuras (G-4-11⁰), apresentavam manchas cloróticas (LLG-5-10⁰) espalhadas pelo limbo, que tinha aspecto ondulado, com margens necrosadas e recurvadas. Folhas medianas e inferiores permaneciam levemente cloróticas (GGL-11-10⁰) com margens também tendendo a se curvar. Caules amarelados (LLY-8-10⁰) com muitas ramificações finas, de cor verde clara (LG-7-10⁰).

Com a intensificação da deficiência, manchas necróticas apareceram nas margens e ápices de todas as folhas. Essas manchas aumentaram de tamanho em direção ao centro da folha, coalescendo e se tornando uma só, grande, ocupando quase toda a lâmina das folhas,

que se tornaram bronzeadas (OY-2-8⁰). Botões florais de tamanho reduzido, tendendo a secar. *HEWITT (1963) e FERNANDES et alii (1972)* relataram a mesma sintomatologia no aparecimento de sintomas de deficiência de potássio em folhas novas de plantas de tomate e de pimentão respectivamente.

- Tratamento com omissão de cálcio

Onze dias após o início do tratamento sem cálcio, apareceram os primeiros sintomas de carência. Folhas novas mostravam-se reduzidas em tamanho, levemente amareladas (LG-7-12⁰), principalmente as mais próximas das extremidades. Fôlhas mais velhas bem cloróticas (LLY-9-11⁰), começavam a se desprender. Esse amarelecimento das folhas inferiores, poderia ser atribuído à deficiência de nitrogênio, pois segundo *NIGHTINGALE et alii (1931) e SKOK (1941)* plantas carentes em cálcio tem problemas na utilização do nitrato. Resultado semelhante foi encontrado por *COSTA et alii (1972)* em quibeiro e por *FERNANDES et alii (1972)* em plantas de pimentão.

Gemas terminais apresentavam-se em processo de secamento. Alguns ramos com as extremidades já secas, de cor cinza pardo (LLG-6-7⁰). Folhinhas em redor das gemas terminais mostravam-se esbranquiçadas com pecíolos cinza-escuros (LLG-15-1⁰).

Em estágio agudo da deficiência, ocorreu a paralização do desenvolvimento das gemas terminais e queda de flores. Folhas novas, médias e inferiores exibiram áreas necróticas na lâmina. Em grande parte, esses sintomas se assemelham aos descritos por *CHAPMAN (1966)* para citrus e outras culturas, e por *GAUCH (1972)* para fumo e milho.

- Tratamento com omissão de magnésio

Os sintomas observados assemelham-se, no geral, aos descritos por *BEAUMONT et alii (1935) e JACOB (1958)* para espinafre europeu.

Um amarelecimento (LLY-8-10⁰) nas áreas entre as nervuras das folhas mais velhas, que se mostravam eretas e reduzidas em tamanho, foram os primeiros sintomas observados nas plantas cultivadas sob a omissão do elemento, após cerca de 25 dias dessa omissão.

Com o progredir da deficiência, todas as folhas tornaram-se cloróticas (LG-10-11⁰), aparecendo necrose nas áreas internervais. Folhas enrolavam-se e desprendiam-se. O desenvolvimento das plantas reduziu muito, assim como a formação de frutos. *SUGAWARA (1965)* e *EMBLETON (1966)* descrevem sintomas semelhantes para outras espécies cultivadas.

- Tratamento com omissão de enxofre

Após 27 dias da omissão de enxofre da solução nutritiva, as plantas nela cultivadas evidenciaram uma clorose generalizada, ligeiramente mais forte (LG-10-11⁰) nas folhas medianas e mais velhas.

Em estágio avançado da carência, as folhas novas ficaram uniformemente cloróticas (LG-8-10⁰) e de tamanho pequeno. As mais velhas também amareleceram por completo (LLY-12-11⁰), desprendendo-se da planta. Toda as folhas recurvaram-se para baixo.

Esse amarelecimento das folhas inferiores pode ser devido a translocação de parte do enxofre. Mobilidade intermediária do elemento foi constatada em plantas de feijão por *BIDDULPH et alii (1956)* e *BUKOVAC & WITWER (1957)* e em cana-de-açúcar por *HUMBERT & MARTIN (1955)* e *HAAG (1965)*. Em tomateiro, *NIGHTINGALE et alii (1932)* citam como sintomas de deficiência uma clorose de folhas velhas e depois das novas.

- Tratamento com omissão de boro

As plantas cultivadas na solução nutritiva em que foi omit

do o boro, mostraram os primeiros sintomas depois de onze dias do início do tratamento, através de um leve secamento das gemas terminais, que tomaram coloração cinza-escura (YYO-5-2⁰). As folhinhas mais novas nas extremidades dos ramos apresentavam-se com encurvamento acentuado, do ápice para a base, e essas extremidades tinham coloração pardo-cinza (YYL-5-3⁰). Folhas novas tornaram-se coriáceas, levemente cloróticas (GGL-8-10⁰), com margens bastante recurvadas para baixo, e tamanho bem menor que as demais. As folhas médias e inferiores apresentavam-se de cor verde-clara (LG-6-10⁰) com tendência a recurvar-se para baixo. Em estágio severo de carência, as plantas pararam o desenvolvimento, as folhas médias e inferiores tornaram-se bastante coriáceas, recurvadas e cloróticas.

Extremidades dos ramos tornaram-se escuras, com as gemas apicais mortas e as folhinhas totalmente necrosadas. Esses sintomas se assemelham aos obtidos por *PURVIS & HANNA (1940)* em espinafre. Também estão de acordo com os descritos por *BRADFORD (1966)* e *GAUCH (1972)* para culturas diversas, entre as quais certas plantas hortícolas.

4.1.2. Crescimento

O efeito dos tratamentos no crescimento das plantas foi medido pelo peso do material seco no final do ensaio (Quadro 3).

A análise da variância da produção de matéria seca dos órgãos em função dos tratamentos mostrou que o efeito da interação tratamentos x partes da planta foi significativo ao nível de 1% de probabilidade. A decomposição dos graus de liberdade dessa interação tornou evidente que o efeito dos tratamentos dentro de qualquer dos órgãos foi igualmente significativo. Contrastes entre as médias foram feitas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 3 - Peso da matéria seca (g) total e dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos (Média de 4 plantas).

| Tratamentos | Folhas superiores | Folhas inferiores | Caule | Frutos | Total |
|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Completo | 10,50 ^{a*} | 9,50 ^a | 13,78 ^a | 13,10 ^a | 46,88 ^a |
| Omissão N | 4,65 ^d | 3,92 ^c | 7,68 ^b | 11,25 ^{ab} | 27,50 ^d |
| Omissão P | 10,20 ^a | 7,75 ^{ab} | 8,92 ^b | 10,68 ^{ab} | 37,55 ^{bc} |
| Omissão K | 5,80 ^{cd} | 7,10 ^{ab} | 8,25 ^b | 11,42 ^{ab} | 32,57 ^{cd} |
| Omissão Ca | 9,25 ^{ab} | 5,45 ^{bc} | 8,25 ^b | 7,68 ^{bc} | 30,38 ^d |
| Omissão Mg | 10,10 ^a | 6,50 ^b | 13,72 ^a | 9,25 ^{bc} | 39,57 ^b |
| Omissão S | 8,02 ^{ab} | 7,10 ^{ab} | 13,10 ^a | 11,72 ^{ab} | 39,94 ^b |
| Omissão B | 7,38 ^{bc} | 9,10 ^a | 8,12 ^b | 6,01 ^c | 30,56 ^d |
| F | = 13,60** | | | | |
| C.V. | = 11% | | | | O.M.S. 5% (Tukey) |
| O.M.S. 5% (Tukey) | = 2,54 | | | | = 6,16 |

* Letras não comuns entre as médias expressam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade

A omissão de nitrogênio da solução nutritiva causou diminuição significativa no desenvolvimento foliar e do caule, sendo responsável pelas plantas de menor peso.

Estudando o efeito da carência de nutrientes sobre o crescimento do espinafre, *MAYNARD (1970)* verificou que o tratamento sem nitrogênio deprimiu acentuadamente a produção de matéria seca das plantas do cultivar de outono, enquanto que no de primavera, além do nitrogênio, a falta de potássio também contribuiu para a redução.

Pelos dados do Quadro 3 observa-se que a omissão de fósforo ou de magnésio da solução nutritiva não afetou o desenvolvimento das folhas superiores. Esses tratamentos diferiram estatisticamente dos demais, mas não do "completo", nem entre si.

A redução da produção de matéria seca com a omissão de potássio ou de boro foi mais acentuada nas folhas superiores do que nas inferiores, indicando o teste de Tukey uma diferença significativa ao nível de 5% em relação ao tratamento "completo". Esses nutrientes concentraram-se em maior teor nas folhas inferiores das plantas deficientes (4.1.3.), ocorrendo, conseqüentemente, os sintomas iniciais da carência nas folhas novas, conforme descrição em 4.1.1..

Constata-se também pelo Quadro 3 que a omissão de cálcio ou de magnésio da solução nutritiva influenciou negativamente o desenvolvimento das folhas inferiores, com a redução do peso de matéria seca, ocorrendo diferença significativa ao nível de 5%, em comparação com o tratamento "completo". Quanto ao magnésio, esta redução está em concordância com o aparecimento de sintomas de deficiência inicialmente nas folhas velhas (4.1.1.). Com respeito ao cálcio, este fato pode estar ligado a uma possível deficiência de nitrogênio, conforme mencionado em 4.1.1., já que o elemento mostrou-se com pouca mobilidade (4.1.3.) aparecendo os sintomas de deficiência, inicialmente, nas folhas novas. O peso do material seco do caule e dos frutos foi também afetado significativamente pela omissão desse nutriente, ao nível de 5%, em relação ao "completo".

Os tratamentos deficientes em magnésio ou enxofre não acusaram diferença significativa quanto à produção de matéria seca do caule, em relação ao "completo". Os demais tratamentos diferiram estatisticamente deste ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao peso total do material seco, todos os tratamentos de deficiência foram inferiores ao "completo" acusando uma

diferença significativa ao nível de 5%, em relação a este. O nitrogênio, o cálcio e o boro podem ser considerados como os nutrientes limitantes da produção de matéria seca, seguidos pelo potássio. Fósforo, magnésio e enxofre foram os que menos afetaram essa produção.

A omissão dos nutrientes da solução nutritiva afetou o desenvolvimento das plantas através da redução da produção de matéria seca, na seguinte ordem decrescente: $N > Ca > B > K > P > Mg > S$.

4.1.3. Concentração dos nutrientes

Através das análises químicas do material seco das diversas amostras foi possível se estabelecer os teores médios de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e boro nos diferentes órgãos da planta, em função dos tratamentos.

A influência dos tratamentos sobre o teor de nutrientes nesses órgãos foi analisada estatisticamente através dos testes F e de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados mostraram que omitindo-se um nutriente ocorre uma diminuição do teor do mesmo nos órgãos estudados, quando comparados com o tratamento completo.

Os teores percentuais e em ppm relatados, são sempre expressos em função da matéria seca.

- Nitrogênio

De acordo com os dados do Quadro 4, este nutriente apresentou maior concentração nas folhas superiores, tanto nas plantas deficientes como nas sadias, indicando sua grande mobilidade. Na literatura *BURRIS (1959)*, *JONES (1966)*, *BEEVERS & HAGEMAM (1969)*, *EPSTEIN (1972)*, *GAUCH (1972)*, entre outros, referem-se à fácil translocação do nutriente para as partes em crescimento do vegetal.

Quadro 4 - Teor percentual de nitrogênio contido na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos. (Média de 4 plantas).

| Tratamentos | Folhas superiores | Folhas inferiores | Caule | Fruto |
|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Completo | 5,65 ^{a*} | 3,30 ^a | 1,72 ^a | 2,71 ^a |
| Omissão N | 1,78 ^c | 1,35 ^b | 0,70 ^b | 1,38 ^c |
| Omissão P | 4,21 ^{ab} | 2,93 ^a | 1,72 ^a | 2,51 ^{ab} |
| Omissão K | 5,46 ^a | 3,59 ^a | 2,06 ^a | 3,07 ^a |
| Omissão Ca | 4,00 ^{ab} | 2,98 ^a | 1,95 ^a | 2,58 ^{ab} |
| Omissão Mg | 4,63 ^{ab} | 3,04 ^a | 1,49 ^a | 2,61 ^{ab} |
| Omissão S | 4,31 ^{ab} | 2,72 ^a | 1,58 ^a | 2,38 ^{ab} |
| Omissão B | 3,31 ^{bc} | 2,45 ^{ab} | 1,92 ^a | 2,17 ^{bc} |
| F | = 7,27** | 5,87** | 7,20** | 7,00** |
| C.V. | = 21% | 19% | 18% | 15% |
| D.M.S. 5% (Tukey) | = 2,13 | 1,30 | 0,74 | 0,88 |

* Letras não comuns entre as médias, expressam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

MAYNARD (1970), encontrou teores médios de 4,3% e 3,0% de nitrogênio, respectivamente, para folhas novas e maduras de espinafre europeu, cultivar de outono e de 5,4% e 3,4% para variedade de primavera, cultivadas em solução nutritiva completa. Comparando-se estes valores com os do Quadro 4, observa-se uma correspondência de dados, quanto ao cultivar de primavera. Em relação ao de outono, os teores obtidos no presente trabalho são superiores.

ZINK (1965), constatou valores de nitrogênio total de 3,84%

a 4,74%, nas folhas de espinafre, cultivar de primavera, também em solução nutritiva. No presente trabalho, o valor médio para as folhas (4,5%) está dentro da faixa obtida por *ZINK (1965)*.

Segundo *WOLF & ICHISAKA (1947)*, teores de nitrogênio total iguais ou acima de 5%, encontrados nas folhas de espinafre, por ocasião da colheita, estão associados com boas produções. Considerando-se possíveis variações, devidas às diferenças entre espécies, método usado e ainda às condições culturais, os dados presentemente obtidos concordam com os dos autores.

Concentrações médias de nitrogênio entre 4% e 6%, encontradas por *GERALDSON et alii (1973)* em folhas de espinafre, são mais altas que os teores percentuais das folhas, obtidos neste trabalho.

Observa-se pelos resultados do Quadro 4, que houve uma diferença significativa ao nível de 5% na concentração do nitrogênio das folhas novas, folhas maduras, caule e frutos no tratamento em que foi omitido esse nutriente, em relação ao completo.

A omissão de potássio da solução nutritiva não interferiu no teor de nitrogênio das folhas superiores, inferiores, caule e frutos, não sendo diferente do tratamento "completo".

CIBES & SAMUELS (1955) e *HAAG (1958)* observaram que a omissão de potássio elevou o teor de nitrogênio em folhas de café. *HAAG (1965)*, trabalhando com cana de açúcar obteve resultado semelhante. Segundo os trabalhos de *EATON (1952)* e *RICHARDS & BERNER (1954)*, em concordância com os de *WALL (1939)*, plantas desenvolvidas sob deficiência de potássio apresentam teor elevado de ácidos aminados livres em seus tecidos. Em conclusão similar, *FORSHEY et alii (1970)*, trabalhando com plantas frutíferas, salientaram o papel regulador do potássio no metabolismo do nitrogênio.

MACHICADO & BOYTON (1961), encontraram alta concentração de

nitrogênio total em folhas de cacau cultivado em soluções nutritivas deficientes em potássio ou magnésio. O teor de nitrogênio nas folhas dessas plantas foi superior ao encontrado nas de plantas do tratamento completo.

Trabalhando com espinafre, *MAYNARD (1970)*, observou que a concentração de nitrogênio nas folhas novas e maduras foi aumentada de modo acentuado pelas deficiências de potássio ou de magnésio.

Os tratamentos deficientes em fósforo, cálcio, magnésio e enxofre ocasionaram uma ligeira redução, embora não significativa, na concentração de nitrogênio das folhas novas e fruto. Nas folhas inferiores e no caule a omissão desses nutrientes não afetou o teor de nitrogênio.

EATON (1949), observou que a deficiência de fósforo em plantas de soja elevou a concentração de nitrogênio, sugerindo que a falta do nutriente poderia ter ocasionado proteólise nas folhas inferiores, com interrupção da síntese de proteínas, dando como consequência o acúmulo do nitrogênio total, solúvel e amidas. Acúmulo de nitrogênio total em folhas de plantas deficientes em fósforo, foi também observado por *COBRA NETTO et alii (1971)*, em feijoeiro.

