

EFEITOS DOS MACRONUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO  
E NA COMPOSIÇÃO MINERAL DA BATATINHA  
(*Solanum tuberosum* L., var. Bintje).

JAIRO LOPES DE CASTRO

Orientador: MOACYR DE O. C. DO BRASIL SOBRINHO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Novembro, 1979

Aos meus pais, Silvano e Ruth

À minha esposa, Sueli

Às minhas filhas, Débora e Andréa

Dedico

## AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Moacyr de Oliveira Camponez do Brasil Sobrinho, a cuja orientação devemos a execução deste trabalho;
- Ao Dr. José Romano Gallo, pelo apoio concedido na realização das análises químicas;
- Ao Dr. Eduardo Abramides pela orientação na condução das análises estatísticas;
- Aos colegas e funcionários da Seção de Raízes e Tubérculos do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo;
- Aos funcionários da Estação Experimental do Instituto Agronômico em Capão Bonito;
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz";
- Ao Instituto Agronômico do Estado de São Paulo;
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

## ÍNDICE

|  | Página |
|--|--------|
| LISTA DE QUADROS .....   | v      |
| RESUMO .....   | vi     |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 1      |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....   | 5      |
| 2.1. Concentração de Macronutrientes .....                               | 5      |
| 2.2. Absorção de Macronutrientes .....                                   | 24     |
| 2.3. Sintomas de deficiências .....                                      | 30     |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS .....  | 34     |
| 3.1. Material de propagação .....  | 34     |
| 3.2. Instalação do experimento .....                                     | 35     |
| 3.3. Descrição dos sintomas de deficiência e coleta das<br>plantas ..... | 39     |
| 3.4. Análises químicas .....   | 40     |
| 3.5. Análises estatísticas .....   | 41     |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 42     |
| 4.1. Sintomatologia das deficiências .....                               | 42     |
| 4.2. Desenvolvimento das plantas .....                                   | 48     |
| 4.3. Concentração dos macronutrientes .....                              | 53     |
| 4.4. Extração dos macronutrientes .....                                  | 80     |
| 5. CONCLUSÕES .....  | 84     |
| 6. SUMMARY .....   | 89     |
| 7. BIBLIOGRAFIA .....  | 92     |
| APÊNDICE .....   | 102    |

## LISTA DE QUADROS

| Quadro nº |  | Página |
|-----------|--|--------|
| 1         | Composição química das soluções nutritivas .....   | 37     |
| 2         | Altura, número de folhas e número de tubérculos das plantas, em função dos tratamentos .....                 | 49     |
| 3         | Peso da matéria seca total e dos diversos órgãos da planta em gramas, em função dos tratamentos .....        | 50     |
| 4         | Teor percentual de nitrogênio na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos ..... | 54     |
| 5         | Teor percentual de fósforo na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos ....     | 58     |
| 6         | Teor percentual de potássio na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos ....    | 62     |
| 7         | Teor percentual de cálcio na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos ....      | 67     |
| 8         | Teor percentual de magnésio na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos ....    | 72     |
| 9         | Teor percentual de enxofre na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função dos tratamentos ....     | 76     |
| 10        | Nutrientes extraídos em mg, por órgão da planta e total, em função dos tratamentos .....                     | 81     |

## RESUMO

O presente trabalho teve por finalidade estudar alguns aspectos da nutrição mineral da batatinha (*Solanum tuberosum* L., var. Bintje) no que concerne à sintomatologia das deficiências de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, bem como os efeitos da omissão e presença desses nutrientes no desenvolvimento e na composição mineral das plantas.

O experimento foi conduzido sob condições de casa de vegetação, sendo utilizados para plantio brotos destacados de tubérculos. As plantas foram cultivadas em vasos de barro, contendo quartzo moído como substrato.

Inicialmente, durante 20 dias, os vasos foram irrigados por percolação com solução nutritiva completa, diluída com água destilada na relação de 1:5. Quando as plantas atingiram 5 cm de altura iniciaram-se os tratamentos com solução nutritiva completa e com omissão de macronutrientes.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 8 tratamentos e 4 repetições, num total de 32 parcelas, sendo cada parcela representada por um vaso contendo uma planta. Os tratamentos consistiram de: Completo 1, omissão de nitrogênio, omissão de fósforo, omissão de potássio, Completo 2, omissão de cálcio, omissão de magnésio e omissão de enxofre, recebendo todos eles os demais nutrientes, macros e micros.

Os sintomas característicos da omissão de cada macronutriente foram descritos a partir do momento de seu aparecimento até o estabelecimento definitivo do quadro sintomatológico.

A coleta das plantas foi realizada quando os sintomas de deficiência se tornaram evidentes. Os tratamentos com omissão de nitrogênio, omissão de fósforo, omissão de potássio e Completo 1 foram colhidos aos 60 dias após a emergência das plantas e os tratamentos com omissão de cálcio, omissão de magnésio, omissão de enxofre e Completo 2 aos 80 dias.

O desenvolvimento das plantas foi avaliado através da altura, número de folhas, número de tubérculos e peso da matéria seca dos diversos órgãos das plantas.

As plantas, na colheita, foram divididas em folhas superiores, folhas inferiores, hastes, raízes e tubérculos.

Na matéria seca dos diversos órgãos da planta foram analisadas as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre.

As principais conclusões obtidas no presente trabalho foram:

1. o desenvolvimento das plantas foi seriamente afetado na omissão de nitrogênio, de fósforo, de potássio e de magnésio, e menos afetado na omissão de cálcio. A omissão de enxofre não prejudicou o desenvolvimento das plantas;

2. as omissões dos macronutrientes, com exceção do enxofre, causaram sintomas visuais de deficiência bem definidos, sendo de fácil caracterização;

3. os teores dos nutrientes expressos em porcentagem (%) encontrados na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função da presença ou da omissão de macronutrientes são:

| Nutriente   | Folhas inferiores | Folhas superiores | Hastes | Tubérculos | Raízes |
|-------------|-------------------|-------------------|--------|------------|--------|
| N presente  | 4,65              | 3,82              | 1,54   | 1,75       | 2,37   |
| omitido     | 2,11              | 1,42              | 1,65   | 1,24       | 0,70   |
| P presente  | 0,320             | 0,176             | 0,108  | 0,257      | 0,143  |
| omitido     | 0,119             | 0,072             | 0,079  | 0,120      | 0,019  |
| K presente  | 4,46              | 5,30              | 3,73   | 2,70       | 1,94   |
| omitido     | 1,81              | 1,53              | 1,79   | 1,55       | 0,31   |
| Ca presente | 2,21              | 3,13              | 1,10   | 0,08       | 1,00   |
| omitido     | 0,26              | 0,30              | 0,22   | 0,07       | 0,39   |
| Mg presente | 0,58              | 0,83              | 0,70   | 0,14       | 0,78   |
| omitido     | 0,09              | 0,05              | 0,05   | 0,08       | 0,07   |
| S presente  | 0,504             | 0,501             | 0,457  | 0,358      | 0,632  |
| omitido     | 0,352             | 0,402             | 0,341  | 0,111      | 0,379  |



## 1. INTRODUÇÃO

A batatinha, batata americana ou, impropriamente chamada, batata inglesa, é originária da região dos Andes, na América do Sul. Antes da descoberta do continente sul-americano pelos europeus, ela já era aí cultivada. Introduzida na Europa através da Inglaterra e da Espanha, é hoje um dos produtos alimentares mais difundidos em todo o mundo.

Os tubérculos, além de serem utilizados diretamente na alimentação, são utilizados, também, nas indústrias do álcool, de farinhas, de amido, etc.

É uma planta dicotiledônea, família Solanaceae, gênero *Solanum*, subgênero Pachystemonum, seção Tuberarium, subseção Hyperbathrum, série Tuberosa e espécie *Solanum tuberosum* com duas subespécies: *tuberosum* e *andigena* (HAWKES, 1956).

A primeira subespécie teria sua origem no Chile e sudoeste da Argentina e a segunda na região dos Andes, no Peru e na Bolívia. As variedades originárias da subespécie *andigena*, são em geral de dias

curtos, não sendo indicadas para as condições brasileiras. As variedades derivadas da subespécie *tuberosum* são de dias longos, sendo as mais cultivadas na Europa e as que, também, mais se adaptam ao nosso meio.

A produção desta solanácea no Brasil concentra-se nos Estados das Regiões Sul e Sudeste, embora regiões microclimáticas de outros Estados, como por exemplo Paraíba e Bahia, já a explorem tradicionalmente.

A área cultivada com batatinha no Brasil em 1977 foi de 195.767 ha, produção de 1.896.311 t e rendimento médio de 9.686 kg/ha. Os cinco principais Estados produtores, com 98,7% da produção nacional, são: Paraná com área de 59.604 ha, produção 709.688 t e rendimento médio de 11.906 kg/ha; São Paulo com área de 26.900 ha, produção de 390.000 t e rendimento médio de 14.498 kg/ha; Rio Grande do Sul com área de 61.000 ha, produção de 387.600 t e rendimento médio de 6.354 kg/ha; Minas Gerais com área de 25.865 ha, produção de 255.971 t e rendimento médio de 9.896 kg/ha; Santa Catarina com área de 15.964 ha, produção de 128.886 t e rendimento médio de 8.073 kg/ha (BRASIL, 1978).

