

NUTRIÇÃO MINERAL DE HORTALIÇAS. XXV – DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES E DE BORO EM ESPINAFRE (*Tetragonia expansa* Murr.)*

M. DO CARMO THOMAZ**

H.P. HAAG***

G.D. DE OLIVEIRA***

J.R. SARRUGE***

RESUMO

O trabalho teve como objetivo estudar alguns aspectos da nutrição mineral do espinafre (*Tetragonia expansa* Murr.) no que concerne:

- 1 – Efeitos da omissão dos macronutrientes e do boro, na obtenção de um quadro sintomatológico;
- 2 – Efeitos das carências na produção de matéria seca e composição química da planta.

Mudas com trinta dias de idade foram transplantadas para soluções nutritivas carentes nos macronutrientes e/ou em boro. A coleta das plantas foi realizada quando os sintomas de deficiência se tornaram evidentes. No material seco procedeu-se a análise química. Os dados mostram que:

- 1 – os sintomas visuais de deficiência de N, K, Ca e B apresentam-se bem definidos; sendo que os de P, Mg e S são de difícil caracterização;
- 2 – os teores dos nutrientes em plantas sadias e deficientes 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 | 0,54 | 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 |

* Entregue para publicação em 28/7/1975. Parte da dissertação apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau de Mestre pela USP. Apresentado no I Congresso da Sociedade de Oleicultura do Brasil, 20 a 26/7/75, Botucatu, SP, Brasil.

** Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, Pará.

*** Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, SP.

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 (*Spinacea 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 consumido 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 (CORRÊA, 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.).

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

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.

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 900 g a 1000 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.

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 da 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 aplicação de magnésio em espinafre e alface, cultivados em solos deficientes no elemento.

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

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.

MATERIAL E MÉTODOS

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 aproximadas 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.

* Tintas Coral, S.A. - SP.

** O. Baumgart Indústria e Comércio - SP.

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.

| Tratamentos | Soluções nutritivas |
|---------------|--|
| 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 ou 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.

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 à caracterização das cores.

Com os sintomas de deficiência bem definidos, procedeu-se à 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 semimicro "Wiley", peneira de malha nº 20 e analisado para N, P, K, Ca, Mg, S e B.

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).

* 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.

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.

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

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 desprendendo-se da planta. Folhas da porção mediana do caule e as mais novas exibiram coloração verde bem pálido (L-10-100). Floração reduzida, 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-3-7^o), 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 citros, 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-4-11^o), apresentavam manchas cloróticas (LLG-5-10^o) espalhadas pelo limbo, que tinha aspecto ondulado, com margens necrosadas e recurvadas. Folhas medianas e inferiores permaneciam levemente cloróticas (GGL-11-10^o) com margens também tendendo a se curvar. Caules amarelados (LLY-8-10^o) com muitas ramificações finas, de cor verde clara (LG-7-10^o).

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 um só, grande, ocupando quase toda a lâmina das folhas, que se tornaram bronzeadas (OY-2-8^o). 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-7-12^o), principalmente as mais próximas das extremidades. Folhas mais velhas bem cloróticas (LLY-9-11^o), 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 quiabeiro 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-6-7^o). Folhinhas ao redor das gemas terminais mostravam-se esbranquiçadas com pecíolos cinza-escuros (LLG-15-1^o).

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

Tratamento com omissão de magnésio

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

Um amarelecimento (LLY-8-10^o) 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-10-11^o), 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-10-11^o) nas folhas medianas e mais velhas.

Em estágio avançado da carência, as folhas novas ficaram uniformemente cloróticas (LG-8-10^o) e de tamanho pequeno. As mais velhas também amareleceram por completo (LLY-12-11^o), desprendendo-se da planta. Todas 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 & WITTEWERT (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 omitido 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-5-2^o). 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-5-3^o). Folhas novas tornaram-se coriáceas, levemente cloróticas (GGL-8-10^o), 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-6-10^o) 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.

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 1 – 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 | 9,92 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% | | | | |
| D.M.S. 5% (Tukey) | = 2,54 | – | D.M.S. 5% (Tukey) = 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 1 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, ocorrendo, conseqüentemente, os sintomas iniciais da carência nas folhas novas, conforme descrito anteriormente.