Segundo *GILBERT (1951)*, plantas deficientes em enxofre apresentam, em geral alta concentração de nitrogênio em seus tecidos. Trabalhando com fumo, *NEAS (1953)*, observou teor elevado de nitrogênio nas plantas cultivadas sob omissão de enxofre. No resultado do presente trabalho, o teor de nitrogênio das plantas deficientes em enxofre não diferiu do das provenientes do tratamento completo.

A omissão de boro da solução nutritiva afetou apenas a concentração do nitrogênio das folhas superiores e dos frutos, acusando o teste de Tukey uma diferença significativa ao nível de 5%, em relação ao tratamento "completo".

- Fosforo

BROYER & STOUT (1959), *HEWITT (1963)*, *NASON & McELROY (1963)* e *GAUCH (1972)*, entre outros pesquisadores, tem mencionado a translocação sofrida pelo fósforo nas plantas. Pelos resultados do Quadro 5 observa-se a maior concentração nutriente nas folhas superiores e depois nos frutos, indicando a mobilidade do fósforo.

BEAR et alii (1948), encontraram teores médios variando entre 0,27% e 0,52% para folhas de espinafre. Em comparação com o valor médio obtido para as folhas de plantas não deficientes no presente trabalho (0,51%) verifica-se uma correspondência de dados.

ZINK (1965), encontrou para folhas de espinafre, cultivado em condições de campo, concentrações de fósforo (0,43% a 0,63%) concordantes com o teor médio para folhas presentemente obtido.

Os teores relatados por *GERALDSON et alii (1973)* como adequados para folhas novas e maduras de espinafre (0,58% e 0,30%), são inferiores aos do presente experimento para plantas tratadas com fósforo.

Teores de fósforo concordantes com os do presente ensaio foram obtidos por *THOMAZ (1974)**, em folhas novas e maduras de plantas sadias (0,65% e 0,29%) e deficientes (0,12% e 0,05%) de espinafre Nova Zelândia, cultivado em solução nutritiva.

Trabalhando com dois cultivares de espinafre (primavera e outono), *MAYNARD (1970)* encontrou teores médios de fósforo para folhas novas (0,94%) e folhas maduras (0,64%), superiores aos obtidos no presente ensaio. Provavelmente os cultivares com que o autor trabalhou são mais exigentes em fósforo do que a espécie em estudo.

Pelo exame do Quadro 5 observa-se que somente o tratamento "omissão de P" afetou a concentração do fósforo nas folhas e caules

* Dados não publicados. Departamento de Química-ESALQ. 1974

quando contrastado com o "completo", apresentando uma diferença significativa ao nível de 5% em relação àquele.

Quadro 5 - Teor percentual de fósforo contido na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos. (Média de 4 plantas)

| Tratamentos | Folhas superiores | Folhas inferiores | Caule | Fruto |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------|
| Completo | 0,68 ^{a*} | 0,34 ^{ab} | 0,29 ^b | 0,47 |
| Omissão N | 0,53 ^a | 0,29 ^b | 0,29 ^b | 0,31 |
| Omissão P | 0,15 ^b | 0,09 ^c | 0,07 ^c | 0,21 |
| Omissão K | 0,62 ^a | 0,46 ^a | 0,36 ^a | 0,37 |
| Omissão Ca | 0,59 ^a | 0,44 ^a | 0,31 ^{ab} | 0,41 |
| Omissão Mg | 0,44 ^a | 0,27 ^b | 0,30 ^{ab} | 0,36 |
| Omissão S | 0,46 ^a | 0,24 ^b | 0,26 ^b | 0,37 |
| Omissão B | 0,55 ^a | 0,34 ^{ab} | 0,30 ^{ab} | 0,34 |
| F | = 8,23** | 13,50** | 30,00** | 2,30N.S. |
| C.V. | = 22% | 20% | 11% | 28% |
| D.M.S. 5% (Tukey) | = 0,27 | 0,15 | 0,07 | |

* Letras não comuns entre as médias expressam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Os demais tratamentos não deferiram do "completo", nem entre si, com relação ao teor de fósforo das folhas superiores.

TUCKER & SMITH (1952), trabalhando com trevo, estabeleceram uma correlação positiva entre o teor de fósforo e de magnésio, indicando a ação benéfica do magnésio adicionado ao substrato sobre a

absorção de fósforo pelas plantas. Conclusão semelhante foi obtida com ervilha, por *TRUOG et alii* (1947), que observaram aumento do teor de fósforo em resposta a níveis crescentes de magnésio. Os dados obtidos para folhas inferiores apresentam-se concordantes com os dos autores.

MAYNARD (1970), trabalhando com espinafre europeu encontrou alta concentração de fósforo em folhas de plantas cultivadas sob omissão de nitrogênio. Resultado semelhante foi obtido por *HAAG* (1965), com cana-de-açúcar e *COBRA NETTO* (1971), com feijoeiro. Os dados obtidos para folhas novas são concordantes com os dos autores mencionados.

O teor de fósforo encontrado nas folhas inferiores e no caule de plantas deficientes em nitrogênio, magnésio e enxofre acusou uma diferença significativa ao nível de 5% em relação ao das plantas sadias.

Nas folhas inferiores das plantas cultivadas em solução nutritiva deficiente em potássio ou em cálcio, os teores de fósforo foram mais elevados do que nas de plantas do tratamento "completo", embora não havendo diferença significativa. Resultados idênticos foram encontrados por *MAYNARD* (1970), com duas variedades de espinafre, e em cana-de-açúcar por *HAAG* (1965).

No caule, além dos tratamentos deficientes em potássio ou em cálcio, os sem magnésio ou sem boro também mostraram teor de fósforo mais elevado, em relação ao "completo", não ocorrendo diferença estatística.

Quanto ao teor de fósforo nos frutos, não foi detectada diferença significativa entre os tratamentos.

- Potássio

Pelos dados do Quadro 6 observa-se que nas plantas sob omis

são do nutriente, a maior concentração ocorreu nos frutos, indicando sua translocação para as regiões em crescimento. Referências numerosas sobre esse processo, são encontradas na literatura (HEWITT, 1951; 1963; BUKOVAC & WITTWER, 1957; ULRICH & OHKI, 1966; entre outras). Entretanto, a translocação do elemento das folhas inferiores para as mais novas, em caso de deficiência, parece ser de magnitude pequena, conforme se pode observar pelo teor mais elevado do nutriente nas folhas inferiores. Como descrito na parte referente à sintomatologia, plantas sob carência de potássio evidenciaram sintomas inicialmente nas folhas novas, indicando a pouca translocação ocorrida. HEWITT (1963) e FERNANDES *et alii* (1972), observaram fato semelhante em tomateiro e pimentão, respectivamente.

Quadro 6 - Teor percentual de potássio contido na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos. (Média de 4 plantas)

| Tratamentos | Folhas superiores | Folhas inferiores | Caule | Fruto |
|----------------------|----------------------|--------------------|---------------------|-----------|
| Completo | 6,03 ^{a*} | 4,90 ^a | 4,74 ^a | 3,83 |
| Omissão N | 3,44 ^{ab} | 3,93 ^a | 3,14 ^b | 2,45 |
| Omissão P | 4,65 ^a | 4,90 ^a | 4,24 ^{ab} | 2,83 |
| Omissão K | 0,85 ^b | 1,32 ^b | 1,60 ^c | 1,63 |
| Omissão Ca | 3,58 ^{ab} | 3,58 ^a | 3,03 ^b | 2,14 |
| Omissão Mg | 3,19 ^{ab} | 3,25 ^a | 2,97 ^b | 2,00 |
| Omissão S | 3,55 ^{ab} | 4,68 ^a | 3,93 ^{ab} | 2,86 |
| Omissão B | 3,71 ^{ab} | 3,74 ^a | 3,16 ^b | 2,31 |
| F | = 3,78 ^{**} | 8,76 ^{**} | 10,82 ^{**} | 2,30 N.S. |
| C.V. | = 21% | 20% | 17% | 33% |
| D.M.S. 5% (Tukey) | = 3,49 | 1,86 | 1,36 | |

* Letras não comuns entre as médias, expressam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade

A comparação entre os teores de potássio obtidos para as folhas superiores e inferiores, nos diferentes tratamentos, apresentados no Quadro 6 revela que os tratamentos, com exceção do "omissão de K", não diferiram do "completo".

Quanto ao caule, apenas os tratamentos "omissão de P" e "omissão de S" não acusaram diferença, em relação ao "completo".

Teor elevado de potássio em folhas de plantas deficientes em fósforo foi também constatado por *CIBES & SAMUELS (1957)* em fumo e por *COBRA NETTO (1971)*, em feijoeiro.

Trabalhando com espinafre *MAYNARD (1970)* observou que a omissão de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio da solução nutritiva favoreceu o acúmulo de potássio nas folhas velhas do cultivar de outono. Nas folhas novas apenas o tratamento sem nitrogênio foi superior ao "completo", quanto ao teor de potássio. No cultivar de primavera, a concentração de potássio das folhas novas foi afetada de modo negativo pela omissão de nitrogênio. Esse resultado tem certa concordância com o obtido presentemente, uma vez que a ausência de nitrogênio provocou uma pequena redução, embora não significativa, no teor de potássio das folhas novas.

CIBES & SAMUELS (1957), observaram também uma diminuição na concentração de potássio das folhas de fumo, quando foi omitido o nitrogênio.

A omissão de potássio, como era de se esperar, ocasionou a menor concentração do elemento nos diversos órgãos da planta, em relação aos outros tratamentos.

Segundo *ULRICH & OHKI (1966)*, níveis de potássio nas folhas de plantas com requerimento normal do elemento, estão entre 0,70% a 1,50% do peso do material seco. Para plantas muito exigentes em potássio, esse nível poderá ser igual ou superior a 5%.

ZINK (1965), encontrou para folhas de espinafre, teores variando entre 5,25% a 7,95% e MAYNARD (1970), para plantas sem deficiência 7,01% e com deficiência 3,02%. Os dados médios obtidos no presente estudo (5,46% e 1,01%) são inferiores aos dos autores mencionados. Possivelmente, o espinafre Nova Zelândia requer menor teor de potássio para seu desenvolvimento do que a espécie estudada pelos autores, embora possa ser considerado também exigente no nutriente, com base nos dados de ULRICH & OHKI (1966) para plantas com alta exigência em potássio.

O teste estatístico não acusou diferença significativa entre os tratamentos quanto ao teor de potássio dos frutos.

- Cálcio

Foram obtidos dados relativos à concentração de cálcio no material seco dos diversos órgãos (Quadro 7).

Examinando-se os dados, observa-se que o cálcio mostrou-se pouco móvel nas plantas, concentrando-se em maior teor nas folhas inferiores e caules. Na literatura muitas citações sobre a pequena mobilidade do elemento são encontradas. SKINNER & PURVIS (1949), CHAPMAN (1966), GAUCH (1972) e EPSTEIN (1972) tem apresentado referências sobre o assunto. Trabalhando com tomate, BRENNAN & SHIVE (1948), constataram teores mais altos de cálcio total e solúvel em folhas inferiores do que nas superiores.

Em relação ao tratamento "completo", a concentração de cálcio nas folhas foi menor onde se omitiu o cálcio, nitrogênio e magnésio da solução nutritiva. Resultado concordante foi encontrado por MAYNARD (1970), para espinafre.

O tratamento "completo" não diferiu dos "omissão de K", "omissão de S" e "omissão de B" quanto ao teor de cálcio das folhas. Já a ausência de fósforo da solução nutritiva ocasionou uma pequena redução, embora não significativa, no teor de cálcio das folhas su-

periores. Nas inferiores e no caule, a omissão do fósforo não afetou esse teor. Vale salientar que no caule essa omissão ocasionou o maior teor de cálcio. Os outros tratamentos incluindo o "completo", acusaram uma diferença significativa ao nível de 5%, em relação ao teor de cálcio no "omissão de P".

Quadro 7 - Teor percentual de cálcio contido na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos (Média de 4 plantas).

| Tratamentos | Folhas superiores | Folhas inferiores | Caule | Fruto |
|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Completo | 2,68 ^{a*} | 3,81 ^a | 4,10 ^{bc} | 1,11 ^a |
| Omissão N | 1,09 ^{bc} | 2,43 ^{ab} | 2,09 ^{bc} | 0,62 ^{ab} |
| Omissão P | 1,98 ^{abc} | 3,74 ^a | 7,07 ^a | 0,93 ^{ab} |
| Omissão K | 2,66 ^a | 3,96 ^a | 4,46 ^b | 1,00 ^{ab} |
| Omissão Ca | 0,84 ^c | 1,24 ^b | 1,84 ^c | 0,55 ^b |
| Omissão Mg | 1,36 ^{bc} | 2,49 ^{ab} | 3,30 ^{bc} | 0,72 ^{ab} |
| Omissão S | 3,10 ^a | 3,44 ^a | 3,71 ^{bc} | 0,97 ^{ab} |
| Omissão B | 2,54 ^{ab} | 3,42 ^a | 3,67 ^{bc} | 0,68 ^{ab} |
| F | = 10,37** | 5,29** | 9,15** | 2,91** |
| C.V. | = 25% | 28% | 28% | 28% |
| D.M.S. 5% (Tukey) | = 1,17 | 2,06 | 2,49 | 0,55 |

* Letras não comuns entre as médias expressam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

CIBES & SAMUELS (1957) observaram teores de cálcio bem elevados em plantas de fumo desenvolvidas na ausência de fósforo e enxofre.

Segundo *HOAGLAND (1948)*, a diminuição na absorção de um cation será compensada pela absorção de outro, de maneira que o total de bases permanecerá constante, conduzindo portanto a um equilíbrio de bases no interior da planta. Estudando aspectos dos mecanismos de absorção do cálcio e potássio, *OVERSTREET et alii (1952)* confirmam essa teoria, afirmando que a falta de um desses cations resulta na maior absorção do outro.

REEVE & SHIVE (1944), pesquisando a influência de níveis crescentes de potássio sobre a relação cálcio-boro de plantas de tomate, verificaram que a uma certa concentração de cálcio e boro, dentro de limites, essa relação decresce acentuadamente com o aumento na concentração de potássio do meio nutritivo, indicando, segundo os autores, a influência inibidora exercida pelo potássio sobre os processos que controlam a absorção e acúmulo do cálcio pelas plantas. Nos dados do presente experimento, esse aspecto regulador do potássio sobre o teor de cálcio, pode ser observado, com base no fato de que na ausência daquele ion, o teor de cálcio absorvido pelas plantas carentes, igualou-se ao das submetidas ao tratamento "completo". *MAJEWSKA (1969)* fez observação semelhante em espinafre cultivado em condições de campo.

O tratamento "omissão de B" não afetou o teor de cálcio das folhas, não sendo diferente do "completo".

Segundo *MEDINA & SHIVE (1946)*, a dificuldade de se distinguir entre sintomas externos de deficiência de boro e de cálcio tem sugerido uma possível ligação entre esses dois elementos na nutrição de plantas. Resultados obtidos por pesquisadores diversos, relatados por aqueles autores, estabeleceram uma certa relação entre esses ions no metabolismo, baseando-se no fato de que não foi detectado vestígios de cálcio no suco celular de células meristemáticas de plantas de algodão deficientes em boro.

MINARIK & SHIVE (1939), estudando a relação cálcio-boro em

soja, constataram que a percentagem de cálcio das folhas está condi-cionada à concentração do boro no substrato. Deficiência deste nutriente, segundo os autores, resultou em decréscimo do teor de cálcio, em relação ao de plantas sadias.

Por outro lado *MUHR (1942)*, trabalhando com hortaliças, ob-servou que tecidos de plantas deficientes ou inadequadamente supri-
das com boro, continham, em geral, teor mais alto de cálcio solúvel do que as bem supridas. Em concordância, *BRENNAN & SHIVE (1948)* verificaram que a redução do fornecimento de boro elevou o teor de cálcio solúvel nas folhas de tomateiro.

SARRUGE (1968) não encontrou efeito do cálcio na absorção de boro pelo cafeeiro.