Embora a área cultivada seja relativamente grande, superada na América do Sul apenas pelo Peru, o rendimento médio é baixo, principalmente, se considerarmos que alguns agricultores chegam a alcançar 25.000 a 30.000 kg/ha.

Entre as causas que contribuem para o baixo rendimento médio, a principal é a má qualidade sanitária das batatas-semente empregadas, que representam 35% a 45% dos custos de produção (SÃO PAULO, 1978).

No decênio 1967/77 verificou-se um aumento no rendimento médio por hectare da ordem de 44% o que indica um bom avanço tecnológico nos últimos anos.

O consumo anual "per capita" no Brasil é ainda muito baixo, cerca de 12 kg, sendo o do Estado de São Paulo, que é considerado um dos maiores consumidores brasileiros é de 25 kg aproximadamente. Em alguns países europeus como a Alemanha, Bélgica e Holanda o consumo anual "per capita" é superior aos 100 kg.

Em 1973, ocupou o 9º lugar em importância econômica em relação às demais plantas cultivadas, exceto café, vindo depois da soja, milho, arroz em casca, feijão em grão, mandioca, cana de açúcar, algodão herbáceo e trigo em grão (BRASIL, 1975).

Apesar da importância econômica desta cultura entre nós, poucos são os trabalhos experimentais sobre a sua nutrição mineral, especialmente os relacionados com a composição mineral das plantas, níveis adequados ou deficientes de nutrientes e descrição de sintomas de deficiência como guia para possíveis correções de deficiências nutricionais sob condições de campo.

A necessidade destes estudos pode ser ainda reforçada pelo fato de serem constantemente confundidos sintomas de doenças de vírus ou fungos com os de deficiências minerais ou vice-versa.

O presente trabalho foi realizado visando atender os seguintes objetivos:

a) obter um quadro sintomatológico das deficiências de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre;

b) verificar o efeito da omissão e presença desses nutrientes sobre o desenvolvimento e composição mineral das plantas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Concentração de Macronutrientes

A concentração de nutrientes na planta, num dado momento, é o resultado da ação conjunta de vários fatores: clima, solo, tempo ou idade da planta, a própria planta e práticas culturais (ULRICH, 1948). Por estes motivos, os dados citados nesta revisão de literatura relativos à concentração de macronutrientes na planta da batatinha, níveis adequados ou deficientes, são bastante variáveis.

CAMARGO e KRUG (1935), em experimento realizado, em condições de vaso, com a variedade Eigenheimer, encontraram nos tubérculos teor de 0,32% de N, na parte aérea 1,54% de N e nas raízes 1,37% de N.

LORENZ (1944a) estudando o efeito de níveis de adubação na produção e composição mineral da variedade Kern County, obteve em condições de campo os seguintes resultados com relação aos teores de nutrientes: a) no tratamento onde se omitiu o nitrogênio os teores de N aos 60 e 90 dias após o plantio foram, respectivamente, 4,75 e 3,13% nos

folíolos, 1,86 a 0,85% nas hastes e pecíolos, 1,52 e 0,94% nas raízes e 1,23 e 0,78% nos tubérculos; b) no tratamento com nível mais elevado de nitrogênio e na presença de níveis adequados de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  os teores de N aos 60 e 90 dias após o plantio foram, respectivamente, 6,40 e 4,88% nos folíolos, 3,84 e 2,00% nas hastes e pecíolos, 3,22 e 2,06% nas raízes, e 2,55 e 1,70% nos tubérculos; c) no tratamento onde foi omitido fósforo os teores de P encontrados aos 60 e 90 dias após o plantio foram, respectivamente, 0,44 e 0,29% nos folíolos, 0,39 e 0,21% nas hastes e pecíolos, 0,27 e 0,21% nas raízes e 0,30 e 0,26% nos tubérculos; d) no tratamento com nível mais elevado de  $P_2O_5$  e na presença de níveis adequados de N e  $K_2O$  os teores de P aos 60 e 90 dias após o plantio foram, respectivamente, 0,70 e 0,48% nos folíolos, 0,72 e 0,55% nas hastes e pecíolos, 0,65 e 0,59% nas raízes e 0,44 e 0,32% nos tubérculos; e) no tratamento onde foi omitido o potássio os teores de K encontrados aos 60 e 90 dias após o plantio foram, respectivamente, 4,57 e 4,54% nos folíolos, 8,42 e 6,30% nas hastes e pecíolos, 3,84 e 2,21% nas raízes e 2,38 e 2,04% nos tubérculos; f) no tratamento com nível mais elevado de  $K_2O$  e na presença de níveis adequados de N e  $P_2O_5$  os teores de K aos 60 e 90 dias após o plantio foram, respectivamente, 4,64 e 4,80% nos folíolos, 8,10 e 7,88% nas hastes e pecíolos, 4,72 e 2,66% nas raízes e 3,17 e 2,26% nos tubérculos; g) no tratamento com níveis adequados de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  os teores de Mg aos 60 e 90 dias após o plantio foram, respectivamente, 0,70 e 0,77% nos folíolos, 0,56 e 0,64% nas hastes e pecíolos, 0,57 e 0,53% nas raízes e 0,15 e 0,12% nos tubérculos; h) no tratamento com níveis adequados de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  os teores de Ca aos 60 e 90 dias após o

plântio foram, respectivamente, 1,62 e 1,78% nos folíolos, 1,59 e 1,36% nas hastes e pecíolos, 1,41 e 1,24% nas raízes e 0,18 e 0,04% nos tubérculos.

HAWKINS (1946) estudando a absorção de nutrientes pela batatinha, variedade Green Mountain, em diferentes estádios de desenvolvimento, encontrou os seguintes teores de N e S na parte aérea e nos tubérculos aos 50, 60, 70, 81, 90, 101 e 112 dias após o plantio, respectivamente, a) N% na parte aérea = 6,71, 5,73, 4,81, 4,14, 3,73, 2,92 e 2,65; b) N% nos tubérculos = -, 3,47, 2,62, 1,69, 1,62, 1,71 e 1,78; c) S% na parte aérea = 0,39, 0,36, 0,35, 0,30, 0,25, 0,26 e 0,26; d) S% nos tubérculos = -, 0,25, 0,10, 0,11, 0,11, 0,13 e 0,11.

HOUGLAND (1947) estudando a influência do fósforo em plantas de batatinha, variedade Green Mountain, cultivadas em soluções nutritivas de diferentes concentrações de  $PO_4^-$  obteve os seguintes teores de P para plantas cultivadas em soluções nutritivas com teores altos de fósforo (6,0 ppm de  $PO_4^-$ ), colhidas aos 62 dias após a emergência: 0,79% de P nas folhas, 0,66% de P nas hastes e 0,56% de P nos tubérculos. As plantas cultivadas em soluções nutritivas com baixos teores de P (0,3 ppm de  $PO_4^-$ ) apresentaram teores de 0,30% nas folhas, 0,12% nas hastes e 0,28% nos tubérculos.

LORENZ et alii (1958) em experimentos de campo, com a variedade Kern County, consideram dentro do nível crítico, teores de potássio de 10% nos pecíolos de folhas colhidas aos 50 dias após o plantio, 8% aos 65 dias e 6% aos 80 dias. Teores de potássio abaixo destes

valores estavam associados a baixas produções e sintomas de deficiências nas folhas.

Johnson (1958) citado por GEUS (1970), em folhas colhidas na metade do ciclo vegetativo, da variedade de White Rose, considerou de ficientes os teores de K abaixo de 7%, baixos os de 7 a 9%, médios os de 9 a 11% e altos os acima de 11%.

JACKSON e HADDOCK (1959) em estudos de marcha de absorção de nutrientes pela variedade Russet Burbank encontraram aos 60, 81, 102, 124 e 152 dias após o plantio, os seguintes teores de N, P e K, nas diferentes partes da planta da batatinha: a) N% na parte aérea = 3,88, 3,58, 2,92, 2,30 e 2,20; b) N% nos tubérculos = -, 1,38, 1,29, 1,29 e 1,38; c) P% na parte aérea = 0,28, 0,19, 0,14, 0,12 e 0,10; d) P% nos tubérculos = -, 0,18, 0,15, 0,14 e 0,14; e) K% na parte aérea = 3,80, 2,91, 2,50, 1,77 e 0,65; f) K% nos tubérculos = -, 1,93, 1,59, 1,59 e 1,41.