Constata-se também pelo Quadro 1 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. Com respeito ao cálcio, este fato pode estar ligado a uma possível deficiência de nitrogênio, conforme mencionado anteriormente, já que o elemento mostrou-se com pouca mobilidade 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: $N > Ca > B > K > P > Mg > S$.

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 2, 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 & HAGE-

MAN (1969), EPSTEIN (1972), GAUCH (1972), entre outros, referem-se à fácil translocação do nutriente para as partes em crescimento do vegetal.

QUADRO 2 – 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 2, 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 2, 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 cafeeiro. 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”.

Fósforo

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 3 observa-se a maior concentração do nutriente nas folhas superiores e depois nos frutos, indicando a mobilidade do fósforo.

QUADRO 3 – 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 ** | 2,30 n.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.

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 3 observa-se que somente o tratamento "omissão de P" afetou a concentração do fósforo nas folhas e caules quando contrastado com o "completo", apresentando uma diferença significativa ao nível de 5% em relação àquele.

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

* Dados não publicados – Depto. de Química - ESALQ, 1974.

TUCKER & SMITH (1952), trabalhando com trevo, estabeleceram uma correlação positiva entre o teor de fósforo e 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 semelhantes 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 4 observa-se que nas plantas sob omissão 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 & WITWER, 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.

A comparação entre os teores de potássio obtidos para as folhas superiores e inferiores, nos diferentes tratamentos, apresentados no Quadro 4 revela que os tratamentos, com exceção do “omissão de K”, não diferiram do “completo”.

Quando 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

QUADRO 4 – 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.

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 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 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 5).

QUADRO 5 – 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.

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 tomateiro, 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 superiores. 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”.

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 cátion 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 de cálcio e potássio, OVERSTREET et alii (1952) confirmam essa teoria, afirmando que a falta de um desses cátions 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 da 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 íon, o teor de cálcio absorvido pelas plantas carentes, igualou-se ao das submetidas ao tratamento "completo". MAJEWSKA (1969) fez a 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 íons 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 condicionada 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, observou que tecidos de plantas deficientes ou inadequadamente supridas 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 metabolismo de cálcio variam com a espécie estudada e com as condições do trabalho experimental. Os dados presentes estão de acordo 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 deficientes 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 mobilidade do magnésio dentro da planta (HEWITT, 1963; EMBLETON, 1966; GAUCH, 1972; EPSTEIN, 1972). Em espinafre Nova Zelândia, o nutriente mostrou moderada translocação (Quadro 6), 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 6 – 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), WOODBRIDGE (1955) e EMMERT (1961), nas folhas superiores e nos frutos deficientes em cálcio, o alto teor de magnésio é uma indicação do antagonismo existente entre esses nutrientes.

O mais baixo teor de magnésio ocorreu nas plantas deficientes 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 (1,20%) obtido por HOHLT & MAYNARD (1966) em folhas de espinafre cultivado em solução nutritiva completa 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 7), 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 & WITWER (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 THOMAZ 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 nitrato 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 7 – 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 |
| D.M.S. 5% (Tukey) | 0,26 | | | |

* Letras não comuns entre as médias expressam diferenças significativas 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 citros 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 7.

Boro

A concentração em parte por milhão do nutriente, contido na matéria seca das diferentes amostras, foi obtida de acordo com os tratamentos (Quadro 8).

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.

QUADRO 8 – 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.

Pelos dados do Quadro 8, a concentração do elemento foi bem maior nas folhas inferiores de plantas sadias e deficientes, comprovando 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 íons no substrato.

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 & SCARSETH (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 & SCARSETH (1944) em alfafa e fumo.

O tratamento no qual se omitiu o fósforo, embora não diferindo 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 acusou uma redução significativa ao nível de 5%, no teor de boro das folhas inferiores e do caule, em relação ao

das plantas do tratamento “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 sintomas externos de toxidez ou de deficiência de boro, em alto ou baixo nível do elemento, respectivamente, naquelas plantas.