Para *JONES & SCARSETH (1944)* e *MEDINA & SHIVE (1946)*, os resultados contraditórios sugerem que os efeitos do boro sobre o me-tabolismo do cálcio variam com a espécie estudada e com as condi-ções do trabalho experimental. Os dados presentes estão de acôrdo com *MUHR (1942)* e *BRENNAN & SHIVE (1948)*.

Teores de Ca relatados por *GERALDSON (1973)*, como adequados para o bom desenvolvimento foliar do espinafre (0,60% a 1,20%), são aproximados aos obtidos por *ZINK (1965)*, sendo porém inferiores aos teores médios para as folhas, encontrados em plantas sadias neste trabalho (3,25%).

MAYNARD (1970), encontrou para folhas novas de espinafre de-ficientes e com bom suprimento do elemento, teores de 0,53% e 0,91% e para folhas maduras 1,53% e 2,28% do material seco. Esses valores apresentam certa concordância com os das folhas maduras obtidos presentemente, sendo inferiores quanto ao das folhas novas.

- Magnésio

Referências encontradas na literatura relatam a fácil mobi-

lidade do magnésio dentro da planta (HEWITT, 1963; EMBLETON, 1966; GAUCH, 1972; EPSTEIN, 1972). Em espinafre Nova Zelândia, o nutriente mostrou moderada translocação (Quadro 8), haja visto o teor ligeiramente mais elevado nas folhas superiores, em relação às mais velhas das plantas supridas com todos os nutrientes. Nas plantas deficientes em magnésio, o teor do elemento apresentou-se mais alto nas folhas inferiores, identicamente ao observado para potássio. Trabalhando com pimentão, FERNANDES *et alii* (1971) observaram efeitos semelhantes.

Quadro 8 - Teor percentual de magnésio contido na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos (Média de 4 plantas).

| Tratamentos | Folhas superiores | Folhas inferiores | Caule | Fruto |
|-------------------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Completo | 1,17 ^{a*} | 1,08 ^{ab} | 0,82 ^{ab} | 0,77 ^{ab} |
| Omissão N | 1,07 ^a | 1,06 ^{ab} | 0,35 ^c | 0,52 ^{abc} |
| Omissão P | 0,83 ^{ab} | 0,79 ^{ab} | 0,62 ^{bc} | 0,51 ^{bc} |
| Omissão K | 1,26 ^a | 1,30 ^a | 1,24 ^a | 0,84 ^{ab} |
| Omissão Ca | 1,12 ^a | 1,06 ^{ab} | 0,74 ^{bc} | 0,87 ^a |
| Omissão Mg | 0,38 ^b | 0,56 ^b | 0,36 ^c | 0,31 ^c |
| Omissão S | 0,96 ^a | 0,70 ^{ab} | 0,64 ^{bc} | 0,59 ^{abc} |
| Omissão B | 1,00 ^a | 0,98 ^{ab} | 0,60 ^{bc} | 0,55 ^{abc} |
| F | = 4,98 ^{**} | 2,75 ^{**} | 9,41 ^{**} | 6,00 ^{**} |
| C.V. | = 25% | 27% | 27% | 24% |
| D.M.S. 5% (Tukey) | = 0,58 | 0,63 | 0,43 | 0,36 |

* Letras não comuns entre as médias expressam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

A concentração de magnésio nas folhas superiores e inferiores não apresentou diferença significativa entre os tratamentos "omissão de N", "omissão de P", "omissão de K", "omissão de Ca", "omissão de S" e "omissão de B" em relação ao "completo". *CIBES & SAMUELS (1957)*, observaram fato idêntico em folhas de fumo, enquanto *COBRA NETTO (1971)* constatou efeito positivo da omissão de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e cálcio na concentração do magnésio em feijoeiro.

Trabalhando com espinafre, *MAYNARD (1970)* verificou que na ausência de fósforo, potássio e cálcio as folhas novas absorveram teores de magnésio iguais ou mais altos que as do tratamento "completo".

A alta concentração de magnésio encontrada nas folhas das plantas deficientes em potássio, no presente ensaio, pode ser uma evidência do papel antagônico deste cátion na absorção do magnésio (*LUCAS & SCARSETH, 1947*); *TUCKER & SMITH (1952)*, em resultados concordantes, encontraram uma correlação negativa significativa nas relações potássio-magnésio de plantas de trevo vermelho.

HAAG (1958; 1965) observou fenômeno idêntico em folhas de cafeeiro e cana-de-açúcar, cultivados em solução nutritiva. Relação inversa entre os teores de potássio e magnésio foi constatada por *MALAVOLTA (1963)*, em folhas de cafeeiro cultivado em condições de campo.

O teor de magnésio obtido no caule de plantas do tratamento "omissão de K" foi superior ao do "completo".

Segundo *EAVES et alii (1954)*, *WOODBIDGE (1955)* e *EMMERT (1961)*, nas folhas superiores e nos frutos deficientes em cálcio, o alto teor de magnésio encontrado é uma indicação do antagonismo existente entre esses nutrientes.

O mais baixo teor de magnésio ocorreu nas plantas deficien-

tes no elemento, como era esperado. Já a omissão de nitrogênio, fósforo, cálcio, enxofre e boro ocasionou ligeira diminuição, não significativa, na concentração do magnésio nas folhas inferiores.

O teor de magnésio obtido por *HOHLT & MAYNARD (1966)* em folhas de espinafre cultivado em solução nutritiva completa (1,20%) está em concordância com a concentração média do presente trabalho. Teores aproximados a esses, são os de *ZINK (1965)* e *MAYNARD (1970)*. Os de *GERALDSON et alii (1973)*, considerados como adequados ao desenvolvimento normal de espinafre, são superiores (1,60% a 1,80%).

THOMAZ (1974), encontrou para folhas de espinafre Nova Zelândia teores de magnésio concordantes com os presentemente obtidos.

- Enxofre

De acordo com os dados obtidos (Quadro 9), este nutriente apresentou uma certa mobilidade nas plantas supridas e deficientes em enxofre com concentrações maiores nas folhas superiores. *BIDDULPH et alii (1956)* e *BUKOVAC & WITTEWER (1957)* observaram também mobilidade intermediária do elemento em folhas de feijoeiro.

Os tratamentos sem enxofre e sem nitrogênio apresentaram uma redução significativa no teor de enxofre das folhas superiores quando confrontados com o do "completo".

Trabalhando com fumo, *CIBES & SAMUELS (1957)*, encontraram também valores muito baixos de enxofre nos tratamentos onde se omitiu o nitrogênio e o enxofre.

Segundo *THOMAS et alii (1950)*, a estreita relação entre o metabolismo do enxofre e do nitrogênio dentro das plantas, baseia-se em grande parte, no fato de que os aminoácidos contendo enxofre são constituintes essenciais das proteínas da planta. *EATON (1935; 1941)* e *NIGHTINGALE et alii (1932)*, constataram alto teor de nitra-

to em plantas de soja, girassol e tomate deficientes em enxofre, explicando tal ocorrência como devida à baixa taxa de atividade da redutase do nitrato, e à incapacidade das plantas para sintetizar proteínas por causa do teor insuficiente de aminoácido contendo enxofre.

Quadro 9 - Teor percentual de enxofre contido na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos. (Média de 4 plantas).

| Tratamentos | Folhas superiores | Folhas inferiores | Caule | Fruto |
|----------------------|----------------------|-------------------|-----------|-----------|
| Completo | 0,70 ^{ab*} | 0,46 | 0,25 | 0,36 |
| Omissão N | 0,34 ^c | 0,37 | 0,08 | 0,26 |
| Omissão P | 0,55 ^{abc} | 0,38 | 0,18 | 0,43 |
| Omissão K | 0,72 ^a | 0,45 | 0,22 | 0,33 |
| Omissão Ca | 0,69 ^{ab} | 0,44 | 0,20 | 0,46 |
| Omissão Mg | 0,53 ^{abc} | 0,42 | 0,26 | 0,31 |
| Omissão S | 0,33 ^c | 0,29 | 0,22 | 0,25 |
| Omissão B | 0,45 ^{bc} | 0,34 | 0,20 | 0,25 |
| F | = 8,06 ^{**} | 1,27 N.S. | 1,71 N.S. | 1,56 N.S. |
| C.V. | = 20% | 26% | 41% | 38% |
| O.M.S. 5% {Tukey} | = 0,26 | | | |

* Letras não comuns entre as médias expressam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

A omissão de potássio da solução nutritiva proporcionou um aumento, embora não significativo no teor de enxofre das folhas superiores das plantas deficientes em relação ao tratamento "completo".

HAAG (1965) obteve também teor elevado de enxofre em folhas de plantas de cana-de-açúcar deficientes em potássio.

Quanto ao teor de enxofre das folhas inferiores, caule e frutos, não se detectou diferença significativa entre os diversos tratamentos.

CHAPMAN & BROWN (1941), estudaram a distribuição do enxofre total em plantas de citrus deficientes e bem supridas no elemento, encontrando para folhas novas deficientes, 0,05% e sadias, 0,23%; para folhas maduras, com e sem deficiência, 0,13% e 0,26%, respectivamente. Segundo *JOHNSON & ULRICH (1959)*, a concentração de enxofre total nas plantas, está geralmente na ampla faixa de 0,1% a 1,5%.

Concentração de enxofre obtidas por *THOMAZ (1974)* em folhas superiores (0,67% e 0,34%) e inferiores (0,45% e 0,26%) de espinafre Nova Zelândia, cultivado em soluções nutritivas completa e deficiente no elemento, são concordantes com os dados do Quadro 9.

- Boro

A concentração em parte por milhão do nutriente, contido na matéria seca das diferentes amostras, foi obtida de acordo com os tratamentos (Quadro 10).

A pouca mobilidade do boro dentro da planta tem sido alvo de numerosas citações na literatura (*HEWITT, 1963; BRADFORD, 1966; GAUCH, 1972*, e outros). *MEDINA & SHIVE (1946)*, observaram uma taxa muito limitada de translocação de boro das partes inferiores para as mais novas, nas plantas de milho deficientes no elemento.

Pelos dados do Quadro 10, a concentração do elemento foi bem maior nas folhas inferiores de plantas sadias e deficientes, com provando sua relativa imobilidade. Segundo *BRENNAN & SHIVE (1948)*, o maior teor de boro total e solúvel, ocorreu em folhas mais velhas

de tomate.

A absorção de boro pelas plantas, segundo *BRADFORD (1966)*, tem estreita relação com a concentração de outros ions no substrato.

Quadro 10 - Teor em ppm de boro contido na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos. Média de 4 plantas).

| Tratamentos | Folhas superiores | Folhas inferiores | Caule | Fruto |
|----------------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Completo | 150 ^{a*} | 208 ^a | 95 ^a | 47 ^{ab} |
| Omissão N | 73 ^{bcd} | 138 ^b | 50 ^c | 25 ^b |
| Omissão P | 113 ^{ab} | 156 ^b | 85 ^{ab} | 58 ^a |
| Omissão K | 106 ^{abc} | 152 ^b | 61 ^{bc} | 39 ^{ab} |
| Omissão Ca | 46 ^d | 100 ^c | 51 ^c | 27 ^b |
| Omissão Mg | 77 ^{bcd} | 157 ^b | 59 ^{bc} | 39 ^{ab} |
| Omissão S | 110 ^{ab} | 150 ^b | 57 ^{bc} | 34 ^{ab} |
| Omissão B | 50 ^{cd} | 91 ^c | 44 ^c | 25 ^b |
| F | = 7,79** | 24,56** | 8,39** | 4,00** |
| C.V. | = 28% | 10% | 19% | 32% |
| D.M.S. 5% (Tukey) | = 59 | 35 | 29 | 28 |

* Letras não comuns entre as médias expressam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade

A omissão de boro, nitrogênio, cálcio e magnésio da solução nutritiva afetou negativamente a absorção do boro pelos diversos órgãos das plantas. Houve uma diferença significativa ao nível de 5% no teor do elemento nesses tratamentos, em relação ao "completo".

BRADFORD (1966) citando *Beckenbach*, relata que plantas de tomate deficientes em nitrogênio contêm menos boro do que as bem supridas no nutriente.

Trabalhando com milho, *MARSH & SHIVE (1941)* observaram que as plantas com teor elevado de cálcio, requerem também altas doses de boro. *BRENCHLEY & WARRINGTON (1927)*, e em seguida *JONES & SCAR-SETH (1944)* constataram em plantas de feijão deficientes em cálcio, uma baixa tolerância para boro. Esses resultados vêm confirmar a relação direta entre boro e cálcio no metabolismo, estudada por muitos autores, entre os quais *DRAKE et alii (1941)* em milho e fumo, *REEVE & SHIVE (1944)*, em plantas de tomate e milho e *JONES & SCAR-SETH (1944)* em alfafa e fumo.

O tratamento no qual se omitiu o fósforo, embora não dife-
rindo do "completo", ocasionou uma pequena redução no teor de boro das folhas superiores, caules e frutos. Resultados citados por *BRADFORD (1966)*, em plantas de tomate, são concordantes quanto ao teor do elemento em plantas carentes de fósforo.

A omissão de potássio e do enxofre da solução nutritiva acu-
sou uma redução significativa ao nível de 5%, no teor de boro das folhas inferiores e do caule, em relação ao das plantas do tratamen-
to "completo". Nas folhas superiores e no fruto houve pequena diminuição nesse teor, embora não significativa.

REEVE & SHIVE (1944), estudando a relação potássio-boro na nutrição de planta, constataram que a concentração de potássio do substrato tem uma influência definida sobre o acúmulo de boro nos tecidos de plantas de tomate. Segundo evidência experimental dos autores, o potássio aplicado em níveis crescentes, acentuaria sintomias externos de toxidez ou de deficiência de boro, em alto ou bai-
xo nível do elemento, respectivamente, naquelas plantas.

Segundo *JOHNSON & ULRICH (1959)*, a concentração de boro ade

quada para o desenvolvimento normal das plantas varia de 10 ppm a 100 ppm, dependendo da espécie. Valores maiores que 1000 ppm tem sido relacionados com toxidez e abaixo de 5 ppm com deficiência do nutriente. O teor médio nas folhas das plantas sadias (Quadro 11), está em concordância com o teor "adequado", citado pelos autores.

Em estudo sobre a variação da composição mineral de hortaliças, cultivadas em diferentes locais, *BEAR et alii (1948)* encontraram para folhas de espinafre, teores de boro oscilando entre 12 ppm e 88 ppm. Esses teores, assim como o obtido (63 ppm) por *GERALDSON et alii (1973)*, são inferiores aos obtidos no presente ensaio, o que pode ser uma evidência da maior exigência do espinafre Nova Zelândia ao boro, em relação ao europeu, estudado pelos autores.

4.1.4. Níveis de nutrientes

Os teores dos nutrientes encontrados nas folhas superiores e inferiores de planta deficientes e sadias, em porcentagem e partes por milhão, encontram-se no Quadro 11.

Quadro 11 - Níveis de nutrientes encontrados nas folhas de plantas com e sem deficiência

| Elemento | Planta com deficiência | | Planta sem deficiência | |
|------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| | folhas superiores | folhas inferiores | folhas superiores | folhas inferiores |
| | % | | | |
| Nitrogênio | 1,78 | 1,35 | 5,65 | 3,30 |
| Fósforo | 0,15 | 0,09 | 0,68 | 0,34 |
| Potássio | 0,85 | 1,32 | 6,03 | 4,90 |
| Cálcio | 0,84 | 1,24 | 2,68 | 3,81 |
| Magnésio | 0,38 | 0,56 | 1,17 | 1,08 |
| Enxofre | 0,33 | 0,29 | 0,70 | 0,46 |
| | ppm | | | |
| Boro | 50 | 91 | 150 | 208 |

4.2. Experimento de campo

4.2.1. Crescimento

O desenvolvimento das plantas foi estudado através dos dados de produção de matéria seca dos órgãos, de acordo com as épocas de amostragem.

A análise de variância da produção de matéria seca das folhas, caule e frutos, em função da idade da planta, mostrou que o efeito da interação idades x partes da planta foi significativo, indicando o comportamento diferente dos órgãos em relação às diversas idades. Em vista disso, efetuou-se o desdobramento, através das análises de regressão linear, quadrática e cúbica das diferentes idades dentro de cada órgão da planta. A escolha das regressões para a explicação desse fato, além da coerência com a realidade, baseou-se na significância da regressão de maior grau e no maior coeficiente de determinação. Assim, as folhas obedeceram a regressão cúbica e o caule e os frutos tiveram efeito linear.