GARGANTINI et alii (1963) em estudos de absorção de nutrientes pela variedade Bintje, em condições de vaso, encontrou as seguintes concentrações:



| Idade da Planta<br>em dias | Partes da<br>planta | Teores |        |        |         |         |        |
|----------------------------|---------------------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|
|                            |                     | N<br>% | P<br>% | K<br>% | Ca<br>% | Mg<br>% | S<br>% |
| 30                         | Raízes              | 2,47   | 0,702  | 3,46   | 0,40    | 0,42    | 0,668  |
|                            | Hastes              | 1,86   | 0,520  | 6,96   | 0,73    | 0,38    | 0,509  |
|                            | Folhas              | 4,28   | 0,455  | 5,16   | 0,88    | 0,56    | 0,845  |
|                            | Tubérculos          | 1,94   | 0,500  | 3,44   | 0,17    | 0,22    | 0,229  |
| 40                         | Raízes              | 1,65   | 0,702  | 3,24   | 0,52    | 0,46    | 0,587  |
|                            | Hastes              | 1,77   | 0,435  | 6,96   | 0,82    | 0,44    | 0,260  |
|                            | Folhas              | 3,75   | 0,385  | 5,80   | 0,93    | 0,58    | 0,830  |
|                            | Tubérculos          | 1,66   | 0,360  | 2,78   | 0,13    | 0,13    | 0,242  |
| 50                         | Raízes              | 2,35   | 0,365  | 4,17   | 0,65    | 0,58    | 0,761  |
|                            | Hastes              | 1,70   | 0,240  | 4,83   | 1,07    | 0,40    | 0,216  |
|                            | Folhas              | 2,95   | 0,242  | 5,98   | 1,40    | 0,54    | 1,000  |
|                            | Tubérculos          | 1,48   | 0,342  | 2,81   | -       | 0,18    | 0,280  |
| 60                         | Raízes              | 1,36   | 0,270  | 2,14   | 1,00    | 0,23    | 0,632  |
|                            | Hastes              | 0,94   | 0,180  | 3,29   | 1,07    | 0,20    | 0,306  |
|                            | Folhas              | 1,65   | 0,182  | 4,62   | 1,65    | 0,24    | 1,086  |
|                            | Tubérculos          | 1,20   | 0,377  | 2,75   | 0,04    | 0,07    | 0,220  |
| 70                         | Raízes              | 1,66   | 0,378  | 2,21   | 0,73    | 0,18    | 0,654  |
|                            | Hastes              | 0,65   | 0,154  | 5,64   | 1,74    | 0,25    | 0,378  |
|                            | Folhas              | 1,99   | 0,170  | 3,66   | 2,00    | 0,24    | 0,866  |
|                            | Tubérculos          | 1,15   | 0,357  | 2,64   | 0,07    | 0,07    | 0,234  |
| 80                         | Raízes              | 1,76   | 0,252  | 1,03   | 1,12    | 0,14    | 0,336  |
|                            | Hastes              | 0,67   | 0,145  | 5,55   | 1,74    | 0,27    | 0,378  |
|                            | Folhas              | 1,45   | 0,147  | 3,54   | 2,10    | 0,28    | 0,926  |
|                            | Tubérculos          | 1,25   | 0,388  | 2,78   | 0,07    | 0,07    | 0,230  |

GALLO et alii (1965), compararam as produções de tubérculos com a composição de pecíolos e folíolos de plantas da variedade Bintje, colhidas aos 42,57 e 69 dias após o plantio. As plantas foram cultivadas em vasos, com solo de textura areno-argilosa e adubadas com N, P, K em doses crescentes de um elemento na presença da dose máxima dos outros dois. Os teores de N nos folíolos, nas três épocas de colheita, no tratamento onde foi omitido o N foram: 3,10, 3,01 e 3,59 e no tratamento completo e doses máximas de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  6,15, 5,18 e 4,50%. Os teores de P nos folíolos, nas três épocas de colheita no tratamento onde foi omitido o P foram 0,173, 0,156 e 0,169% e no tratamento completo e doses máximas 0,410, 0,315 e 0,211%. Nos pecíolos os teores de P no tratamento com omissão de P foram: 0,114, 0,090 e 0,082% e no tratamento completo e com doses máximas 0,384, 0,236 e 0,118%. Os teores de K nos folíolos nas três épocas de colheita no tratamento onde foi omitido o K foram 3,22, 2,94 e 2,82% e no tratamento completo e doses máximas 3,68, 3,58 e 3,71%. Os teores de K nos pecíolos, nas três épocas de colheita no tratamento com omissão de K foram: 7,32, 6,01 e 4,98% e no tratamento completo e doses máximas 7,74, 7,34 e 7,08%. Em vista da maior sensibilidade nas análises e para simplificar a amostragem são recomendadas as determinações do nitrogênio solúvel (N- $NO_3$ ), fósforo solúvel (P- $PO_4$ ) e potássio (K), nos pecíolos das terceiras folhas a partir da ponta, separada do tufo apical.

Segundo BURTON (1966) os tubérculos, apresentam por ocasião da colheita as seguintes concentrações de macronutrientes: 0,17 a 0,31% de P, 1,81 a 2,53% de K, 0,03 a 0,08% de Ca, 0,07 a 0,14% de Mg e

0,11 a 0,21% de S.

NAKAGAWA et alii (1966) em estudos de amostragem para fins de diagnose foliar em batatinha, em experimento realizado em condições de campo, com a variedade Maritta, obteve, na segunda amostragem realizada aos 60 dias após o plantio as seguintes amplitudes de variação para os teores de N, P, K e Ca:

| <u>Quarta Folha</u> |               |                |  | <u>Folha da Base</u> |               |                |  |
|---------------------|---------------|----------------|--|----------------------|---------------|----------------|--|
| <u>limbo</u>        |               | <u>pecíolo</u> |  | <u>limbo</u>         |               | <u>pecíolo</u> |  |
| N%                  | 3,05 - 4,16   | 1,61 - 1,96    |  | N%                   | 2,31 - 2,97   | 3,60 - 4,51    |  |
| P%                  | 0,196 - 0,236 | 0,145 - 0,210  |  | P%                   | 0,212 - 0,240 | 0,196 - 0,236  |  |
| K%                  | 3,62 - 4,47   | 4,20 - 4,75    |  | K%                   | 4,95 - 6,42   | 3,62 - 4,75    |  |
| Ca%                 | 1,20 - 1,56   | 1,42 - 1,89    |  | Ca%                  | 2,50 - 3,42   | 1,20 - 1,56    |  |

O limbo da quarta folha traduziu melhor a situação do N no solo. Tanto o limbo como o pecíolo da quarta folha apresentaram bons resultados para a análise do estado do fósforo no solo. Para o potássio e o cálcio os valores encontrados não foram suficientes para inferir a respeito de qual ou quais as partes da folha e qual dos pecíolos estudados se destinam melhor para amostra.

Garner et alii (1930) citados por CHAPMAN (1966), dão como deficiente o teor de 0,12 e como intermediário o teor de 0,13% de Mg encontrados em tubérculos.

Carolus (1933a), citado por CHAPMAN (1966), considerou deficientes os teores de 0,13 a 0,14% de Mg e como intermediários os

teores de 0,16 a 0,17%, encontrados em hastes de plantas cultivadas em condições de campo. Nas folhas superiores os teores considerados como deficientes foram os de 0,12 a 0,22% e intermediários os de 0,23 a 0,30%. Para as folhas inferiores os teores considerados deficientes foram os de 0,04 a 0,12% e intermediários os de 0,16 a 0,25%.

Carolus (1933b), citado por CHAPMAN (1966), considerou como deficientes os teores de 0,12 a 0,29% de Mg em folhas de plantas cultivadas em vaso e intermediários os de 0,28 a 0,66%.

Carolus e Brown (1935), citados por CHAPMAN (1966), consideraram como deficientes os teores de 0,06 a 0,13% de Mg encontrados na parte aérea de plantas cultivadas em vaso e intermediários os de 0,29 a 0,50%.

Beeson (1941), citado por CHAPMAN (1966), considera como baixo o teor de 0,11% de P determinado em tubérculos por ocasião da colheita e intermediário o teor de 0,25%.

Wallace et alii (1941), citado por CHAPMAN (1966), chamaram de deficientes os teores de 0,20 a 0,30% de Mg encontrados nas hastes em condições de campo, e intermediários os teores de 0,42 a 0,61%. Nas folhas, os teores considerados como deficientes foram os de 0,10 a 0,20% e intermediários os de 0,37 a 0,40%.

Jones e Plant (1942), citados por CHAPMAN (1966), encontraram em folhas deficientes em potássio teores de 3,00 a 3,51% de K e em folhas normais 5,85 a 6,79%. Para o Mg, determinado também em folhas,

os autores chamaram deficientes os teores de 0,16 a 0,33% de Mg e intermediários os teores de 0,40 a 0,86%.

Brickley (1943), citado por CHAPMAN (1966), considera como deficientes os teores de 0,38 a 0,44% de potássio e como intermediário o teor de 1%, em folhas de plantas cultivadas em condições de campo.