Segundo JOHNSON & ULRICH (1959), a concentração de boro adequada para o desenvolvimento normal das plantas varia de 10 ppm a 100 ppm, dependendo da espécie. Valores maiores que 1000 ppm têm sido relacionados com toxidez e abaixo de 5 ppm com deficiência do nutriente. O teor médio nas folhas das plantas sadias (Quadro 9), está em concordância com o teor “adequado”, citado pelos autores.

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 9.

QUADRO 9 – Níveis de nutrientes encontrados nas folhas de plantas com e sem deficiência.

| Elemento | 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 |

CONCLUSÕES

- 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 |

SUMMARY

MINERAL NUTRITION OF VEGETABLE CROPS. XXV – 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.

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 malnutrition symptoms appered, the plants were harvested and analysed chemically.

- 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 | Superiors 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 |
| | (ppm) | | | |
| B | 150 | 208 | 50 | 91 |

LITERATURA CITADA

- BARKER, A.V. & MAYNARD, D.N., 1971. Nutritional factors affecting nitrate accumulation in spinach. *Comm. Soil Sci. Pl. Anal.* 2(6):471-478.
- BEAR, F.E. & TOTH, S.J., 1948. Influence of calcium on availability of other soil cations. *Soil Sci.*, 65:69-74.
- BEAUMONT, A.B. & SNELL, M.E., 1935. The effect of magnesium deficiency on crop plants. *J. Agric. Res.*, 50:553-562.
- BEEVERS, L. & HAGEMAN, R.H., 1969. Nitrate reduction in higher plants. *Ann. Rev. Pl. Physiol.*, 20:495-522.
- BIDDULPH, O., CORY, R. & BIDDULPH, S., 1956. The absorption and translocation of sulfur in red kidney bean. *Pl. Physiol.*, 31:28-33.
- BINGHAM, F.T., 1966. Phosphorus. pp. 324-361. IN: H.D. Chapman (ed.). *Diagnostic criteria for plants and soils.* Univ. California, Berkeley, California.
- BOTTRILL, D.E., POSSINGHAM, J.V. & KRIEDEMANN, P.E., 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.W. & WARRINGTON, K., 1927. The role of B in the growth plants. *Ann. Bot.*, 41:167.
- BRENNAN, E.G. & SHIVE, J.W., 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. & STOUT, P.R., 1959. The macronutrient elements. *Ann. Rev. Pl. Physiol.*, 10: 277-300.
- BUKOVAC, M.J. & WITTWER, S.H., 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.
- 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. & BROWN, S.M., 1941. The effects of sulfur deficiency on citrus. *Hilgardia*, 14:185-201.