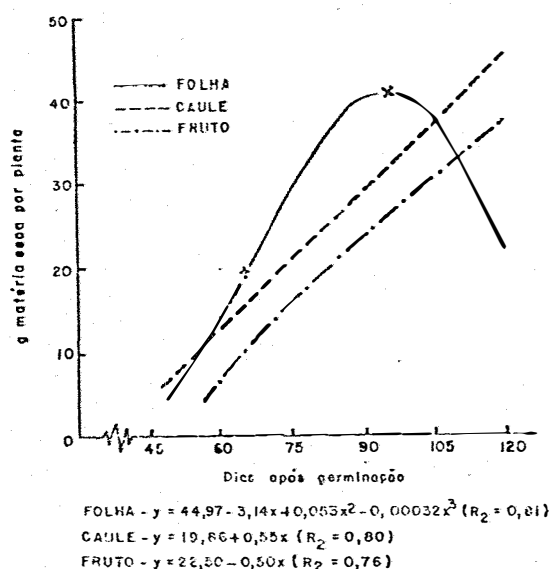
Os parâmetros das equações de regressão permitiram a representação gráfica das curvas de crescimento dos órgãos (Figura 1) onde a variável x expressa as idades, em dias, e \hat{y} os teores de matéria seca em grama por planta.

Examinando-se a curva de crescimento das folhas (Figura 1), observa-se que o aumento da matéria seca foi bem lento até os 60 dias, acentuando-se, a partir daí. Apenas cerca de 13% desse material, foi produzido até a metade do período de desenvolvimento das plantas.

ZINK (1965), trabalhando com espinafre, relata que somente 9% de matéria seca foi produzida nessa etapa do desenvolvimento.

Na faixa dos 60 a 75 dias ocorreu um aumento de mais de 50%

de matéria seca nas folhas, em comparação com o valor máximo.



R_2 = coeficiente de correlação

Figura 1 - Produção de matéria seca, em função do estágio de desenvolvimento da planta.

Através da equação de 3º grau obtida para as folhas, calculou-se os pontos de inflexão e de máxima da curva. O ponto de inflexão, determinado aos 63 dias, indicou essa época como a maior exigência da cultura. A partir desse ponto, os acréscimos na quantidade de matéria seca das folhas foram se tornando menores até anular-se, onde a produção foi máxima.

O ponto de máxima da curva ocorreu aos 93 dias, significando que nessa época, a produção de matéria seca das folhas foi máxima.

O decréscimo acentuado no ritmo de crescimento das folhas com redução de seu peso de matéria seca, observado aos 105 dias, pode ser atribuído à queda das folhas, abundante nesse período, e ainda à translocação de compostos para os frutos, como decorrência do

processo de senescência da planta.

COSTA et alii (1972) e FERNANDES et alii (1972) fizeram observações semelhantes em plantas de quiabo e cravo. *SARRUGE et alii (1963)* trabalhando com algodoeiro verificaram também queda de galhos mais velhos, além das folhas, com redução acentuada do peso do material seco.

A produção de matéria seca do caule e dos frutos, teve um aumento contínuo até a última amostragem. Por ocasião do término do período experimental a translocação de produtos fotossintetizados para os frutos processava-se ainda, justificando a linearidade das curvas de crescimento do caule e dos frutos (Figura 1).

A correlação positiva observada entre a quantidade de matéria seca das folhas, caule e frutos e as diferentes idades, foi significativa ao nível de 1% de probabilidade.

Trabalhando com feijoeiro, *COBRA NETTO et alii (1971)*, encontraram também correlação semelhante entre o peso de matéria seca e a idade das plantas.

Curvas de crescimento de plântulas de melão cultivadas em diferentes temperaturas, em função da idade, ajustadas aos dados experimentais obtidos por *PEARL et alii (1934)* são concordantes com a curva obtida para as folhas.

Alguns dos resultados obtidos por *GOODALL (1946)* com plantas de tomate, em estudos de correlação e de regressão envolvendo a variação da produção de matéria seca e outras variáveis, como taxa de translocação e temperatura, em função de diferentes épocas, concordam, de um modo geral, com os do presente trabalho.

O desenvolvimento da cultura está muito ligado a fatores ambientais, principalmente climáticos. Segundo *KNOTT (1950)*, chuvas ou irrigação, temperatura entre 20°C a 24°C e umidade relativa do

ar entre 50% e 80% são requeridos para um bom desenvolvimento e produção. Os dados meteorológicos médios observados durante o período experimental (Quadro 12), mostram que a época de maior queda pluviométrica, ocorrida em outubro, coincidiu com a da produção máxima de matéria seca. Os outros dados estão, também, dentro da faixa considerada satisfatória para a cultura.

Em ensaios conduzidos por ZINK (1965), com espinafre, a oscilação observada pelo autor na quantidade de matéria seca durante o desenvolvimento das plantas foi associada a programa de irrigação.

Quadro 12 - Elementos meteorológicos do 2º semestre do ano agrícola de 1973. Município de Piracicaba.

| Dados meteorológicos | 1973 | | | | |
|--|-------|--------|----------|---------|----------|
| | julho | agosto | setembro | outubro | novembro |
| Total de precipitação mensal (mm) | 60 | 19 | 55 | 175 | 122 |
| Temperatura média do ar (°C) | 16,8 | 17,6 | 20,6 | 21,1 | 21,5 |
| Média de umidade de relativa do ar (%) | 76 | 72 | 74 | 71 | 70 |

Fonte: Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba-SP.

4.2.2. Concentração de nutrientes

As análises químicas da matéria seca das diversas amostras permitiram se obter os teores médios dos macronutrientes e dos micronutrientes nas folhas, caule e frutos, em função do estágio de

desenvolvimento da planta.

A análise da variância do efeito das idades sobre a quantidade de nutrientes nos órgãos em estudo mostrou que o efeito da interação idades x partes da planta só não foi significativo para o boro, revelando que os órgãos comportaram-se semelhantemente nas diferentes idades, quanto à este nutriente.

O desdobramento da análise da variância foi feito através das análises de regressão linear, quadrática e cúbica das diferentes idades dentro de cada órgão da planta. Foram adotadas regressões, cúbica para explicar o fenômeno nas folhas, linear para os frutos e, dependendo do nutriente, regressão linear, quadrática ou cúbica para o caule.

As curvas de absorção dos nutrientes foram obtidas através das equações de regressão, em cuja representação gráfica a variável x expressa as idades em dias, e a \hat{y} a quantidade dos macronutrientes, em miligrama, e dos micronutrientes, em micrograma.

Os pontos de máxima e de inflexão das curvas foram determinados, afim de se conhecer as épocas de maior extração dos nutrientes e a de maior exigência dos órgãos nesses nutrientes.

4.2.2.1. Macronutrientes

De um modo geral, a absorção desses nutrientes pelos órgãos em estudo seguiu efeito cúbico para as folhas e linear para os frutos.

Observa-se pela Figura 2 que a absorção do nitrogênio, do cálcio, do magnésio e do enxofre pelo caule teve efeito linear.

Inicialmente, a quantidade desses nutrientes nas folhas mostrou-se baixa, aumentando gradualmente até a faixa dos 94 a 106 dias, quando ocorreu a extração máxima desses nutrientes, segundo o

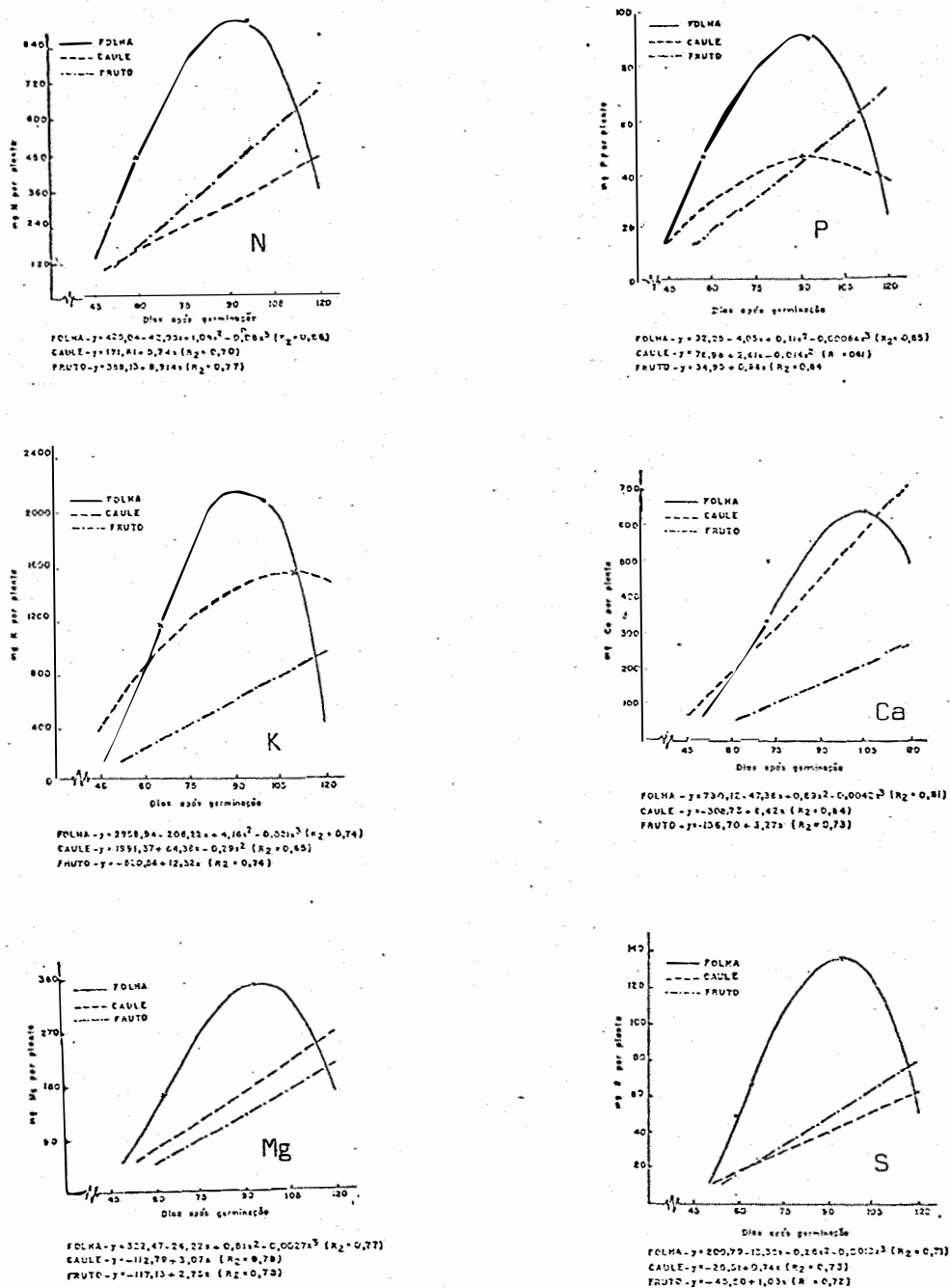


Figura 2 - Absorção dos macronutrientes, em miligrama, em função do estágio de desenvolvimento da planta.

ponto de máxima determinado para as curvas de absorção. A partir daí se observou o decréscimo da quantidade até o final do experimento, como decorrência do processo de translocação dos nutrientes para outros órgãos.

Na faixa de 60 a 75 dias, correspondente ao ponto de inflexão das curvas ocorreu a maior exigência das folhas nesses nutrientes. A partir desse período os acréscimos na quantidade total dos nutrientes foram se tornando menores até anular-se no ponto onde a extração foi máxima. Pelo esquema a seguir, observa-se os pontos de inflexão e de máxima de cada nutriente.

| Nutriente | Dias | |
|------------|-------------------|-----------------|
| | Ponto de inflexão | Ponto de máxima |
| nitrogênio | 60 | 96 |
| cálcio | 71 | 106 |
| magnésio | 64 | 95 |
| enxofre | 64 | 94 |

Em relação à quantidade máxima de nutrientes absorvida no período dos 96 dias, 106 dias, 95 dias e 94 dias para o nitrogênio, cálcio, magnésio e enxofre respectivamente, pode-se avaliar a quantidade deles, em porcentagem, absorvida pelas folhas na época de maior exigência desse órgão, conforme segue no quadro abaixo.

ZINK (1965), trabalhando com espinafre, verificou que a taxa máxima de extração dos nutrientes se deu durante os 21 dias imediatamente precedentes à colheita, ocorrida a partir dos 75 dias.

No caule e nos frutos a concentração dos nutrientes também foi baixa inicialmente, aumentando progressivamente até a última

amostragem. O processo de translocação desses nutrientes para os frutos pode ser uma explicação para o aumento contínuo na concentração dos nutrientes durante o período experimental, justificando a tendência linear tomada pelas curvas de absorção dos nutrientes nesses órgãos.

| Nutriente | Dias | |
|------------|--------------------------|--|
| | Época de maior exigência | % Quantidade absorvida em relação à máxima |
| nitrogênio | 60 | 44 |
| cálcio | 71 | 50 |
| magnésio | 64 | 50 |
| enxofre | 64 | 43 |

A absorção do fósforo e do potássio pelas folhas (Figura 2) foi semelhante a dos macronutrientes já descritos, com o período de extração máxima, determinado nas curvas, entre 94 e 99 dias, a partir do qual ocorreu o decréscimo na quantidade absorvida até a última amostragem, de modo idêntico ao observado para os outros. A época de maior exigência das folhas nos nutrientes, foi observada entre 58 e 66 dias para o fósforo e potássio respectivamente. Os pontos de inflexão e de máxima dos nutrientes foram:

| Nutriente | Dias | |
|-----------|-------------------|----------------|
| | Ponto de inflexão | Ponto de média |
| fósforo | 58 | 94 |
| potássio | 66 | 99 |

As quantidades de fósforo e potássio absorvidas na época de maior exigência das folhas, expressas em percentagem do máximo encontrado, podem ser vistas a seguir.

| Nutriente | Dias | |
|-----------|--------------------------|--|
| | Época de maior exigência | Quantidade absorvida em relação à máxima |
| fósforo | 58 | 47 |
| potássio | 66 | 49 |

Com respeito ao caule, a curva de absorção de fósforo e potássio obedeceu à regressão quadrática. Possivelmente a taxa de translocação desses nutrientes no caule sofreu um decréscimo após a faixa dos 90 dias, para o fósforo e 111 dias para o potássio, ocasionando o efeito de 2º grau das curvas de absorção.

Os pontos de máxima calculados para as curvas mostraram que a época de maior extração do fósforo pelo caule foi a dos 90 dias e do potássio, 111 dias.

A curva de absorção para os frutos, seguiu o mesmo efeito dos macronutrientes, vistos anteriormente.

De um modo geral as folhas, caules e frutos apresentaram teores mais elevados de potássio, nitrogênio e cálcio e os mais baixos de enxofre e fósforo. As diferenças na concentração dos nutrientes, observadas entre as amostragens iniciais e as posteriores são explicadas pela diluição desses nutrientes motivada pelo desenvolvimento bastante rápido das plantas (Quadro 13).