Nicholas e Jones (1944), citados por CHAPMAN (1966), consideraram como deficientes os teores de 1,55 a 5,19% de potássio e como intermediários os teores de 5,19 a 6,34% em folhas de plantas cultivadas em condições de campo.

Large (1945), citado por CHAPMAN (1966), considerou como deficiente os teores de potássio de 1,20 a 2,10% encontrados em folhas de plantas cultivadas em campo e como intermediários os teores de 2,10 a 6,34%.

Lorenz (1947), citado por CHAPMAN (1966), considera como baixos os teores de 3,76, 3,43 e 2,87% de N e intermediários os teores de 6,33, 4,89 e 3,00%, encontrados na parte aérea, respectivamente, aos 60, 73 e 88 dias após o plantio.

Nicholas (1948), citado por CHAPMAN (1966), considera como deficiente o teor de 0,49% de Ca encontrado em folhas de plantas cultivadas em condições de campo.

Dunn e Rost (1949), citado por CHAPMAN (1966), consideraram como deficientes os teores de 0,18 a 0,21% de P encontrados nos tubérculos e 0,17 a 0,19% na parte aérea.

Terman et alii (1950), citados por CHAPMAN (1966), dão como teor intermediário de P no pecíolo o de 0,27% encontrado no início do florescimento e o de 0,12% no fim do florescimento.

Wallace (1951), citado por CHAPMAN (1966), chamou deficiente o teor de 0,71% de Ca e intermediário o teor de 3,30% encontrados em folhas de plantas cultivadas em condições de campo.

Thomas et alii (1953), citados por CHAPMAN (1966), consideram como intermediárias as seguintes concentrações de macronutrientes encontradas em folhas (4<sup>as</sup> folhas a partir da ponta, separadas do tufo apical, colhidas aos 50 dias após o plantio): N 4,65%, P 0,30% Ca 2,36% e Mg 0,69%.

Hewitt e Jones (1953), citados por CHAPMAN (1966), consideram como deficientes os teores de 0,30 a 0,68% de K e como intermediários os teores de 4,17 a 6,72%, encontrados em folhas de plantas cultivadas em vasos com areia.

Dios Vidal e Herrera (1954), citados por CHAPMAN (1966), consideram como baixo o teor de 3,14% de N e como intermediário o de 3,78%, em folhas de plantas cultivadas em condições de campo.

Hoveland et alii (1954), citados por CHAPMAN (1966), consideram como intermediários os teores de 0,14 a 0,35% de P encontrados em folhas na metade do ciclo vegetativo.

Kittams (1956), citado por CHAPMAN (1966), considera deficiente o teor de 6,00% de N em folhas (4<sup>as</sup> folhas contadas a partir da ponta, separada do tufo apical) colhidas dos 40 aos 45 dias após o plantio, e como intermediários os teores de 6,00 a 7,50%.

Tyler et alii (1959), citados por CHAPMAN (1966), consideram dentro do nível crítico para o potássio os teores encontrados nos pecíolos menores que 7,0%.

Boawn et alii (1960), citados por CHAPMAN (1966), consideram como baixo o teor de 4,13% de N e intermediários os teores de 5,23 a 5,31%, obtidos em folhas (4<sup>as</sup> folhas a partir da ponta, separada do tufo apical, colhidas durante o florescimento).

Lachover e Arnon (1962), citados por CHAPMAN (1966), consideram como deficientes os teores menores do que 1,00% de K encontrados em hastes colhidas aos 57 dias após o plantio.

SOLTAMPOUR (1969) analisando a parte aérea e os tubérculos, de três variedades de batatinha, encontrou os seguintes teores médios de N e P no início e no fim do ciclo: 6,30% de N na parte aérea no início de ciclo e 2,20% no fim de ciclo; nos tubérculos no início de ciclo 2,10% de N e no fim de ciclo 1,50%; na parte aérea no início de ciclo 0,40% de P e no fim de ciclo 0,15%; nos tubérculos o teor de P permaneceu constante do início ao fim do ciclo e esteve ao redor de 0,20%.

ULRICH e FONG (1970) obtiveram em tubérculos, sob condições de baixo suprimento de potássio teor de 1,3% de K e em condições de

alto suprimento teor de 2,0%. Os teores de Ca e Mg encontrados nos tubérculos foram considerados baixos e foram, respectivamente, 0,06 e 0,03%.

GALLO et alii (1970) estudando a análise química foliar em plantas de batatinha, procuraram correlacionar teores nas folhas e produção em condições de campo. Para a variedade Bintje o teor de K encontrado nos pecíolos das 3<sup>as</sup> folhas variou de 10,66 a 13,27% e para a variedade Áquila a variação foi de 7,86 a 10,35%. No tratamento onde não foi aplicado potássio o teor de K nos pecíolos das 3<sup>as</sup> folhas da variedade Bintje foi de 11,93 e na variedade Áquila foi de 7,86%.

FONG e ULRICH (1970a) estudando a influência do cálcio em plantas de batatinha cultivadas em soluções nutritivas contendo 0 a 20 emg de Ca/l verificaram que na omissão de cálcio o teor de Ca encontrado nos folíolos de plantas imaturas foi de 0,15%.

FONG e ULRICH (1970b) em estudos de análise foliar como meio de avaliar a nutrição potássica da batatinha, cultivada em soluções nutritivas, consideraram como crítico o teor de 2,3% encontrado nos pecíolos e 1,1% nos folíolos.

GATELY (1971) estudando o efeito de níveis de nitrogênio (0,45, 90 e 135 kg/ha de N) na produção e no teor de N em folhas de plantas de batatinha, variedade Keer's Pink, obteve os seguintes teores de N em amostras de folhas superiores, coletadas 75 dias após o plantio: - 0 kg/ha 5,34%, 45 kg/ha 5,63%, 90 kg/ha 5,63% e 135 kg/ha 5,94%.



Segundo GERALDSON et alii (1973), in "Soil Testing and Plant Analysis" os teores normais de macronutrientes com base na matéria seca são: a) em folhas recentemente maduras (plantas com 30 cm de altura): 4,0 a 5,0% de N; 0,20 a 0,40% de P; 3,5 a 5,0% de K; 0,60 a 0,90% de Ca; 0,8 a 1,1% de Mg; b) em folhas recentemente maduras (plantas com tubérculos parcialmente desenvolvidos): 3,0 a 5,0% de N; 0,20 a 0,40% de P; 4,0 a 8,0% de K; 2,0 a 4,0% de Ca; 0,50 a 0,80% de Mg; c) pecíolos de folhas recentemente maduras (plantas com tubérculos parcialmente desenvolvidos): 2,0 a 3,0% de N; 0,20 a 0,40% de P; 5,0 a 9,0% de K; 1,5 a 2,5% de Ca; 0,5 a 1,5% de Mg.

Segundo ZAAG (1973) as plantas de batatinha absorvem nitrogênio durante todo o ciclo vegetativo, sendo a absorção máxima no período em que as plantas crescem mais vigorosamente, o que ocorre quando as plantas atingem 15 a 20 cm de altura ou seja dos 50 aos 80 dias após o plantio. A concentração de nitrogênio nas folhas diminui sensivelmente uma vez finalizado o período máximo de crescimento. Em regiões de clima temperado, no momento em que as plantas atingem o máximo de desenvolvimento vegetativo o teor de nitrogênio nas folhas, calculado com base na matéria seca, é de 4% ou pouco mais. O fósforo é, também, absorvido durante todo o ciclo vegetativo, mas, do mesmo modo que o nitrogênio, a absorção máxima ocorre por ocasião do máximo desenvolvimento das plantas. O teor de fósforo nas hastes, calculado com base na matéria seca, no período de maior desenvolvimento vegetativo é de 0,30% ou mais, porcentagem esta também, normalmente, encontrada nos tubérculos. O teor de potássio no período de máximo desenvolvimento vegetativo difere muito em

função do tipo de cultivo. Em plantas com bom desenvolvimento vegetativo o teor de potássio nas folhas, calculado com base na matéria seca, pode variar de 3,0 a 7,0%. Para que a planta esteja bem provida é necessário que o teor de potássio não seja inferior a 4%. Os tubérculos maduros, no momento da colheita, geralmente apresentam 1,5 a 2,0% de potássio. Quanto ao magnésio as exigências da planta são pequenas, variando muito a sua concentração durante o período de máximo desenvolvimento vegetativo. Teores de Mg nas folhas, de 0,30 a 0,40% calculados com base na matéria seca, são frequentes. Os tubérculos contêm geralmente, cerca de 0,15% de Mg.