- CIBES, H. & SAMUELS, G., 1955. Mineral deficiency symptoms displayed by coffee trees under controlled conditions. Agric. Exp. Sta. Univ. Puerto Rico, Rio Piedras. Technical Paper 14(8).
- CIBES, H. & SAMUELS, G., 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 NETTO, A., ACCORSI, W.R. & MALAVOLTA, E., 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. II-583. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro.
- COSTA, M.C.B., HAAG, H.P. & SARRUGE, J.R., 1972. Nutrição mineral de hortaliças. Absorção de macro e micronutrientes pela cultura do quiabeiro (*Hibiscus sculentum* L.). Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", 29:109-126.
- DRAKE, M., SIELING, D.H. & SCARSETH, G.D., 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., 1952. Effects of potassium deficiency on growth and metabolism of tomato. Bot. Gaz., 112:300.
- 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.
- FERNANDES, P.D., OLIVEIRA, G.D. de & HAAG, H.P., 1971. Nutrição mineral de hortaliças. XIV - Absorção de macronutrientes pela cultura de alface. O Solo, 63(2):7-10.
- FERNANDES, P.D. & HAAG, H.P., 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.
- FORSHEY, C.G. & McKEE, M.W., 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., KLACAN, G.R. & LORENZ, O.A., 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops. pp. 365-380. IN: L.M. Walsh & J.D. Beaton (eds.). 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.
- 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. & HOMA, P., 1969. Nutrição mineral de hortaliças. VIII - Deficiências de macronutrientes em cenoura. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", 26:131-139.
- HATTA, A. & OGATA, K., 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, 11:25-52.
- 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, Massachusetts.
- HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I., 1950. The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Exp. Sta., California, Circular 347.
- HOHLT, H. & MAYNARD, D.N., 1966. Magnesium nutrition of spinach. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 89:478-482.
- HUMBERT, R.P. & MARTIN, J.P., 1955. Nutritional deficiency symptoms in sugar cane. Haw. Plant. Res., 55:95-102.
- INDEN, E., MISAWA, C. & TAKEI, A., 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. & ULRICH, A., 1959. Analytical methods for use in plant analysis. California Agr. Exp. Sta. Bull., 766:25-78.
- JONES, H.E. & SCARSETH, G.D., 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.
- LEE, C.Y., SHALLENBERGER, R.S. & DOWNING, D.L., 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.
- LUCAS, R.E. & SCARSETH, G.D., 1947. Potassium, calcium and magnesium balance and reciprocal relationship in plants. J. Amer. Soc. Agron., 39:887-897.
- MACHICADO, M. & BOYNTON, D., 1961. Effects of K, Mg and Ca deficiencies on the intermediary N constituents of cocoa leaves. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 77:231-235.
- 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. & SHIVE, J.W., 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. & BARKER, A.V., 1972. Nitrate content of vegetable crops. Hort. Sc., 7(3): 224-226.
- MAYNARD, D.N. & BARKER, A.V., 1974. Nitrate accumulation in spinach as influenced by leaf tupe. J. Amer. Hort. Sci., 99(2):135-138.
- MEDINA, E.H. & SHIVE, J.W., 1946. Calcium-boron relationship 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. & SHIVE, J.W., 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 several crops. *Soil Sci.*, 54:55.
- NASON, A. & McELROY, W.D., 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., SCHERMERHORN, L.G. & ROBBINS, W.R., 1932. Effects of sulfur deficiency on metabolism in tomato. *Pl. Physiology*, 7:565-595.
- NIGHTINGALE, G.T., ADDOMS, R.M., ROBBINS, W.R. & SCHERMERHON, L.G., 1931. Effect of Ca deficiency on nitrate absorption and metabolism in tomato. *Pl. Physiol.*, 6:605-630.
- OBERSTREET, R., JACOBSON, L. & HANDLEY, R., 1952. The effects of Can on the absorption of K by barley. *Plant. Physiol.*, 27:583.
- 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. Livraria Nobel, São Paulo, São Paulo.
- PURVIS, E.R. & HANNA, W.J., 1940. Vegetable crops affected by boron deficiency in eastern Virginia. *Virg. Truck. Crop. Exp. Sta. Bulletin* 105:1719-1742.
- REEVE, E. & SHIVE, J.W., 1944. Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition. *Soil Sci.*, 57:1-14.
- RICHARDS, E.J. & BERNER, E., 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.
- 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. & HAAG, H.P., 1974. Análises químicas em plantas. Depto. de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, São Paulo.
- SKINNER, J.J. & PURVIS, E.R., 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.
- SKOY, Y., 1941. Effer of the form of the available N on the Ca deficiency symptoms in the bean plants. *Pl. Physiol.*, 16:145-159.
- SUGAWARA, T., 1965. Magnesium deficiency of cultivated plants in Amazon region. *Bull. Coll. Agr. Utsunomiya Univ.*, 6(2):7-12.
- THOMAZ, M.D., HENDRICKS, R.H. & HILL, G.R., 1950. Sulfur content of vegetation. *Soil Sci.*, 70(1):9-17.
- TRUOG, E., GOATES, R.J., GERLOFF, G.C. & BERGER, K.C., 1947. Magnesium-phosphorus relationship in plant nutrition. *Soil Sci.*, 63:19-25.
- TUCKER, T.C. & SMITH, F.W., 1952. The influence of applied boron, magnesium and potassium on the growth and chemical composition of red clover under greenhouse conditions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 16(3):252:255.
- ULRICH, A. & OHKI, K., 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. Libreria El Ateneo, Buenos Aires, Argentina.
- VILLAR, H.S.D., 1962. Subsídio para o estudo da vitamina C nas frutas 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.
- WOLF, B. & ICHISAKA, V., 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.