ZINK (1965), em estudo com espinafre, HOMA *et alii* (1969) com couve-flor e FERNANDES *et alii* (1971) com alface, encontraram

Quadro 13 - Teores percentuais dos macronutrientes contidos na matéria seca dos órgãos estudados, em função da idade da planta

| Idade da plantas (dias) | Órgão | Nutrientes | | | | | |
|-------------------------|-------|------------|------|------|------|------|------|
| | | N | P | K | Ca | Mg | S |
| 30 | folha | 3,94 | 0,37 | 6,30 | 0,66 | 0,90 | 0,40 |
| | caule | 1,88 | 0,37 | 6,99 | 1,24 | 0,47 | 0,32 |
| | fruto | - | - | - | - | - | - |
| 45 | folha | 3,62 | 0,42 | 5,58 | 0,87 | 0,79 | 0,41 |
| | caule | 1,58 | 0,30 | 4,59 | 1,02 | 0,45 | 0,27 |
| | fruto | - | - | - | - | - | - |
| 60 | folha | 3,77 | 0,32 | 6,00 | 1,00 | 0,96 | 0,24 |
| | caule | 1,74 | 0,28 | 6,77 | 1,93 | 0,67 | 0,16 |
| | fruto | 3,09 | 0,42 | 4,76 | 0,99 | 0,96 | 0,32 |
| 75 | folha | 2,93 | 0,33 | 5,39 | 1,52 | 0,98 | 0,35 |
| | caule | 1,11 | 0,22 | 5,45 | 1,70 | 0,57 | 0,15 |
| | fruto | 2,28 | 0,40 | 3,55 | 1,19 | 0,91 | 0,27 |
| 90 | folha | 2,54 | 0,21 | 5,64 | 1,06 | 0,83 | 0,35 |
| | caule | 1,07 | 0,15 | 5,06 | 1,12 | 0,47 | 0,13 |
| | fruto | 2,06 | 0,29 | 3,44 | 0,75 | 0,70 | 0,24 |
| 105 | folha | 2,21 | 0,18 | 4,68 | 2,25 | 0,83 | 0,30 |
| | caule | 1,01 | 0,09 | 3,49 | 1,78 | 0,60 | 0,12 |
| | fruto | 1,80 | 0,18 | 2,48 | 0,76 | 0,53 | 0,21 |
| 120 | folha | 1,82 | 0,14 | 3,71 | 1,96 | 0,81 | 0,26 |
| | caule | 0,92 | 0,09 | 3,44 | 1,58 | 0,61 | 0,12 |
| | fruto | 1,74 | 0,15 | 2,25 | 0,60 | 0,54 | 0,20 |

resultados concordantes, quanto à concentração de macronutrientes nessas hortaliças.

4.2.2.2. Micronutrientes

As curvas de absorção do cobre, do manganês e do zinco pelos órgãos em estudo são semelhantes quanto à tendência seguida: cúbica para as folhas e caule e linear para os frutos, conforme pode ser visto na Figura 3.

A quantidade desses nutrientes absorvida pelas folhas e caule foi também pequena no início, aumentando progressivamente até a faixa máxima de extração, calculada entre os 93 dias a 104 dias. A partir desse período, observou-se o decréscimo da quantidade dos nutrientes nesses órgãos até a última amostragem. O processo de translocação desses nutrientes para os frutos deve ter sido intenso também no caule, ocasionando o decréscimo observado, após a extração máxima.

O ponto de inflexão das curvas também determinado indicou a época dos 61 dias a 69 dias como a de maior exigência dos órgãos nesses nutrientes.

| Nutriente | Ponto de inflexão | | Ponto de máxima | |
|-----------|-------------------|-------|-----------------|-------|
| | folhas | caule | folhas | caule |
| Dias | | | | |
| cobre | 61 | 61 | 93 | 96 |
| manganês | 67 | 69 | 104 | 100 |
| zinco | 62 | 68 | 97 | 104 |

Atribuindo-se o valor 100 ao teor máximo absorvido no período

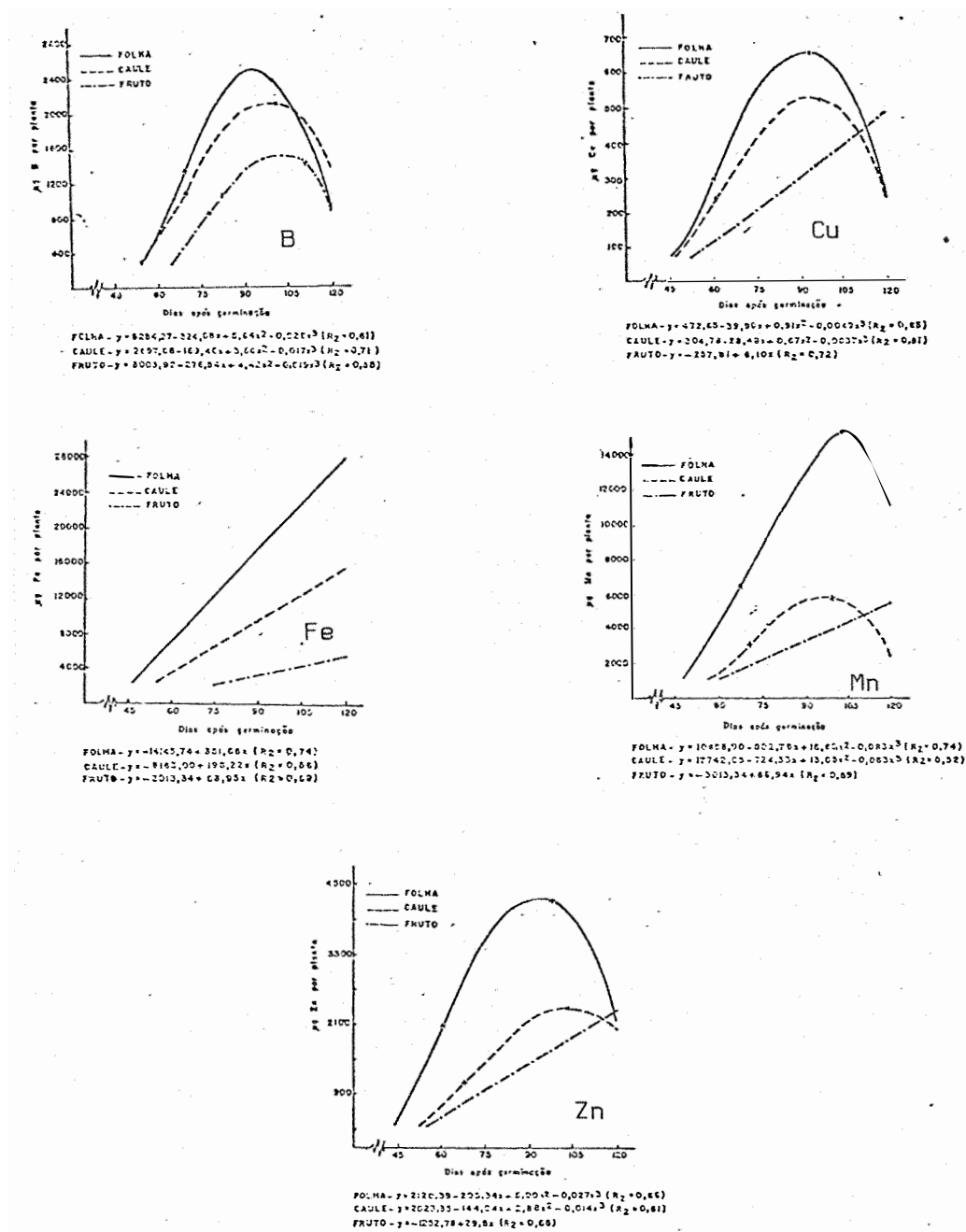


Figura 3 - Absorção dos micronutrientes, em micrograma, em função do estágio de desenvolvimento da planta.

do de 93 a 104 dias é possível avaliar as quantidades de cobre, manganês e zinco absorvidas na época de maior exigência das folhas e do caule.

| Nutriente | Órgão | Dias | |
|-----------|--------|--------------------------|---|
| | | Época de maior exigência | % Quantidade absorvida em relação à máxima |
| cobre | folhas | 61 | 45 |
| | caule | 61 | 47 |
| manganês | folhas | 67 | 48 |
| | caule | 69 | 52 |
| zinco | folhas | 62 | 47 |
| | caule | 68 | 47 |

Observa-se que a absorção desses nutrientes pelas folhas ocorreu em igual intensidade, nessa época.

Embora se sabendo que o efeito das idades dentro dos órgãos estudados foi semelhante quanto à absorção do boro, efetuou-se a análise de regressão afim de se determinar a época de maior exigência desses órgãos do nutriente e a de extração máxima, através das curvas de absorção obtidas. Observa-se pela figura 3 que as curvas para os três órgãos foram iguais, como era de se esperar, obedecendo a regressão cúbica, mas as épocas em estudo foram diferentes.

A extração máxima de boro pelos órgãos ocorreu na faixa dos 100 a 111 dias e a época de maior exigência no período de 68 a 78 dias.

Em relação ao valor máximo (100%), a quantidade absorvida pelos órgãos foi: folha, 46%; caule, 44% e fruto 47%.

Quanto ao ferro, as curvas de absorção pelos órgãos foram lineares (Figura 3). Sendo a hortaliça considerada planta exigente em ferro, presume-se que o nutriente tenha sido absorvido e translocado até quase o final do ciclo. O término do período experimental não coincidiu com o final do ciclo da cultura, não podendo ser observado por isso, o possível decréscimo da concentração do nutriente nas folhas, decorrente da intensidade do processo de translocação para os frutos.

Pelo Quadro 14 observa-se que o ferro, seguido do manganês e zinco foram os nutrientes que apresentaram as maiores concentrações nos órgãos em estudo.

SILVA et alii (1970), estudando a absorção de nutrientes pela cultura de alho, encontraram na época dos 90 a 105 dias para a parte aérea, concentrações de micronutrientes, na seguinte ordem de crescente: cobre, boro, ferro, zinco, sendo a menor a de manganês.

Para se ter idéia da quantidade de molibdênio absorvida pela parte aérea da planta, procedeu-se à análise apenas na amostragem correspondente aos 90 dias, em época de colheita para fins comerciais (Quadro 15).

| Órgão | Dias | |
|-------|-------------------|-----------------|
| | Ponto de inflexão | Ponto de máxima |
| folha | 69 | 100 |
| caule | 68 | 101 |
| fruto | 78 | 111 |

SANTOS et alii (1972) trabalhando com plantas de ervilha, encontraram aos 90 dias, teores de molibdênio entre 0,5 ppm a 1,3 ppm para as folhas; 1,9 ppm a 4,2 ppm para o caule e 1,4 ppm a 2,7

Quadro 14 - Teores em ppm dos micronutrientes contidos na matéria seca dos órgãos estudados, em função da idade da planta.

| Idade da planta (dias) | Órgão | Nutrientes | | | | | |
|------------------------|-------|------------|----|-------|-----|-----|------|
| | | B | Cu | Fe | Mn | Zn | Mo |
| 30 | folha | 59 | 25 | 568 | 144 | 94 | |
| | caule | 59 | 30 | 302 | 91 | 81 | |
| | fruto | - | - | - | - | - | |
| 45 | folha | 41 | 16 | 1.088 | 145 | 83 | |
| | caule | 68 | 17 | 1.004 | 64 | 81 | |
| | fruto | - | - | - | - | - | |
| 60 | folha | 38 | 15 | 370 | 213 | 119 | |
| | caule | 42 | 16 | 257 | 158 | 68 | |
| | fruto | 36 | 16 | 333 | 172 | 108 | |
| 75 | folha | 50 | 22 | 402 | 396 | 149 | |
| | caule | 65 | 25 | 306 | 192 | 76 | |
| | fruto | 45 | 22 | 365 | 230 | 114 | |
| 90 | folha | 66 | 15 | 364 | 297 | 139 | 0,83 |
| | caule | 56 | 12 | 158 | 112 | 55 | 0,58 |
| | fruto | 53 | 18 | 275 | 138 | 66 | 1,39 |
| 105 | folha | 63 | 14 | 632 | 388 | 109 | |
| | caule | 46 | 10 | 425 | 80 | 53 | |
| | fruto | 18 | 10 | 333 | 219 | 60 | |
| 120 | folha | 43 | 13 | 1.243 | 476 | 103 | |
| | caule | 38 | 8 | 486 | 112 | 63 | |
| | fruto | 18 | 13 | 376 | 130 | 54 | |

ppm para as vagens. Já as concentrações do elemento obtida por *COSTA et alii* (1972) em quiabeiro foram muito mais altas.

4.2.3. Exportação de nutrientes

Embora a colheita do espinafre Nova Zelândia para fins comerciais ocorra aproximadamente a partir dos 75 dias, para avaliar as quantidades médias totais de nutrientes exportados pela parte aérea da planta, considerou-se a amostragem dos 90 dias, tendo em vista o bom desenvolvimento da hortaliça nesse período, que coincidiu com a faixa de extração máxima de alguns dos nutrientes pelas folhas e caule.

Considerando-se uma população de 22.222 plantas por hectare, calculou-se também a extração aproximada em kg por hectare para os macronutrientes e g por hectare para os micronutrientes (Quadro 15).

ZINK (1965) em estudo sobre a nutrição mineral do espinafre, encontrou maiores quantidades de nutrientes removidas pela parte aérea da planta, na época da colheita, em relação às obtidas neste experimento. São os seguintes os dados em kg/ha* encontrados pelo autor: 180 de nitrogênio; 22 de fósforo; 289 de potássio, 38 de cálcio e 41 de magnésio.

Resultados de experimentos de adubação com espinafre conduzidos por *ROMAINE* (1940) e *WOLF & ICHISAKA* (1947) mostraram que a absorção de nitrogênio, fósforo e potássio pela parte aérea da planta em kg/ha* ocorreu na faixa compreendida entre 50 a 123 para nitrogênio; 5,60 a 14 para fósforo e 41 a 105 para potássio. Em comparação com as quantidades obtidas presentemente, observa-se uma certa correspondência de dados.

* - dados recalculados

Quadro 15 Quantidades médias totais de nutrientes extraídos pela parte aérea de uma planta de espinafre com 90 dias de idade.

| Nutriente | Extração | |
|-----------------|----------------------|--------|
| | mg/planta | kg/ha |
| nitrogênio (N) | 1767 | 39,7 |
| fósforo (P) | 209 | 4,7 |
| potássio (K) | 5430 | 120,6 |
| cálcio (Ca) | 1114 | 24,8 |
| magnésio (Mg) | 718 | 16,0 |
| enxofre (S) | 256 | 5,7 |
| | $\mu\text{g/planta}$ | g/ha |
| boro (B) | 6725 | 149,4 |
| cobre (Cu) | 1548 | 34,4 |
| ferro (Fe) | 26678 | 3893,4 |
| manganês (Mn) | 20798 | 462,2 |
| zinco (Zn) | 7531 | 147,9 |
| molibdênio (Mo) | 98 | 2,2 |

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como finalidade estudar, preliminarmente, alguns aspectos da nutrição mineral do espinafre Nova Zelândia (*Tetragonia expansa*, Murr.) no que concerne à sintomatologia das deficiências dos macronutrientes e do boro, ao efeito da omissão e presença desses nutrientes sobre o crescimento e composição química da planta e ainda à avaliação das quantidades extraídas e exportadas pela cultura nas diversas etapas de seu desenvolvimento.

Para estudar a sintomatologia das deficiências dos nutrientes, mudas de espinafre com trinta dias de idade foram transplanta-

das para soluções nutritivas completa e deficientes, em condições controladas. Os tratamentos consistiram de: completo, omissão de nitrogênio, omissão de fósforo, omissão de potássio, omissão de cálcio, omissão de magnésio, omissão de enxofre e omissão de boro. O arranjo experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições.

A coleta das plantas foi realizada quando os sintomas de deficiência se tornaram evidentes, procedendo-se à descrição morfológica das carências. No material seco foram analisados os nutrientes em estudo.

Para estudar a absorção dos nutrientes pelo espinafre Nova Zelândia, foi instalado um experimento de campo em solo com mais de vinte anos de cultivo com hortaliças, usando as práticas culturais normais. Amostragens periódicas foram feitas de acordo com o desenvolvimento das plantas. O material seco foi analisado para os macronutrientes e micronutrientes.

Conclusões

I. Ensaio em casa de vegetação

- os sintomas visuais da deficiência de nitrogênio, potássio, cálcio e boro apresentam-se bem definidos, sendo de fácil caracterização.

- os sintomas da carência de fósforo, magnésio e enxofre não são de fácil caracterização.

- os teores dos nutrientes expressos em porcentagem (%) e/ou parte por milhão (ppm) em plantas apresentando ou não sintomas de deficiência são:

| Nutriente | Planta sem deficiência | | Planta com deficiência | |
|-----------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| | folhas superiores | folhas inferiores | folhas superiores | folhas inferiores |
| | (%) | | | |
| N | 5,65 | 3,30 | 1,78 | 1,35 |
| P | 0,68 | 0,34 | 0,15 | 0,09 |
| K | 6,03 | 4,90 | 0,85 | 1,32 |
| Ca | 2,68 | 3,81 | 0,84 | 1,24 |
| Mg | 1,17 | 1,08 | 0,38 | 0,56 |
| S | 0,70 | 0,46 | 0,33 | 0,29 |
| | (ppm) | | | |
| B | 150 | 208 | 50 | 91 |

II. Ensaio de campo

- a máxima produção de matéria seca das folhas ocorre aos 93 dias e a época de maior exigência da cultura corresponde aos 63 dias.