CAMPINAS (1974) em experimento de competição de variedades de batatinha, verificaram a existência de plantas com sintomas de deficiência de magnésio. Folhas da variedade Bintje deficientes em magnésio apresentaram teores médios de 0,13% de Mg e as aparentemente normais, teores médios de 0,51%. Os teores médios de N, P, K e Ca encontrados em folhas de plantas, aparentemente, normais da variedade Bintje foram respectivamente, 3,6%, 0,193%, 7,05% e 2,21%. A variação percentual dos teores dos macronutrientes, com base na matéria seca, em folhas de plantas, aparentemente normais de cinco variedades (Palma, Gelda, Omega, Marijke e Bintje) foi:

| <u>Elemento</u> | <u>Variac̃ao Porcentual</u> |
|-----------------|-----------------------------|
| N               | 3,11 - 4,29                 |
| P               | 0,136 - 0,215               |
| K               | 6,06 - 7,98                 |
| Ca              | 1,54 - 2,43                 |
| Mg              | 0,29 - 0,66                 |

MOTTA MACEDO (1976) estudando a absorc̃ao de nutrientes por cultivares nacionais de batatinha, sugere como subs̃idio para fins de diagnose nutricional as seguintes concentrações normais de macronutrientes: a) nitrogênio, fõsforo e potãssio.

| <u>Órgãos da Planta</u> | <u>N%</u>   | <u>P%</u>   | <u>K%</u>   |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Tubérculos              | 1,98 a 2,56 | 0,11 a 0,34 | 2,67 - 3,06 |
| Hastes                  | 2,58 a 3,70 | 0,12 a 0,37 | 4,71 - 5,74 |
| Folhas.                 | 3,97 a 4,73 | 0,28 a 0,45 | 4,69 - 5,35 |

b) cãlcio, magnêsio e enxofre

| <u>Órgão da Planta</u> | <u>Ca%</u>  | <u>Mg%</u>  | <u>S%</u>   |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Tubérculos             | 0,10 - 0,14 | 0,10 - 0,13 | 0,13 a 0,21 |
| Hastes                 | 0,92 - 1,77 | 0,46 - 0,72 | 0,27 a 0,37 |
| Folhas                 | 1,98 - 2,27 | 0,82 - 0,97 | 0,31 a 0,43 |

FAHL et alii (1979) em experimento conduzido sob condições de casa de vegetaçãõ, em vasos com areia lavada e soluções nutritivas, estudaram os efeitos de ñveis de alum̃nio na nutriçãõ mineral e produçãõ de variedades de batatinha. Na variedade Bintje, cultivada com

nível zero de Al, os teores de macronutrientes, na matéria seca da parte aérea e da raiz, coletadas aos 55 dias após a emergência, foram: a) parte aérea - 2,99% de N; 0,136% de P; 5,52% de K; 2,73% de Ca; 1,52% de Mg; b) raiz - 1,96% de N; 0,148% de P; 1,20% de K; 0,70% de Ca; 0,35% de Mg. Na variedade Aracy (IAC-2) cultivada com nível zero de Al na solução nutritiva os teores encontrados foram: a) parte aérea - 3,19% de N; 0,166% de P; 3,82% de K; 1,55% de Ca; 1,16% de Mg; b) raiz - 1,88% de N; 0,166% de P; 1,75% de K; 0,69% de Ca; 0,36% de Mg.

De maneira geral, através dos resultados mencionados na revisão de literatura, observamos que os intervalos de variação para os teores de nitrogênio nas diversas partes da planta foram os seguintes:

|            |                |
|------------|----------------|
| Folhas     | - 3,01 a 7,50% |
| Hastes     | - 0,67 a 3,70% |
| Tubérculos | - 0,32 a 3,47% |
| Raízes     | - 1,36 a 3,22% |

O único teor mencionado como deficiente para o nitrogênio foi o de 6,0%, nas 4<sup>as</sup> folhas (Kittams, 1956, citado por CHAPMAN, 1966).

Os intervalos de variação encontrados para os teores de fósforo foram os seguintes:

|            |                |
|------------|----------------|
| Folhas     | - 0,14 a 0,79% |
| Hastes     | - 0,12 a 0,66% |
| Tubérculos | - 0,11 a 0,56% |
| Raízes     | - 0,17 a 0,70% |

Os teores de fósforo citados como deficientes por Dunn e Rost (1949), citados por CHAPMAN (1966), são 0,17 a 0,19% para a parte aérea e 0,18 a 0,21% para os tubérculos.

Os intervalos de variação encontrados para o potássio foram:

|            |                |
|------------|----------------|
| Folhas     | - 0,30 a 11,0% |
| Hastes     | - 1,00 a 5,74% |
| Tubérculos | - 1,41 a 3,17% |
| Raízes     | - 1,03 a 4,72% |

Os teores citados como deficientes foram:

a) folhas

< 7,00% (Tiler et alii, 1959, citados por CHAPMAN, 1966),  
 3,00 - 3,51% (Jones e Plant, 1942, citados por CHAPMAN, 1966),  
 0,30 - 0,68% (Hewitt et alii, 1953, citados por CHAPMAN, 1966),  
 0,38 - 0,44% (Brickley, 1943, citado por CHAPMAN, 1966),  
 1,55 % 5,19% (Nicholas e Jones, 1944, citados por CHAPMAN, 1966),  
 1,20 - 2,10% (Large, 1945, citado por CHAPMAN, 1966).

b) hastes

< 1,0% (Lachover e Arnon, 1962, citados por CHAPMAN, 1966).

c) pecíolos

6,0 a 10,0% (LORENZ et alii, 1958).

Como podemos notar, principalmente para as folhas, é bastante grande a amplitude de variação para os teores de potássio.

Para o cálcio as variações encontradas nos diversos órgãos foram:

|            |                |
|------------|----------------|
| Folhas     | - 0,49 a 4,00% |
| Hastes     | - 0,82 a 1,77% |
| Tubérculos | - 0,03 a 0,18% |
| Raízes     | - 0,69 a 1,41% |

Os teores citados como deficientes para o cálcio são:

a) folhas

0,49% (Nicholas, 1948, citado por CHAPMAN, 1966),

0,71% (Wallace, 1951, citado por CHAPMAN, 1966).

b) folíolos

0,15% (FONG e ULRICH, 1970a).

Os intervalos de variação encontrados para o magnésio foram os seguintes:

|            |                |
|------------|----------------|
| Folhas     | - 0,04 a 0,97% |
| Hastes     | - 0,13 a 0,72% |
| Tubérculos | - 0,03 a 0,15% |
| Raízes     | - 0,14 a 0,57% |

Os teores mencionados como deficientes para o magnésio foram:

## a) folhas

0,04 a 0,22% (Carolus, 1933a,citado por CHAPMAN, 1966)

0,12 a 0,29% (Carolus, 1933b,citado por CHAPMAN, 1966)

0,10 a 0,20% (Wallace et alii, 1941,citado por CHAPMAN, 1966)

0,16 a 0,33% (Jones e Plant, 1942,citado por CHAPMAN, 1966)

## b) hastes

0,13 a 0,14% (Carolus, 1933a,citado por CHAPMAN, 1966)

0,20 a 0,30% (Wallace et alii, 1941,citado por CHAPMAN, 1966)

## c) parte aérea

0,06 a 0,13% (Carolus e Brown, 1935,citado por CHAPMAN, 1966)

## d) tubérculos

0,12% (Garner et alii, 1930,citados por CHAPMAN, 1966)

Os intervalos de variação encontrados para os teores de enxofre foram:

Folhas - 0,31 a 1,09%

Hastes - 0,22 a 0,5%

Tubérculos - 0,11 a 0,28%

Raízes - 0,34 a 0,63%

Nenhuma referência foi encontrada com relação a teores de eficientes de enxofre.

## 2.2. Absorção de Macronutrientes

A absorção de nutrientes pela cultura da batatinha é afetada pelos seguintes fatores: variedade, idade fisiológica dos tubérculos, comprimento do dia, temperatura, intensidade luminosa, suprimento de água, propriedades químicas e físicas do solo e suprimento de nutrientes (BEUKEMA e ZAAG, 1979).

Pelos motivos citados acima, ao analisarmos os dados da literatura científica sobre a absorção de nutrientes pela cultura da batatinha, verificamos que existem diferenças acentuadas entre os valores encontrados.

Os dados apresentados, sempre que necessário, foram recalculados de lb/acre para kg/ha.

Segundo MUNTZ e GIRARD (1887) uma produção de 20.000 kg tubérculos/ha retira do solo 64 kg de N, 15,7 kg de P, 93,3 kg de K e 2,9 kg de Ca, enquanto 5.000 kg de folhas e hastes absorvem 25 kg de N, 2,2 kg de P, 12,5 kg de K e 18,1 kg de Ca.

GAROLA (1924) verificou que 20.000 kg de tubérculos, folhas e hastes retiraram do solo por hectare, 100 kg de N, 16,1 kg de P, 97,5 kg de K e 61,4 kg de Ca.

Remy (1928), citado por CAMARGO e KRUG (1935), verificou que 10.000 kg de tubérculos, raízes, hastes e folhas retiraram do solo, por hectare, 48,4 kg de N, 9,8 kg de P, 86,2 kg de K, 27,5 kg de Ca e 9,9 kg de Mg.