- a produção de matéria seca do caule e dos frutos tem um aumento contínuo até os 120 dias.

- a época de extração máxima dos nutrientes pelas folhas está entre 93 dias a 106 dias.

- a absorção do ferro (Fe) pelos órgãos é contínua até a última amostragem.

- os teores percentuais dos macronutrientes e em partes por milhão dos micronutrientes absorvidos pelas folhas, aos 90 dias são:

N - 2,54%; P - 0,21%; K - 5,64%; Ca - 1,06%; Mg - 0,83%; S - 0,35%;
 B - 66 ppm; Cu - 15 ppm; Fe - 364 ppm; Mn - 297 ppm; Zn - 139 ppm e
 Mo - 0,83 ppm.

- As quantidades extraídas pela parte aérea da planta aos
 90 dias são:

| Nutriente | Extração | |
|-----------------|-----------|-------|
| | mg/planta | kg/ha |
| Nitrogênio (N) | 1767 | 39,7 |
| Fósforo (P) | 209 | 4,7 |
| Potássio (K) | 5430 | 120,6 |
| Cálcio (Ca) | 1114 | 24,8 |
| Magnésio (Mg) | 718 | 16,0 |
| Enxofre (S) | 256 | 5,7 |
| | µg/planta | g/ha |
| Boro (B) | 6725 | 149,4 |
| Cobre (Cu) | 1548 | 34,4 |
| Ferro (Fe) | 26678 | 592,8 |
| Manganês (Mn) | 20798 | 462,2 |
| Zinco (Zn) | 7531 | 147,9 |
| Molibdênio (Mo) | 98 | 2,2 |

6. SUMMARY

MINERAL NUTRITION OF NEW ZEALAND SPINACH PLANT (*Tetragonia expansa*, Murr.)

The present work was carried out in order to study:

- a. the effect of omission and presence of the macronutrients and boron on the growth of the plants;
- b. deficiency symptoms of macronutrients, as well of boron;
- c. the effect of the deficiency of each nutrient on the chemical composition of the plants;

- d. the amounts of nutrients, absorbed during the growth of the plants.

I. Deficiencies of macronutrients and boron

Young spinach plants were grown in pots containing pure quartz sand. Several times a day the plants were irrigated by percolation with nutrient solutions. The treatments were: complete solution and deficient solution, in which each one of the macronutrients was omitted as well boron. Soon as the mal-nutrition symptoms appeared, the plants were harvested and analysed chemically.

Conclusions:

- symptoms of malnutrition are easily observed for N, K, Ca and B.
- symptoms of malnutrition for P, S and Mg are not easily identified.
- the nutrient content, in dry matter, in deficient leaves and healthy leaves is:

| Nutrient | Healthy plants | | Deficient plants | |
|----------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | superiors leaves | inferiors leaves | superiores leaves | inferiors leaves |
| N | 5.65% | 3.30% | 1.78% | 1.35% |
| P | 0.68 | 0.34 | 0.15 | 0.09 |
| K | 6.03 | 4.90 | 0.85 | 1.32 |
| Ca | 2.68 | 3.81 | 0.84 | 1.24 |
| Mg | 1.17 | 1.08 | 0.38 | 0.56 |
| S | 0.70 | 0.46 | 0.33 | 0.29 |
| B | 150ppm | 208ppm | 50ppm | 91ppm |

II. Absorption of macro and micronutrients by spinach plants

Spinach plants were cultivated under field conditions. All management practice were observed. Periodically plants were harvested and analysed for N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo and Zn.

Conclusions:

- the variety presented a continuous growth expressed, in dry matter, until 120 days.
- the greatest demand for nutrients occurs between 93 and 106 days.
- the maximum absorption of the nutrients by leaves is around the period of 93 to 106 days.
- the absorption of Fe by the spinach plants is continuous until at the end of the plant life.
- at 90 days the spinach leaves presented the following concentration: N - 2.54%; P - 0.21%; K - 5.64%; Ca - 1.06%; Mg - 0.83%; S - 0.35%; B - 66ppm; Cu - 15ppm; Fe - 364ppm; Mn - 297ppm; Zn - 139ppm and Mo - 0.83ppm.
- one plant and 22,222 spinach plants (one ha.) remove the following quantities in nutrients:

| Nutrient |Removed.. | |
|----------|----------------|---------|
| | mg/plant | kg/ha |
| N | 1,767 | 39.7 |
| P | 209 | 4.7 |
| K | 5,430 | 120.6 |
| Ca | 1,114 | 24.8 |
| Mg | 718 | 16.0 |
| S | 256 | 5.7 |
| | µg/plant | g/plant |
| B | 6,725 | 149.4 |
| Cu | 1,548 | 34.4 |
| Fe | 26,678 | 592.8 |
| Mn | 20,798 | 462.2 |
| Zn | 7,531 | 147.9 |
| Mo | 98 | 2.2 |

7. LITERATURA CITADA

BARADI, T.A., A.L.SHAFIE. 1963. Note on the phosphorus uptake by some vegetables during growth as studied by ^{32}P . J. Bot. Un. Arab. Repub. 6: 105-114. Apud Soils and Fertilizers, 29: 285, 1966.

BARKER, A.V., D.N.MAYNARD. 1971. Nutritional factors affecting nitrate accumulation in spinach. Comm. Soil Sci. Pl. Anal. 2(6): 471-478.

BARKER, A.V., N.T.PECK, G.E.MacDONALD. 1971. Nitrate accumulation in vegetables. II. Spinach grown in upland soils. Agron. J. 63: 126-129.

- BEAR, F.E., S.J.TOTH. 1948. Influence of calcium on availability of other soil cations. *Soil Sci.* 65: 69-74.
- BEAUMONT, A.B., M.E.SNELL. 1935. The effect of magnesium deficiency on crop plants. *J. Agric. Res.* 50: 553-562.
- BEEVERS, L., R.H.HAGEMAN. 1969. Nitrate reduction in higher plants. *Ann. Rev. Pl. Physiol.* 20: 495-522.
- BIDDULPH, O., R.CORY, S.BIDDULPH. 1956. The absorption and translocation of sulfur in red kidney bean. *Pl. Physiol.* 31: 28-33.
- BINGHAN, F.T.. 1966. Phosphorus. pp. 324-361. *In: H.D.Chapman (ed) Diagnostic criteria for plants and soils.* Univ. California, Berkeley, California.
- BOAWN, L.C.. 1971. Zinc accumulation characteristics of some leafy vegetables. *Comm. Soil Sci. Pl. Anal.* 2(1): 31-36.
- BOTTRILL, D.E., J.V.POSSINGHAM, P.E. KRIEDEMANN. 1970. The effect of nutrient deficiencies on photosynthesis and respiration in spinach. *Pl. Soil* 32: 424-438.
- BRADFORD, G.B.. 1966. Boron. pp. 33-61. *In: H.D.Chapman (ed) Diagnostic criteria for plants and soils.* Univ. California, Berkeley, California.
- BRENCHLEY, W.E., K.WARRINGTON. 1927. The role of B in the growth plants. *Ann. Bot.* 41: 167.
- BRENNAN, E.G., J.W.SHIVE. 1948. Effect of calcium and boron nutrition of the tomato on the relation between these elements in the tissues. *Soil Sci.* 66: 65-75.
- BROYER, T.C., P.R.STOUT. 1959. The macronutrient elements. *Ann. Rev. Pl. Physiol.* 10:277-300.
- BUKOVAC, M.J., S.H.WITTWER. 1957. Absorption and mobility of foliar applied nutrients. *Pl. Physiol.* 32: 428-435.
- BURRIS, R.H.. 1959. Nitrogen nutrition. *Ann. Rev. Pl. Physiol.* 10: 301-328.

- CATANI, R.A., A.O.JACINTHO. 1974. Análise química para avaliar a fertilidade do solo. Boletim Didático nº 37, E.S.A."Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, São Paulo.
- CHAPMAN, H.D.. 1966. Calcium. pp. 65-92. In: H.D.Chapman (ed) Diagnostic criteria for plants and soils. Univ. California, Berkeley, California.
- CHAPMAN, H.D., S.M.BROWN. 1941. The effects of sulfur deficiency on citrus. Hilgardia 14: 185-201.
- CIBES, H., G.SAMUELS. 1955. Mineral deficiency symptoms displayed by coffee trees under controlled conditions. Agric. Exp. Sta. Un. Puerto Rico, Rio Piedras. Technical Paper 14(8).
- CIBES, H., G.SAMUELS. 1957. Mineral-deficiency symptoms displayed by tobacco grown in the greenhouse under controlled conditions. Agric. Exp. Sta. Univ. Puerto Rico, Rio Piedras, Technical Paper 23.
- COBRA NETO, A. 1967. Absorção e deficiências dos macronutrientes pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho). Tese. E.S.A."Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, São Paulo.
- COBRA NETO, A., W.R.ACCORSI, E.MALAVOLTA. 1971. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho) Anais da E.S.A."Luiz de Queiroz", USP, 28: 257-274.
- CORREA, M.P.. 1931. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Vol. IIe-583. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro.
- COSTA, M.C.B., H.P.HAAG, J.R.SARRUGE. 1972. Nutrição mineral de hortaliças. Absorção de macro e micronutrientes pela cultura do quiabeiro (*Hibiscus esculentum* L.). Anais da E.S.A."Luiz de Queiroz" 29: 109-126.
- DRAKE, M., D.H.SIELING, G.D.SCARSETH. 1941. Calcium-boron ratio as an important factor in controlling the boron starvation of plants. J. Ann. Soc. Agron. 33(5): 454-462.

- EATON, S.V.. 1935.* Influence of sulfur deficiency on the metabolism of the soybean. Bot. Gaz. 97: 68-100.
- EATON, S.V.. 1941.* Influence of S deficiency on metabolism of the sunflower. Bot. Gaz. 102: 536-556.
- EATON, S.V.. 1949.* Effects of phosphorus deficiency on growth and metabolism of soybean. Bot. Gaz. 111: 427.
- EATON, S.V.. 1949.* Effects of phosphorus deficiency on growth and metabolism of sunflower. Bot. Gaz. 110(3): 449-464.
- EATON, S.V.. 1952.* Effects of potassium deficiency on growth and metabolism of tomato. Bot. Gaz. 112: 300.
- EAVES, C.A., A.KELSALL. 1954.* Chemical composition of Cortland apple leaves in relation to nutritional treatment. J. Hort. Sci. 29: 59-71.
- EHRENDORFER, K.. 1961.* Oxalic acid in spinach (*Spinacea oleracea* L.). A contribution to the problem of influencing quality. Bodenkultur 12(A): 100-111. Apud Soils and Fertilizers, 25(1): :80. 1962.
- EHRENDORFER, K.. 1964.* Effects of nutrient contents specially phosphorus concentration on the oxalic-acid content in spinach (*Spinacea oleracea* L.). Phosphorsäure 24: 180-189. Apud Soils and Fertilizers, 28(1) 96. 1965.
- EHRENDORFER, K.. 1966.* Effect of fertilizers and mineral content on the amount of oxalic acid in spinach. Tagler It. Akad. Landwiss 85: 101-110. Apud Soils and Fertilizers 30(5): 526. 1967.
- EHRENDORFER, K.. 1966.* The dependence of total oxalic acid levels in spinach leaves (*Spinacea oleracea* L.) on N, P, K, Na, Ca and Mg concentrations. Potassium Symp. (Viena) 273-284. Apud Soils and Fertilizers 31(5). 469. 1968.
- EL-BEHEIDI, M., A.A.EL-MANSI. 1974.* Spinach varietal, culture and N-fertilizer studies. Beitrage zur tropischen Land-Wirtsdraft und Veterinarmedizin 12: 51-56.

- EMBLETON, T.W.. 1966. Magnesium. pp. 225-263. *In:* H.D.Chapman (ed) Diagnostic criteria for plants and soils. Univ. California Berkeley, California.
- EMMERT, F.H.. 1961. The bearing of ion interactions on tissue analysis results. *In:* W.Reuther (ed) Plant analysis and fertilizer problems. Amer. Inst. of Biol. Sci. Washington, D.C.
- EPSTEIN, E.. 1972. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. John Wiley & Sons, New York, New York.
- FAIRBANKS, B.W., H.H.MITCHEL. 1938. The availability of calcium in spinach in skim milk powder and in calcium oxalate. *J. Nutr.* 16(1): 78-79.
- FERNANDES, P.D., G.D. de OLIVERIA, H.P.HAAG. 1971. Nutrição mineral de hortaliças. XIV. Absorção de macronutrientes pela cultura da alface. *O Solo* 63(2): 7-10.
- FERNANDES, P.D., H.P.HAAG. 1972. Nutrição mineral de hortaliças. XXI. Efeito da omissão dos macronutrientes no crescimento e na composição química do pimentão (*Capsicum annuum*, L.). var. Avelar. *Anais da E.S.A."Luiz de Queiroz"* 29: 223-235.
- FILGUEIRA, F.A.R.. 1972. Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças. Agronomica Ceres, São Paulo, São Paulo.
- FORSHEY, C.G., M.W.McKEE. 1970. Effects of potassium deficiency on nitrogen metabolism of fruit plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 95(6): 727-729.
- GAUCH, H.G.. 1972. Inorganic plant nutrition. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., Pensilvania, USA.
- GERALDSON, C.M., G.R.KLACAN, O.A.LORENZ. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops. pp. 365-380. *In:* L.M.Walsh J.D.Beaton (ed) Soil testing and plant analysis. Wisconsin, USA.
- GILBERT, F.A.. 1951. The place of sulfur in plant nutrition. *The Bot. Rev.* 17(9): 671-691.

- GOODALL, D.W.. 1946. The distribution of weight change in the young tomato plants. Changes in dry weight of separated organs and translocations rates. *Ann. of Bot.*, 10(40): 305-338.
- GREIG, J.K., J.E.MOTES, A.S.AL-TIKRITI. 1968. Effect of nitrogen levels and micronutrients on yield, chlorophyll and mineral content of spinach. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 92: 508-515.
- HAAG, H.P.. 1958. Efeitos das deficiências e excessos de macronutrientes no crescimento e na composição do cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Bourbon (B.Roch.) Chouss) cultivado em solução nutritiva. Tese. E.S.A."Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, São Paulo.
- HAAG, H.P.. 1965. Estudos de nutrição mineral da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L. var. CB-76), cultivada em solução nutritiva. Tese. E.S.A."Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, São Paulo.
- HAAG, H.P., P.HOMA. 1969. Nutrição mineral de hortaliças. VIII. Deficiências de macronutrientes em cenoura. *Anais da E.S.A."Luiz de Queiroz"*, 26: 131-139.
- HATTA, A., K.OGATA. 1969. Studies on nitrate and nitrite in horticultural products. I. Nitrate and nitrite contents in spinach and its change during storage and processing. *J.Jap. Soc. Fd. Nutr.* 22: 644-648. *Apud Nutr. Abstr.* 41: 823. 1971.
- HEWITT, E.J.. 1951. Role of the mineral elements in plant nutrition. *Ann. Rev. Pl. Physiology* 2: 25-52.
- HEWITT, E.J.. 1963. The essential nutrient elements: requirements and interactions in plants. *In:* F.C.Steward (ed) Academic Press, New York, New York.
- HOAGLAND, D.R.. 1948. Lectures on the inorganic nutrition of plants. 2a. ed. *Chronica Botanica Company*, Waltham, Massachussets.
- HOAGLAND, D.R., D.I.ARNON. 1950. The water culture method for growing plants without soil. *Calif. Agric. Exp. Sta., California Circular* 347.