Segundo GILARDI (1930), 20.000 kg de tubérculos e folhas extraem por hectare, 100 kg de N, 16,5 kg de P, 97,5 kg de K e 61,4 kg de Ca.

Segundo VINCENT (1932), 20.000 kg de tubérculos, folhas e hastes extraem por ha, 82 kg de N, 9,2 kg de P e 89,2 kg de K.

CAMARGO e KRUG (1935), verificaram que para a produção de 20.000 kg de tubérculos por ha, variedade Eigenheimer, foram extraídas as seguintes quantidades de nutrientes: 63 kg de N, 17,0 kg de P, 97,5 kg de K, 1,0 kg de Ca e 5,6 kg de Mg. Pelas raízes, hastes e folhas foram extraídos 47 kg de N, 7,4 kg de P, 190,0 kg de K, 96,4 kg de Ca e 13,7 kg de Mg.

CAROLUS (1937), verificou que o período de maior exigência de nutrientes foi dos 50 aos 80 dias e a absorção de nutrientes pela planta foi de 63 kg/ha de N, 9 kg/ha de P, 120 kg/ha de K, 30 kg/ha de Ca e 12 kg/ha de Mg.

HAWKINS (1942), estudando a absorção de nutrientes por quatro variedades de batatinha, verificou que foram absorvidas por ha as seguintes quantidades de nutrientes: 143,0 kg de N, 11,0 kg de P, 193,0 kg de K, 40,0 kg de Ca, 19,0 kg de Mg e 11,0 kg de S.

Posteriormente, HAWKINS (1946), relatou que do total absorvido pelas plantas, são exportados pelos tubérculos 67% do N, 80% do P, 50% do K, 5% do Ca, 40% do Mg e 60% do S.

LORENZ (1944b), estudando a absorção de nutrientes, verificou que foram extraídos: 211,7 kg/ha de N, 34,7 kg/ha de P, 304,6 kg/ha de K, 61,6 kg/ha de Ca e 37,0 kg/ha de Mg. A extração de nutrientes pelos tubérculos (produção de 24.000 kg/ha) foi 166,9 kg de N, 30,2 kg de P, 220,6 kg de K, 13,4 kg de Mg e 3,36 kg de Ca. A absorção de nutrientes atingiu o máximo de intensidade dos 45 aos 60 dias após a emergência das plantas.

JACKSON e HADDOCK (1959) verificaram que as quantidades totais de nutrientes extraídas em um hectare foram: 157 kg de N, 13 kg de P e 151 kg de K. A extração de nutrientes pelos tubérculos, produção de 35.000 kg/ha, foi: 110 kg de N, 11 kg de P e 112 kg de K. A absorção máxima de nutrientes pelos tubérculos foi dos 88 aos 99 dias após o plantio.

GARGANTINI et alii (1963), em experimento realizado com a variedade Bintje, em condições de vaso, observaram que as quantidades totais de elementos absorvidos pela batatinha, calculados para um hectare foram: a) nitrogênio 56 kg, sendo 32 kg nos tubérculos; b) fósforo 11 kg, sendo 10 kg nos tubérculos; c) potássio 112 kg, sendo 70 nos tubérculos; d) cálcio 16 kg, dos quais, somente, 1,7 kg nos tubérculos; e) magnésio 9 kg, dos quais 3,5 kg nos tubérculos; f) enxofre 13 kg, sendo 6 kg nos tubérculos. A absorção atingiu o máximo de intensidade entre a quarta e a quinta década após a emergência das plantas para o nitrogênio, potássio, magnésio e enxofre. O fósforo e o cálcio foram absorvidos continuamente do início ao fim do ciclo, atingindo o máximo aos 80 dias.

GRUNER (1963), citando diferentes autores, apresenta os seguintes dados de extração de nutrientes por tubérculos de batatinha:

| <u>Autor</u>       | <u>Produção</u><br>(kg/ha) | <u>Extração de Nutrientes</u><br>(kg/ha) |      |       |    |     |
|--------------------|----------------------------|--|------|-------|----|-----|
|                    |                            | N  | P    | K     | Ca | Mg  |
| Takahashi (s.d.)   | 18.750                     | 90,0                                     | 18,8 | 161,7 | -  | -   |
| Schmalfluss (1955) | 20.000                     | 90,0                                     | 17,5 | 150,0 | -  | 9,4 |
| Klapp (1950)       | 25.000                     | 120,0                                    | 19,7 | 166,7 | -  | -   |
| Hill (1953)        | 27.000                     | 175,0                                    | 13,1 | 200,0 | -  | -   |
| S.C.P.A. (s.d.)    | 30.000                     | 150,0                                    | 22,5 | 225,0 | -  | -   |

OKA (1969), em estudos de absorção de nutrientes pela cultura da batatinha, verificou que as quantidades totais de elementos absorvidos por ha, foram: 105 kg de N sendo 57,8 pelos tubérculos, 40 kg de P sendo 36 pelos tubérculos e 200 kg de K sendo 119 pelos tubérculos.

Segundo SOULTAMPOUR (1969) são extraídas pela planta inteira as seguintes quantidades de nutrientes em kg/ha: 127,0 kg de N, 16,0 kg de P e 132,0 kg de K, sendo translocados para os tubérculos (produção de 30.000 kg/ha) 90,0 kg de N, 13,0 kg de P e 67,0 kg de K.

EZETA e MACCOLLUM (1972), utilizando a variedade Renascimento, da subespécie andígena, de longo ciclo vegetativo (7 meses), em condições de campo, verificaram que foram extraídas pela planta inteira as seguintes quantidades de nutrientes, por hectare: 141 kg de N, 19 kg de P e 403 kg de K. Pelos tubérculos, produção de 41.000 kg/ha, foram

extraídos: 77 kg de N, 14 kg de P e 224 kg de K.

KÜPERS (1975) baseando-se em trabalhos realizados na Holanda, relata que uma produção de 40.000 kg/ha de tubérculos exporta 120 kg de N, 24 kg de P, 184 kg de K, 6,4 kg de Ca e 11,2 kg de Mg.

MOTTA MACEDO (1976), estudando a absorção de nutrientes por seis cultivares nacionais de batatinha, em condições de campo, verificou que as quantidades totais de macronutrientes absorvidos por ha foram 102 a 166 kg de N, 13 a 27 kg de P, 168 a 305 kg de K, 37 a 80 kg de Ca, 16 a 25 kg de Mg e 17 a 38 kg de S. A exportação de nutrientes pelos tubérculos foi de 55 a 81 kg de N, 10 a 18 kg de P, 98 a 159 kg de K, 3,6 a 9,9 kg de Ca, 2,5 a 4,3 kg de Mg e 9 a 21 kg de S. As épocas em que as cultivares atingiram o máximo de acumulação foi dos 79 aos 85 dias após a emergência das plantas. Os incrementos de acumulação foram máximos dos 50 aos 55 dias após a emergência das plantas.

Através dos trabalhos revistos na literatura verificamos que a maior necessidade de nutrientes pela cultura da batatinha ocorre no período compreendido do início da tuberização ao final do florescimento.

A amplitude de variação, encontrada na literatura, considerando a extração de macronutrientes pela planta inteira, foi da ordem de:

| <u>Nutrientes</u> | <u>Extração</u><br>(kg/ha) |
|-------------------|----------------------------|
| Nitrogênio (N)    | 56 - 166                   |
| Fósforo (P)       | 9 - 40                     |
| Potássio (K)      | 112 - 403                  |
| Cálcio (Ca)       | 16 - 80                    |
| Magnésio (Mg)     | 9 - 25                     |
| Enxofre (S)       | 11 - 38                    |

No tocante à exportação de nutrientes pela cultura, ou seja extração de macronutrientes pelos tubérculos, a amplitude de variação encontrada foi da ordem de:

| <u>Nutriente</u> | <u>Exportação</u><br>(kg/ha) |
|------------------|------------------------------|
| Nitrogênio (N)   | 32 - 175                     |
| Fósforo (P)      | 9 - 36                       |
| Potássio (K)     | 67 - 225                     |
| Cálcio (Ca)      | 1 - 28                       |
| Magnésio (Mg)    | 2,5 - 11                     |
| Enxofre (S)      | 6 - 21                       |

Pelos dados apresentados, observamos que ocorre intensa translocação dos nutrientes N, P, K e S da parte aérea para os tubérculos, enquanto o Ca e o Mg sofrem pequenas translocações para esses órgãos.