- HOHLT, H., D.N.MAYNARD. 1966.* Magnesium nutrition of spinach. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89: 478-482.
- HOMA, P., H.P.HAAG, J.R.SARRUGE. 1969.* Nutrição mineral de hortaliças. II. Absorção de nutrientes pela cultura de couve flor. O Solo 61(1): 9-16.
- HUMBERT, R.P., J.P.MARTIN. 1955.* Nutritional deficiency symptoms in sugar cane. Haw. Plant. Res. 55: 95-102.
- INDEN, E., C.MISAWA, A.TAKEI. 1958.* Potassium requirement of vegetable crops. Potassium Symposium (Tokyo), 60-75. Apud Hort. Abstr. 31: 798, 1961.
- JACOB, A. 1958.* Magnesium: The fifth major. Staples Press, London.
- JACOBSON, L. 1951.* Maintenance of Fe supply. Pl. Physiol. 26: 411-413.
- JOHNSON, C.M., A.ULRICH. 1959.* Analytical methods for use in plant analysis. California Agr. Exp. Sta. Bull. 766: 25-78.
- JONES, H.E., G.D.SCARSETH. 1944.* The calcium-boron balance in plants as related to boron needs. Soil Sci. 57: 15-24.
- JONES, W.W.. 1966.* Nitrogen. pp. 310-323. In: H.D.Chapman (ed) Diagnostic criteria for plants and soils. Univ. California Berkeley, California.
- KNOTT, J.E.. 1950.* Potherbs or greens. pp. 164-170. In: Lea & Febiger (ed) Vegetable growing. 4th ed. Philadelphia, USA.
- LEE, C.Y., R.S.SHALLENBERGER, D.L.DOWNING. 1971.* Nitrate and nitrite nitrogen in fresh stored and processed table beets and spinach from different levels of field nitrogen fertilization. J. Sci. Fd. Agric. 22: 90-92.
- LIWSKI, S., M.PIECHNA. 1963.* The effect of copper and molybdenum on some vegetable crops. Roczn. Glebozn. 13: 491-499. Apud Soils and Fertilizers 27: 539. 1964.

- LUCAS, R.E., G.D.SCARSETH. 1947.* Potassium, calcium and magnesium balance and reciprocal relationships in plants. *J. Amer. Soc. Agron.* 39: 887-897.
- MACHICADO, M., D.BOYNTON. 1961.* Effects of K, Mg and Ca deficiencies on the intermediary N constituents of cocoa leaves. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 77: 231-235.
- MACKAY, D.C., E.W.CHIPAMN, V.C.GUPTA. 1966.* Copper and molybdenum nutrition of crops grown on acid sphagnum peat soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 30(6): 755-759.
- MAJEWSKA, W.. 1969.* Studies on the need for Mg fertilization in spinach and lettuce. *Roczn. Nauk. Rol. Ser.* 95: 567-587. *Apud Hort. Abstr.* 41: 125. 1971.
- MALAVOLTA, E.. 1963.* Cultura e adubação do cafeeiro. *Inst. Bras. Potass. São Paulo, São Paulo.*
- MARSH, R.P., J.W.SHIVE. 1941.* Boron as a factor in the calcium metabolism of the corn plant. *Soil Sci.* 51: 141-151.
- MAYNARD, D.N.. 1970.* The effects of nutrient stress on the growth and composition of spinach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95(5): 598-600.
- MAYNARD, D.N., A.V.BARKER. 1971.* Critical nitrate levels for leaf lettuce, radish and spinach plants. *Comm. Soil Sci. Pl. Anal.* 2(6): 461-470.
- MAYNARD, D.N., A.V.BARKER. 1972.* Nitrate content of vegetables crops. *Hort. Sc.* 7(3): 224-226.
- MAYNARD, D.N., A.V.BARKER. 1974.* Nitrate accumulation in spinach as influenced by leaf tupe. *J.Amer. Hort. Sci.* 99(2): 135-138.
- MEDINA, E.H., J.W.SHIVE. 1946.* Calcium-boron relationships in the nutrition of corn and the distribution of these elements in the plants. *J. Agric. Univ. Porto Rico,* 30: 255-289.

- MINARIK, C.E., J.W.SHIVE. 1939. The effect of boron in the substrate on calcium accumulation by soybean plants. Amer. J. Bot. 26(10): 827-831.
- MUHR, G.R.. 1942. Plant symptoms of boron deficiency and effects of borax on the yield and chemical composition of several crops. Soil Sci. 54: 55.
- NASON, A., W.D. McELROY. 1963. Modes of action of the essential mineral elements. pp. 363-431. In: F.C.Steward (ed) Plant Physiology, Vol. III. New York, New York.
- NEAS, I.. 1953. Sulfur nutrition in blue-curred tobacis. Agron. J. 45(10): 472.
- NIGHTINGALE, G.T.. 1943. Physiological-chemical functions of potassium in crop growth. Soil Sci. 55:73-78.
- NIGHTINGALE, G.T., L.G.SCHERMERHORN, W.R. ROBBINS. 1932. Effects of sulfur deficiency on metabolism in tomato. Pl. Physiol. 7: 565-595.
- NIGHTINGALE, G.T., R.M.ADDOMS, W.R.ROBBINS, L.G.SCHERMERHORN. 1931. Effect of Ca deficiency on nitrate absorption and metabolism in tomato. Pl. Physiol. 6:605-630.
- OVERSTREET, R., L.JACOBSON, R.HANDLEY. 1952. The effects of Ca on the absorption of K by barley. Plant. Physiol. 27: 583.
- PEARL, R., T.I.EDUARD, J.R.MINEE. 1934. The growing of *Cucumis melo* L. seedlings at different temperatures. J. Gen. Physiol. 17: 687-700.
- PETERSON, W.H., J.T.SKINNER, F.M.STRONG. 1945. Vitamin content of common foods. pp. 272-277. In: Element of food biochemistry Prentice-Hall, Inc., New York, New York.
- PHILLIPS, W.E.J.. 1968. Changes in the nitrate and nitrite contents of fresh and processed spinach during storage. J. Agr. Chem. 16(1): 88-91.

- PIMENTEL GOMES, F.. 1973. Curso de Estatística Experimental. Piracicaba, SP. 5a. ed. Livaria Nobel, São Paulo, São Paulo.
- PURVIS, E.R., W.J.HANNA. 1940. Vegetable crops affected by boron deficiency in eastern Virginia. Virg. Truck. Crop. Exp. Sta. Bulletin 105: 1719-1742.
- REEVE, E., J.W.SHIVE. 1944. Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition. Soil Sci. 57: 1-14.
- REUFF, B.. 1970. Vitamin and trace-element contents of spinach as affected by different forms and rates of nitrogen. Sonderh. Landw. Forsch. 25(2): 106-114. Apud Soils and Fertilizers, 34(3): 2660. 1971.
- RICHARDS, E.J., E.BERNER. 1954. Physiological studies in plant nutrition. XVII. A general survey of the free aminoacids of barley as affected by mineral nutrition with special reference to potassium supply. Ann. J. Bot. 18: 15.
- ROMAINE, J.D.. 1940. Consider plants foods content of crops. Better Crops 3: 6-42.
- SANTOS, M.A.C., H.P.HAAG, J.R.SARRUGE. 1972. Nutrição Mineral de hortaliças. XX. Absorção de macro e micronutrientes pela ervilha (*Pisum sativum*, L.). Anais da E.S.A."Luiz de Queiroz", 29: 127-144.
- SARRUGE, J.R.. 1968. Estudos sobre as relações cálcio-boro e potássio-boro no cafeeiro (*Coffea arabica* L., var. Mundo Novo). Tese. E.S.A."Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, São Paulo.
- SARRUGE, J.R.. 1970. Práticas de nutrição e adubação das plantas cultivadas (mimeogr.). Depto. de Química, E.S.A."Luiz de Queiroz" USP, Piracicaba, São Paulo.
- SARRUGE, J.R., H.P.HAAG. 1974. Análises químicas em plantas. Dep. de Química, E.S.A."Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, São Paulo.

- SARRUGE, J.R., L.GOMES, H.P.HAAG; E.MALAVOLTA. 1963.* Estudos sobre a alimentação mineral do algodoeiro. I. Marcha de absorção de macronutrientes. Anais da E.S.A."Luiz de Queiroz", 20: 13-23.
- SCHMIDT, N.B., N.K.SCHMIDT. 1947.* Calcium deficiency and renal calculus produced by spinach. Nutr. Abstr. 16: 897.
- SCHWIETZER, C.H.. 1963.* Der eisenreiche spinat. Nutr. Abstr. 33: 40.
- SILVA, N. da, G.D.de OLIVEIRA, E.F.e. VASCONCELLOS, H.P.HAAG. 1970.* Nutrição mineral de hortaliças. XI. Absorção de nutrientes pela cultura do alho. Solo 62: 7-17.
- SILVEIRA, R.I.F. de A.de MELLO, M.O.C. do BRASIL SOBRO., S.ARZOLLA. 1971.* Adubos e adubação das principais culturas brasileiras. Vol. II. Depto. de Solos e Geologia, E.S.A."Luiz de Queiroz",USP Piracicaba, São Paulo.
- SKINNER, J.J., E.R.PURVIS. 1949.* Plant-nutrient deficiencies in vegetable or truck crops. pp. 1971-2214. In: E.F.Bear (ed). Hunger signs in crops: a symposium. 2a. ed. Washington, USA.
- SKOK, Y. 1941.* Effect of the form of the available N on the Ca deficiency symptoms in the bean plants. Pl. Physiol. 16: 145-159
- SPEIRS, S.M. 1939.* The utilization of the calcium in various greens. J. Nutr. 17(1): 557-564.
- STREL'NIKOVA, R.A.. 1968.* Effect of different forms of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on yield and quality of spinach. Soils and Fertilizers 31(5): 468.
- SUGAWARA, T.. 1965.* Magnesium deficiency of cultivated plants in Amazon regions. Bull. Coll. Agr. Utsunomiya Univ. 6(2): 7-12.
- TASHIRO, I., S.INARI. 1964.* Food chemical studies on leaf vegetables. I. On mineral elements of tsuruna. J.Jap. Soc. Food. Nutr. 17: 102-105. Apud Nutr. Abstr. 35: 333 (1965).
- THOMAS, M.D., R.H.HENDRICKS, G.R.HILL. 1950.* Sulfur content of vegetation. Soil Sci. 70(1): 9-17.

- THOMPSON, H.C., W.C.KELLY. 1957. Potherbs or greens. pp. 214-317.
In: Vegetable crops, 5a. ed. McGraw-Hill, New York, New York.
- TRUOG, E., R.J.GOATES, G.C.GERLOFF, K.C.BERGER. 1947. Magnesium-
-phosphorus relationships in plant nutrition. Soil Sci. 63:
19-25.
- TUCKER, T.C., F.W.SMITH. 1952. The influence of applied boron,
magnesium and potassium on the growth and chemical composition of
red clover grown under greenhouse conditions. Soil Sci. Soc.
Amer. Proc. 16(3): 252-255.
- ULRICH, A., K.OHKI. 1966. Potassium. pp. 362-393. In: H.D.
Chapman (ed) Diagnostic criteria for plants and soils. Univ.
California, Berkeley, California.
- VILLALOBOS-DOMINGUS & VILLALOBOS. 1947. Atlas de las colores. Li-
breria et Atenes, Buenos Aires, Argentina.
- VILLAR, H.S.D. 1962. Subsídio para o estudo da vitamina C nas fru-
tas e legumes vendáveis em Luanda. Agron. Angolana. 14: 35-45.
- WALL, M.E.. 1939. The role of K in plants. I. Effects of varying
amounts of potassium on nitrogenous, carbohydrate, and mineral
metabolism in the tomato plant. Soil Sci. 47: 143.
- WITTWER, S.H., R.H.GOFF. 1946. Nutritional values of New Zeland
spinach (*Tetragonia expansa*, Murr.). Food Reserch 11: 54-60; J.
Nutr. 31: 59-65, 1946. Apud Nutr. Abstr. 16:43, 1946/47.
- WOLF, B., V.ICHSAKA. 1947. Rapid chemical soil and plant tests.
Soil Sci. 64: 227-244.
- WOODBIDGE, C.G.. 1955. Magnesium deficiency in apples in British
Columbia. Canadian J. Agr. Sci. 35: 350-357.
- ZINK, F.W.. 1965. Growth and nutrient absorption in spring spinach.
Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87: 380-386.

APĚNDICE

.i.

Quantidade média de matéria seca, em grama por planta, obtido nos órgãos em estudo, em função da época de amostragem.

| Dias | Órgãos | | |
|------|--------|-------|-------|
| | Folha | Caule | Fruto |
| 30 | 0,37 | 0,07 | 0,00 |
| 45 | 0,62 | 0,25 | 0,00 |
| 60 | 8,65 | 3,94 | 0,65 |
| 75 | 34,96 | 26,78 | 8,24 |
| 90 | 45,70 | 43,10 | 20,17 |
| 105 | 28,20 | 32,50 | 38,65 |
| 120 | 26,10 | 42,30 | 37,90 |

.ii.

Análise da variância da regressão relativa às variações na produção de matéria seca nos órgãos estudados, em função das épocas de amostragem.

| Causa da Variação | G.L. | Q.M. | F |
|----------------------|------|----------|-----------|
| Regressão linear | 1 | 4.102,14 | 177,27** |
| Regressão quadrática | 1 | 1.382,84 | 59,76** |
| Regressão cúbica | 1 | 1.007,25 | 43,53** |
| Desvio de regressão | 3 | 336,42 | 14,54** |
| Épocas dentro folhas | (6) | 1.250,24 | |
| Regressão linear | 1 | 7.585,26 | 327,79** |
| Regressão quadrática | 1 | 63,34 | 2,74 N.S. |
| Regressão cúbica | 1 | 569,59 | 24,61** |
| Desvio de regressão | 3 | 285,35 | 12,33** |
| Épocas dentro caule | (6) | 1.512,38 | |
| Regressão linear | 1 | 6.331,24 | 273,60** |
| Regressão quadrática | 1 | 421,21 | 18,20** |
| Regressão cúbica | 1 | 273,91 | 11,83** |
| Desvio de regressão | 3 | 73,79 | 3,19* |
| Épocas dentro frutos | (6) | 1.207,95 | |
| Resíduo | 42 | 23,14 | |

C.V. = 25%

.iii.

Quantidade média dos macronutrientes em miligrama por planta, encontrado na matéria seca dos órgãos em estudo, em função da época de amostragem (dias).

| Órgãos | Dias | Nutrientes | | | | | |
|--------|------|------------|--------|---------|--------|--------|--------|
| | | N | P | K | Ca | Mg | S |
| | 30 | 14,80 | 1,02 | 23,56 | 2,48 | 3,38 | 1,48 |
| F | 45 | 26,60 | 2,82 | 35,08 | 5,34 | 4,92 | 2,56 |
| O | 60 | 326,10 | 27,89 | 523,11 | 87,22 | 83,00 | 20,22 |
| L | 75 | 1023,00 | 118,80 | 2110,80 | 528,80 | 342,40 | 122,60 |
| H | 90 | 910,25 | 92,75 | 2582,75 | 485,75 | 381,25 | 161,25 |
| A | 105 | 634,75 | 51,00 | 1323,25 | 624,25 | 237,50 | 86,50 |
| | 120 | 471,50 | 35,75 | 722,00 | 506,50 | 208,50 | 67,25 |
| | 30 | 1,92 | 0,26 | 4,86 | 0,85 | 0,33 | 0,26 |
| C | 45 | 3,95 | 0,74 | 11,34 | 2,47 | 1,08 | 0,68 |
| A | 60 | 68,44 | 11,22 | 266,22 | 75,67 | 26,67 | 6,22 |
| U | 75 | 296,80 | 59,80 | 1460,80 | 483,80 | 152,00 | 39,60 |
| L | 90 | 457,95 | 60,25 | 2177,75 | 485,50 | 205,25 | 54,00 |
| E | 105 | 337,75 | 34,75 | 1145,50 | 585,75 | 199,75 | 41,50 |
| | 120 | 383,25 | 38,50 | 1460,75 | 653,75 | 238,50 | 60,75 |
| | 30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| F | 45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| R | 60 | 20,22 | 2,67 | 31,22 | 6,44 | 6,22 | 2,00 |
| U | 75 | 188,20 | 32,40 | 294,40 | 99,60 | 75,00 | 21,80 |
| T | 90 | 398,75 | 56,25 | 663,50 | 143,25 | 131,75 | 40,50 |
| O | 105 | 703,00 | 70,25 | 967,25 | 295,50 | 204,50 | 82,25 |
| | 120 | 653,25 | 59,50 | 869,75 | 215,25 | 207,00 | 77,00 |

Quantidade média dos macronutrientes em micrograma por planta, encontrado na matéria seca dos órgãos em estudo, em função da época de amostragem (dias).