### 2.3. Sintomas de deficiências

Quando um dos elementos químicos essenciais para a vida de uma planta está presente no meio em quantidades insuficientes ou em condições que o tornam pouco disponível, a deficiência de tal elemento nas células provocará distúrbios no metabolismo. Eventualmente, esses distúrbios metabólicos se manifestam através de sintomas visíveis como diminuição no crescimento, amarelecimento ou avermelhamento das folhas ou outras anomalias. Esses sintomas de deficiências nutritivas são mais ou menos característicos para cada elemento, dependendo também da severidade da deficiência, da espécie ou variedade e de fatores do ambiente (Bowen, 1966, citado por EPSTEIN, 1972)

Os sintomas de deficiência de nitrogênio em plantas de batatinha descritos por SCHREVEN (1935), JONES et alii (1949), BOOCK e CASTRO (1950), WALLACE (1961) MAAS (1968) e ZAAG (1973) são os seguintes: o crescimento das plantas é severamente prejudicado. As folhas são cloróticas, de cor verde pálida. As folhas mais velhas, por onde se iniciam os sintomas apresentam cor verde amarelada e desprendem-se das hastes. Os folíolos são menores, coriáceos e os ápices e bordos dos folíolos das folhas mais velhas reviram-se para cima. As hastes são finas e os internódios curtos. As folhas apresentam-se eretas, diminuindo o ângulo da inserção das folhas com a haste. Os tubérculos são pequenos e em número reduzido.

Os sintomas de deficiência de fósforo descritos por SCHREVEN (1935), HOUGLAND (1947), JONES et alii (1949), BOOCK e CASTRO

(1950), WALLACE (1961) e ZAAG (1973) são os seguintes: o desenvolvimento das plantas é prejudicado, ocorrendo redução do ciclo vegetativo. Os folíolos são pequenos e de cor verde mais escura que os normais, coriáceos e com os bordos revirados para cima. As folhas mais velhas amarelecem e caem e os folíolos apresentam lesões necróticas escuras partindo dos ápices e bordos. As hastes são finas, com internódios curtos. Os tubérculos são em número e tamanho reduzido, podendo apresentar lesões escuras no seu interior.

Os sintomas de deficiência de potássio descritos por SCHREVEN (1935), JONES et alii (1949), WALLACE (1961), FONG e ULRICH (1969) e ZAAG (1973) são os seguintes: o crescimento das plantas é prejudicado. As plantas secam prematuramente e os internódios das hastes são curtos. Inicialmente, as folhas são de cor verde escura azulada. As folhas são menores e os folíolos apresentam-se mais agrupados no pecíolo. Os folíolos apresentam-se com os ápices e bordos revirados para baixo, superfície corrugada e brilhante. As folhas mais velhas tornam-se amareladas, seguindo-se de um bronzeamento e necrose, que se inicia nos ápices e bordos dos folíolos. Os estolhos são mais curtos que os normais e o desenvolvimento das raízes e dos tubérculos é seriamente prejudicado. Os tubérculos deficientes em potássio são muito susceptíveis a machucaduras, podendo apresentar manchas escuras, de cor cinza azulada, embaixo da película.

Os sintomas de deficiência de cálcio, descritos por SCHREVEN (1935), JONES et alii (1949) e WALLACE (1961) são os seguintes:

inicialmente, os folíolos mais novos apresentam uma faixa clorótica ao longo dos bordos. Os tecidos nessas áreas cloróticas chegam a morrer com a evolução da deficiência. As folhas não se desenvolvem normalmente e os folíolos apresentam-se com superfície corrugada. Os bordos dos folíolos reviram-se para cima, dando aos mesmos o aspecto de uma "colher". As plantas apresentam intensa formação de novos brotos na região de inserção das folhas com as hastes e estes, em pouco tempo, apresentam os mesmos sintomas de deficiência dos folíolos das folhas superiores da planta. A formação dos tubérculos é seriamente afetada. Estes são pequenos, em grande número, mal formados, e com pontos necróticos no seu interior.

Os sintomas de deficiência de magnésio, descritos por CHUCKA (1934), CAROLUS e BROWN (1935), SCHREVEN (1935), CHUCKA e BROWN (1938), JONES et alii (1949), WALLACE (1961) e ZAAG (1973) são os seguintes: as folhas, em geral, apresentam cor verde mais clara. Os folíolos das folhas mais velhas apresentam clorose entre as nervuras que, evoluem, posteriormente, para necroses internervais. Geralmente, o folíolo terminal é o mais seriamente afetado pela deficiência. Os folíolos tornam-se espessos, quebradiços e apresentam os bordos revirados para baixo. A clorose progride das folhas mais velhas para as mais novas, permanecendo verdes apenas os folíolos mais novos do tufo apical. As folhas mais velhas morrem prematuramente e desprendem-se das hastes.

Os sintomas de deficiência de enxofre, descritos por JONES et alii (1949) são os seguintes: os sintomas de deficiência se



desenvolvem lentamente. As folhas tornam-se amareladas, iniciando-se pelas mais novas. As hastes tornam-se lenhosas e o desenvolvimento radicular é prejudicado. Pontos necróticos podem aparecer na superfície dos folíolos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material de propagação

No experimento foram utilizados brotos destacados de tubérculos, da variedade Bintje, de origem holandesa.

Os brotos apresentavam primórdios radiculares, diâmetro médio de 1 cm e comprimento médio de 2,5 cm.

As principais características desta variedade são: plantas de desenvolvimento rápido, vegetação abundante e maturação precoce (90 a 100 dias de ciclo vegetativo). Porte médio para alto. Hastes vigorosas, em número médio de três a quatro por planta. Folíolos de tamanho médio e de coloração verde normal e brilhante. Flores brancas. Rara frutificação.

Os tubérculos são de excelente aspecto comercial, formato oblongo-cilíndrico, rápido desenvolvimento e precoce de brotação. A película dos tubérculos é amarela, lisa, delicada, brilhante e de difícil esverdeamento. Os brotos dos tubérculos são vigorosos, e de tonalidade

violeta intenso. A polpa é amarela, de ótima aparência, não se desfazendo ao cozer e muito indicada no preparo de saladas e "fritas francesas".

É extremamente susceptível às doenças fúngicas de folhagem (fitoftora e alternária), mas a sua excelente cotação comercial faz com que este ponto não seja levado em consideração.

A variedade Bintje é a mais importada pelo Brasil e a principal no Estado de São Paulo, onde é muito produtiva na maioria das regiões produtoras e épocas de plantio.

### 3.2. Instalação do experimento

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, sendo os brotos plantados em vasos de barro com dimensões de 30cm. de altura, 18 cm. de diâmetro superior e 12 de diâmetro inferior (revestidos internamente com resina EPOXY\* e externamente com tinta betuminosa NEUTROL 45\*\*), contendo 8 kg de quartzo moído e lavado.

A drenagem das soluções de dava através de um orifício no fundo dos vasos pelo qual eram aquelas recolhidas em frascos coletores, de cor âmbar, por tubulação de plástico.

---

\* Tintas Coral, S.A. SP.

\*\* Otto Baungart Indústria e Comércio-SP.

Cada vaso recebeu dois brotos, um dos quais foi eliminado um mês depois do plantio.

No início, durante 20 dias, os vasos foram irrigados por percolação com solução nutritiva completa de HOAGLAND e ARNON (1950), modificada quanto ao fornecimento de ferro que se deu sob a forma de Fe-EDTA (JACOBSON, 1951), diluída com água destilada na relação de 1:5.

Após este período, quando as plantas atingiram 5 cm. de altura, iniciaram-se os tratamentos com as soluções nutritivas completa e com omissão de macronutrientes (-N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S). Antes dos tratamentos terem sido iniciados, procedeu-se à eliminação de qualquer acúmulo de sais, fazendo-se passar em cada vaso 10 litros de água destilada.

As soluções nutritivas com omissão de macronutrientes foram preparadas segundo SARRUGE (1970) e a completa segundo HOAGLAND e ARNON (1950), modificada quanto ao fornecimento de ferro que se deu sob a forma de Fe-EDTA (JACOBSON, 1951). As soluções estoques foram preparadas, utilizando-se água destilada e sais pr<sup>o</sup>-análise. As soluções constantes do Quadro 1 continham os macronutrientes, com exceção do elemento omitido, nas concentrações seguintes: 225 mg de N, 31 mg de P, 234 mg de K, 200 mg de Ca, 48 mg de Mg e 64 mg de S.

As concentrações e as quantidades usadas das soluções se acham no Quadro 1.

Quadro 1. Composição química das soluções nutritivas (ml/l)

| Soluções<br>Estoques                 | Soluções Nutritivas |    |    |    |     |     |    |
|--------------------------------------|---------------------|----|----|----|-----|-----|----|
|                                      | Completa            | -N | -P | -K | -Ca | -Mg | -S |
| $\text{KH}_2\text{PO}_4$ M           | 1                   | 1  | -  | -  | 1   | 1   | 1  |
| $\text{KNO}_3$ M                     | 5                   | -  | 5  | -  | 5   | 3   | 3  |
| $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ M         | 5                   | -  | 5  | 5  | -   | 4   | 4  |
| $\text{MgSO}_4$ M                    | 2                   | 2  | 2  | 2  | 2   | -   | -  |
| KCl M                                | -                   | 5  | 1  | -  | -   | 2   | 2  |
| $\text{CaCl}_2$ M                    | -                   | 5  | -  | -  | -   | 1   | 1  |
| $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ M | -                   | -  | -  | 1  | -   | -   | -  |
| $\text{NH}_4\text{NO}_3$ M           | -                   | -  | -  | 2  | 5   | -   | -  |
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ M       | -                   | -  | -  | -  | -   | 2   | -  |
| $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ M         | -                   | -  | -  | -  | -   | -   | 2  |
| Micronutrientes                      | 1                   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   | 1  |
| Fe-EDTA                              | 1                   | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   | 1  |

A solução de Fe-EDTA foi preparada dissolvendo-se 26,1 g de EDTA dissódico em 286 ml de NaOH N, misturado com 24,9 g de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , arejada por uma noite e completada a 1 litro.