| Órgãos | Dias | Nutrientes | | | | |
|--------|------|------------|------|-------|-------|------|
| | | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
| | 30 | 23 | 99 | 133 | 36 | 37 |
| F | 45 | 26 | 10 | 542 | 90 | 54 |
| O | 60 | 326 | 127 | 3212 | 1888 | 1044 |
| L | 75 | 1654 | 786 | 13915 | 13618 | 5118 |
| H | 90 | 3185 | 676 | 16503 | 13473 | 3910 |
| A | 105 | 1754 | 390 | 17988 | 11130 | 3156 |
| | 120 | 1134 | 339 | 33303 | 12575 | 2683 |
| | 30 | 42 | 21 | 21 | 64 | 56 |
| C | 45 | 17 | 42 | 273 | 16 | 21 |
| A | 60 | 164 | 64 | 1028 | 624 | 268 |
| U | 75 | 1752 | 683 | 8131 | 5082 | 2032 |
| L | 90 | 2390 | 534 | 5607 | 4880 | 2387 |
| E | 105 | 1507 | 308 | 14000 | 5919 | 1766 |
| | 120 | 1611 | 330 | 16814 | 4989 | 2168 |
| | 30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| F | 45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| R | 60 | 24 | 11 | 217 | 112 | 70 |
| U | 75 | 404 | 171 | 2841 | 1855 | 934 |
| T | 90 | 1150 | 338 | 4568 | 2446 | 1234 |
| O | 105 | 2035 | 393 | 12660 | 5444 | 2353 |
| | 120 | 732 | 482 | 14668 | 5245 | 2191 |

Análise da variância das regressões relativas às variações na quantidade de nitrogênio dos órgãos estudados, em função das épocas de amostragem (dias).

| Causa da Variação | G.L. | Q.M. | F |
|----------------------|------|------------|-----------|
| Regressão linear | 1 | 1443331,87 | 58,15** |
| Regressão quadrática | 1 | 1373013,08 | 55,32** |
| Regressão cúbica | 1 | 364639,94 | 14,69** |
| Desvio de regressão | 3 | 210386,69 | 8,48** |
| Épocas dentro folhas | (6) | 376704,03 | |
| Regressão linear | 1 | 691994,40 | 27,88** |
| Regressão quadrática | 1 | 33593,20 | 1,35 N.S. |
| Regressão cúbica | 1 | 77878,00 | 3,14 N.S. |
| Desvio de regressão | 3 | 25687,83 | 1,03 N.S. |
| Épocas dentro caules | (6) | 146754,85 | |
| Regressão linear | 1 | 2002802,00 | 80,68** |
| Regressão quadrática | 1 | 75184,47 | 3,03 N.S. |
| Regressão cúbica | 1 | 122281,00 | 4,92* |
| Desvio de regressão | 3 | | |
| Épocas dentro frutos | (6) | 376704,03 | |
| Resíduo | 54 | 24821,59 | |

C.V. = 36%

Análise da variância das regressões relativas às variações na quantidade de fósforo dos órgãos estudados, em função das épocas de amostragem (dias).

| Causa da Variação | G.L. | Q.M. | F |
|----------------------|------|----------|-----------|
| Regressão linear | 1 | 10063,02 | 25,25** |
| Regressão quadrática | 1 | 20319,96 | 50,99** |
| Regressão cúbica | 1 | 4089,61 | 10,26** |
| Desvio de regressão | 3 | 4271,82 | 10,72** |
| Épocas dentro folhas | (6) | 7881,34 | |
| Regressão linear | 1 | 7673,57 | 19,26** |
| Regressão quadrática | 1 | 3214,22 | 8,06** |
| Regressão cúbica | 1 | 1338,18 | 3,35 N.S. |
| Desvio de regressão | 3 | 1242,35 | 3,12** |
| Épocas dentro caule | (6) | 2658,83 | |
| Regressão linear | 1 | 19831,10 | 49,77** |
| Regressão quadrática | 1 | 3,73 | 0,009** |
| Regressão cúbica | 1 | 2759,11 | 6,92* |
| Desvio de regressão | 3 | 88,29 | 0,22 |
| Épocas dentro frutos | (6) | 3809,80 | |
| Resíduo | 54 | 398,45 | |

C.V. = 30%

Análise da variância das regressões relativas às variações na quantidade de potássio dos órgãos estudados em função das épocas de amostragem (dias).

| Causa da Variação | G.L. | Q.M. | F |
|----------------------|------|---------------|-------------|
| Regressão linear | 1 | 6472923.8808 | 72.4825** |
| Regressão quadrática | 1 | 9377384.6953 | 105.0060** |
| Regressão cúbica | 1 | 4679423.8808 | 52.3992** |
| Desvio de regressão | 3 | 1180758.6577 | 13.2218** |
| Épocas dentro folhas | (6) | 4012001.4052 | |
| Regressão linear | 1 | 10437193.5390 | 116.8735** |
| Regressão quadrática | 1 | 1465242.8139 | 16.4074** |
| Regressão cúbica | 1 | 1684974.5009 | 18.8680** |
| Desvio de regressão | 3 | 1114499.1728 | 12.4799** |
| Épocas dentro caule | (6) | 2821818.0634 | |
| Regressão linear | 1 | 3827322.9638 | 42.8575** |
| Regressão quadrática | 1 | 56263.3750 | 0.6300** |
| Regressão cúbica | 1 | 355049.9221 | 3.9757 N.S. |
| Desvio de regressão | 3 | 25682.0416 | 0.2875* |
| Épocas dentro frutos | (6) | 719280.3979 | |
| Resíduo | 54 | | |

C.V. = 37%

Análise da variância das regressões relativas às variações na quantidade de cálcio dos órgãos estudados, em função das épocas de amostragem (dias).

| Causa da Variação | G.L. | Q.M. | F |
|----------------------|------|--------------|-------------|
| Regressão linear | 1 | 1409337.5444 | 173.3081** |
| Regressão quadrática | 1 | 77622.4531 | 9.5453** |
| Regressão cúbica | 1 | 177441.9376 | 21.8202** |
| Desvio de regressão | 3 | 46339.5156 | 5.6984** |
| Épocas dentro folhas | (6) | 300570.0803 | |
| Regressão linear | 1 | 1785273.4819 | 219.5375** |
| Regressão quadrática | 1 | 2425.8984 | 0.2983** |
| Regressão cúbica | 1 | 77161.8125 | 9.4886** |
| Desvio de regressão | 3 | 31234.6054 | 3.8409* |
| Épocas dentro caule | (6) | 326427.5014 | |
| Regressão linear | 1 | 269522.8864 | 33.1435** |
| Regressão quadrática | 1 | 2492.2314 | 0.3064** |
| Regressão cúbica | 1 | 31409.2852 | 3.8624 N.S. |
| Desvio de regressão | 3 | 7673.9007 | 0.9436** |
| Épocas dentro frutos | (6) | 54407.6842 | |
| Resíduo | 54 | | |

C.V. = 24%

Análise da variância das regressões relativas às variações na quantidade de magnésio dos órgãos estudados em função das épocas de amostragem (dias).

| Causa da Variação | G.L. | Q.M. | F |
|----------------------|------|-------------|-------------|
| Regressão linear | 1 | 271567.4642 | 132.6712** |
| Regressão quadrática | 1 | 138095.0470 | 67.4647** |
| Regressão cúbica | 1 | 70724.6914 | 34.5517** |
| Desvio de regressão | 3 | 29535.6850 | 14.4253** |
| Épocas dentro folhas | (6) | 94832.3762 | |
| Regressão linear | 1 | 237896.3004 | 116.2215** |
| Regressão quadrática | 1 | 572.2168 | 0.2795** |
| Regressão cúbica | 1 | 12895.9639 | 6.3001* |
| Desvio de regressão | 3 | 3987.0242 | 1.9478 N.S. |
| Épocas dentro caule | (6) | 43887.5923 | |
| Regressão linear | 1 | 190749.1148 | 93.1883** |
| Regressão quadrática | 1 | 4909.2368 | 2.3983 N.S. |
| Regressão cúbica | 1 | 10090.5015 | 4.9296* |
| Desvio de regressão | 3 | 725.8720 | 0.3546** |
| Épocas dentro frutos | (6) | 34654.4115 | |
| Resíduo | 54 | | |

C.V. = 35%

Análise da variância das regressões relativas às variações na quantidade de enxofre dos Órgãos estudados, em função das épocas de amostragem (dias).

| Causa da Variação | G.L. | Q.M. | F |
|----------------------|------|------------|-------------|
| Regressão linear | 1 | 36610.5532 | 91.3192** |
| Regressão quadrática | 1 | 22749.0359 | 56.7439** |
| Regressão cúbica | 1 | 16896.4336 | 42.1455** |
| Desvio de regressão | 3 | 5223.9024 | 13.0302** |
| Épocas dentro folhas | (6) | 15321.2883 | |
| Regressão linear | 1 | 13805.7367 | 34.4362** |
| Regressão quadrática | 1 | 55.0637 | 0.1373** |
| Regressão cúbica | 1 | 526.5938 | 1.3135 N.S. |
| Desvio de regressão | 3 | 601.6287 | 1.5006 N.S. |
| Épocas dentro caule | (6) | 2698.7133 | |
| Regressão linear | 1 | 26907.9998 | 67.1177** |
| Regressão quadrática | 1 | 1381.0521 | 3.4448 N.S. |
| Regressão cúbica | 1 | 1276.0407 | 3.1828 N.S. |
| Desvio de regressão | 3 | 377.4005 | 0.9413** |
| Épocas dentro frutos | (6) | 5116.2157 | |
| Resíduo | 54 | | |

C.V. = 43%

Análise da variância das regressões relativas às variações na quantidade de boro dos órgãos estudados em função das épocas de amostragem (dias).

| Causa da Variação | G.L. | Q.M. | F |
|----------------------|------|---------------|-------------|
| Regressão linear | 1 | 13298872.1679 | 20.8378** |
| Regressão quadrática | 1 | 6146338.6914 | 9.6306** |
| Regressão cúbica | 1 | 8054922.2539 | 12.6211** |
| Desvio de regressão | 3 | 1460978.4965 | 2.2891 N.S. |
| Épocas dentro folhas | (6) | 5313844.7656 | |
| Regressão linear | 1 | 14363520.0117 | 22.5060** |
| Regressão quadrática | 1 | 2070183.4384 | 3.2437 N.S. |
| Regressão cúbica | 1 | 2965689.6279 | 4.6469* |
| Desvio de regressão | 3 | 1209047.3657 | 1.8944 N.S. |
| Épocas dentro caule | (6) | 3837755.8623 | |
| Regressão linear | 1 | 7808365.1308 | 12.2348** |
| Regressão quadrática | 1 | 103388.1563 | 0.1619** |
| Regressão cúbica | 1 | 3932525.5966 | 6.1618** |
| Desvio de regressão | 3 | 674112.5942 | 1.0562 N.S. |
| Épocas dentro frutos | (6) | 2311102.7783 | |
| Resíduo | 54 | | |

C.V. = 77%

Análise da variância das regressões relativas às variações na quantidade de cobre dos órgãos estudados, em função das épocas de amostragem (dias).

| Causa da Variação | G.L. | Q.M. | F |
|----------------------|------|-------------|-------------|
| Regressão linear | 1 | 752789.5454 | 30.6918** |
| Regressão quadrática | 1 | 690714.9675 | 28.1610** |
| Regressão cúbica | 1 | 240242.0783 | 9.7948** |
| Desvio de regressão | 3 | 208102.2274 | 8.4845** |
| Épocas dentro folhas | (6) | | |
| Regressão linear | 1 | 606439.0063 | 24.7250** |
| Regressão quadrática | 1 | 392097.3674 | 15.9861** |
| Regressão cúbica | 1 | 132604.7423 | 5.4064** |
| Desvio de regressão | 3 | 196393.7543 | 8.0071** |
| Épocas dentro caule | (6) | 286720.3964 | |
| Regressão linear | 1 | 936830.2683 | 38.1953** |
| Regressão quadrática | 1 | 21939.2988 | 0.8944** |
| Regressão cúbica | 1 | 37674.6250 | 1.5360 N.S. |
| Desvio de regressão | 3 | 4744.5918 | 0.1934** |
| Épocas dentro frutos | (6) | 168446.3279 | |
| Resíduo | 54 | 24527,31 | |

C.V. = 43%

Análise da variância das regressões relativas às variações na quantidade de ferro dos órgãos estudados, em função das épocas de amostragem (dias).

| Causa da Variação | G.L. | Q.M. | F |
|----------------------|------|------------------|-------------|
| Regressão linear | 1 | 31162005923.0000 | 137.7900** |
| Regressão quadrática | 1 | 130616728.0937 | 5.7758** |
| Regressão cúbica | 1 | 3949616.0029 | 0.1746** |
| Desvio de regressão | 3 | 66544978.7187 | 2.9426* |
| Épocas dentro folhas | (6) | 575067867.0000 | |
| Regressão linear | 1 | 970247544.5000 | 42.9040** |
| Regressão quadrática | 1 | 47999048.0312 | 2.1225 N.S. |
| Regressão cúbica | 1 | 1529548.0009 | 0.0676** |
| Desvio de regressão | 3 | 29091416.6875 | 1.2864 N.S. |
| Épocas dentro caule | (6) | 184508398.5625 | |
| Regressão linear | 1 | 119788386.4375 | 5.2970* |
| Regressão quadrática | 1 | 5897906.5039 | 0.2608** |
| Regressão cúbica | 1 | 4275743.7539 | 0.1890** |
| Desvio de regressão | 3 | 2015498.0009 | 0.0891** |
| Épocas dentro frutos | (6) | 22668088.4609 | |
| Resíduo | 54 | 22614315,17 | |

C.V. = 68%

Análise da variância das regressões relativas às variações na quantidade de manganês dos órgãos estudados, em função das épocas de amostragem (dias).

| Causa da Variação | G.L. | Q.M. | F |
|----------------------|------|--------------|-----------|
| Regressão linear | 1 | 725859408,75 | 130,84** |
| Regressão quadrática | 1 | 66971588,04 | 12,07** |
| Regressão cúbica | 1 | 67823424,09 | 12,22** |
| Desvio de regressão | 3 | 51966103,53 | 9,36** |
| Épocas dentro folhas | (6) | 169425455,18 | |
| Regressão linear | 1 | 77441736,56 | 13,95** |
| Regressão quadrática | 1 | 29141722,01 | 5,25* |
| Regressão cúbica | 1 | 40056356,04 | 7,22* |
| Desvio de regressão | 3 | 3967793,25 | 0,71** |
| Épocas dentro caule | (6) | 26423865,73 | |
| Regressão linear | 1 | 119788386,43 | 21,59** |
| Regressão quadrática | 1 | 5897906,50 | 1,06 N.S. |
| Regressão cúbica | 1 | 4275743,75 | 0,77** |
| Desvio de regressão | 3 | 2015498,00 | 0,36** |
| Épocas dentro fruto | (6) | 22668088,46 | |
| Resíduo | 54 | 5547672,15 | |

C.V. = 52%

Análise da variância das regressões relativas às variações na quantidade de zinco dos órgãos estudados em função das épocas de amostragem (dias).

| Causa da Variação | G.L. | Q.M. | F |
|----------------------|------|-------------|-------------|
| Regressão linear | 1 | 41329294,04 | 72,68** |
| Regressão quadrática | 1 | 22491512,52 | 39,55** |
| Regressão cúbica | 1 | 7356966,00 | 12,93** |
| Desvio de regressão | 3 | 7148108,56 | 12,57** |
| Épocas dentro folhas | (6) | 15437016,37 | |
| Regressão linear | 1 | 20904082,48 | 36,80** |
| Regressão quadrática | 1 | 1302339,43 | 2,29 N.S. |
| Regressão cúbica | 1 | 1931515,50 | 3,39 N.S. |
| Desvio de regressão | 3 | 1335396,92 | 2,34 N.S. |
| Épocas dentro caule | (6) | 4690688,03 | |
| Regressão linear | 1 | 22108732,20 | 38,88** |
| Regressão quadrática | 1 | 520121,25 | 0,9147** |
| Regressão cúbica | 1 | 1171700,87 | 2,0607 N.S. |
| Desvio de regressão | 3 | 284739,76 | 0,5007** |
| Épocas dentro frutos | (6) | 4109128,93 | |
| Resíduo | 54 | 568572,55 | |

C.V. = 46%