A composição em gramas por litro da solução estoque de micronutrientes sem ferro foi a seguinte:

| <u>Sais</u>           | <u>Solução estoque</u><br>g/l |
|-----------------------|-------------------------------|
| $H_3BO_3$             | 2,86                          |
| $MnCl_2 \cdot 4H_2O$  | 1,81                          |
| $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  | 0,22                          |
| $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  | 0,08                          |
| $H_2MoO_4 \cdot H_2O$ | 0,02                          |

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, 8 tratamentos e quatro repetições, perfazendo o total de 32 parcelas. Cada parcela foi representada por um vaso contendo uma planta. Os tratamentos foram os seguintes:

Completo 1: solução com todos os nutrientes

-N: solução com omissão de nitrogênio

-P: solução com omissão de fósforo

-K: solução com omissão de potássio

Completo 2: solução com todos os nutrientes

-Ca: solução com omissão de cálcio

-Mg: solução com omissão de magnésio

-S: solução com omissão de enxofre.

Os tratamentos Completos 1 e 2 e com omissão de um determinado nutriente apresentados na relação exposta acima encerravam sempre os demais macronutrientes e os micronutrientes (B, Mn, Zn, Cu, Mo, Fe e Cl).

O experimento foi instalado tendo-se um tratamento completo para cada um daqueles com omissão de macronutrientes mas, como foram realizadas duas colheitas foram colhidos apenas dois tratamentos Completos. Na primeira colheu-se o Completo 1 com os tratamentos -N, -P e -K e na segunda o Completo 2 com os tratamentos -Ca, -Mg e -S.

A irrigação dos vasos com as soluções nutritivas correspondentes, foi feita duas a cinco vezes por dia, sendo verificado diariamente os níveis das soluções nos frascos coletores, completando-se o volume a 1 litro, quando necessário.

A renovação das soluções nutritivas foi feita a cada 5 dias, ajustando-se a pH das mesmas, entre 6,0 e 6,6, com o auxílio de um potenciômetro e, mediante a adição de uma solução de HCl 0,1 N ou NaOH 0,1 N.

### 3.3. Descrição dos sintomas de deficiência e coleta das plantas

A descrição dos sintomas de deficiência foi feita com a ajuda da "Carta de Cores para Tecidos Vegetais" de MUNSELL (1952), que permitiu uma melhor precisão na descrição das cores.

A anotação de MUNSELL consiste em especificar a cor por meio de três componentes: cor ou matiz (hue), tonalidade ou valor (value) e croma (chroma) ou intensidade ou pureza da cor.

Com os sintomas de deficiência bem definidos, procedeu-se a colheita das plantas. Os tratamentos Completo 1, -N, -P e -K foram

colhidos aos 60 dias após a emergência das plantas e os Completo 2, -Ca, -Mg e -S aos 80 dias.

Cada planta foi subdividida em: folhas superiores, folhas inferiores, hastes, raízes e tubérculos. Como folha considerou-se folíolos e pecíolos e como folhas superiores as três primeiras contadas a partir da ponta da haste, sendo a primeira aquela, distintamente, separada do tufo apical. As raízes após a separação das plantas, foram lavadas, inicialmente, com água de torneira de forma abundante, depois com HCl 1%, a seguir com água destilada e, finalmente, com água desmineralizada. As outras partes da planta foram lavadas, inicialmente, com água destilada e a seguir com água desmineralizada.

Após a lavagem o material foi posto a secar ligeiramente entre folhas de papel de filtro.

Por fim, todas as frações, acondicionadas em sacos de papel, foram postas a secar 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 (20 malhas por polegada linear).

### 3.4. Análises químicas

As análises químicas dos macronutrientes foram efetuadas na Seção de Química Analítica do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, segundo a metodologia descrita por BATAGLIA et alii (1978). O



nitrogênio, fósforo e enxofre foram determinados pelo auto-analisador II Technicon, sendo, o nitrogênio por determinação colorimétrica da amônia pelo complexo de indofenol, o fósforo do complexo fosfovanadomolibdico e o enxofre por turbidimetria. Os teores de potássio, cálcio e magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

### 3.5. Análises estatísticas

As análises estatísticas dos dados foram feitas, utilizando-se os testes F e de "Tukey" ao nível de 5% de probabilidade, de acordo com PIMENTEL GOMES (1973).

Os dados obtidos de número de folhas e número de tubérculos foram transformados em raiz quadrada na análise da variância.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Sintomatologia das deficiências

#### 4.1.1. Sintomas de deficiência de nitrogênio

As plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de nitrogênio apresentaram os primeiros sintomas de deficiência aos dez dias após o início dos tratamentos.

Observou-se, inicialmente, clorose nos bordos dos folíolos das folhas mais velhas, permanecendo as mais novas de cor verde amarelada normal (7,5 GY 3/4).

A seguir, as plantas reduziram o seu ritmo de crescimento e as folhas mais velhas tornaram-se totalmente verde amareladas (2,5 GY 7/8). (Ver diapositivo 1).

Com o progredir da deficiência, os pecíolos das folhas diminuíram o seu grau de inserção em relação às hastes, os folíolos das folhas mais velhas apresentavam-se de cor verde amarelada (2,5 GY 8/6)

e os folíolos das folhas superiores começaram a revirar os seus bordos para cima e apresentavam-se de cor verde amarelada (2,5 GY 7/8). Por ocasião da colheita, todas as folhas mostravam-se de cor verde amarelada (2,5 GY 8/6) e desprendiam-se com facilidade das hastes. Os folíolos, apresentavam-se com os bordos revirados para cima e superfície coriácea. As hastes apresentavam-se finas e com internódios curtos (Ver diapositivo 2).

O desenvolvimento das raízes e dos tubérculos foi seriamente afetado (Ver diapositivo 3).

Os sintomas descritos, concordam com os observados por SCHREVEN (1935), JONES et alii (1949), BOOCK e CASTRO (1950), WALLACE (1961), MAAS (1968) e ZAAG (1973).

#### 4.1.2. Sintomas de deficiência de fósforo

As plantas evidenciaram crescimento reduzido aos 23 dias após o início do tratamento com solução nutritiva sem fósforo. Os primeiros sintomas surgiram nas folhas mais velhas que apresentavam os folíolos com manchas irregulares amareladas (5 Y 8/8) (Ver diapositivo 4).

A seguir, as folhas mais velhas secavam e desprendiam-se com facilidade das hastes. Os folíolos das folhas localizadas na porção intermediária da planta apresentavam-se menores que os normais, com os bordos revirados para cima, com manchas amareladas irregulares e com manchas necróticas, cujo aparecimento se iniciou nos ápices e nos bordos.

(Ver diapositivo 5). Os folíolos das folhas mais novas apresentavam-se menores que os normais, de cor verde escura (2,5 G 3/4) e sem lesões necróticas. Posteriormente, as folhas intermediárias, do mesmo modo que as folhas baixas, secavam e desprendiam-se das hastes. As hastes, com os internódios curtos, tiveram o seu diâmetro reduzido.

O desenvolvimento do sistema radicular, o tamanho e o número dos tubérculos foi seriamente prejudicado (Ver diapositivo 6).

Os sintomas descritos são, na sua maioria, concordantes com os verificados por SCHREVEN (1935), HOUGLAND (1947), JONES et alii (1949), BOOCK e CASTRO (1950), WALLACE (1961) e ZAAG (1973).

#### 4.1.3. Sintomas de deficiência de potássio

Os primeiros sintomas foram observados aos 20 dias, apresentando-se os folíolos das folhas baixas, superfícies corrugadas, bordos revirados para baixo, cor verde escura brilhante (2,5 G 3/2) e com áreas amarelas (5 Y 8/10) nos bordos e nervura central. (Ver diapositivo 7).

Os folíolos das folhas mais novas apresentavam-se com os bordos necrosados e revirados para cima. As plantas tiveram reduzido o seu ritmo de crescimento.

A seguir os folíolos das folhas baixas, além das áreas amarelas (5 Y 8/12), começaram a apresentar lesões necróticas na nervura central, nos bordos e no ápice (Ver diapositivo 8).

Com o progredir da deficiência, as folhas baixas murchavam, depois de 1 a 2 dias secavam e desprendiam-se com facilidade das hastes. As hastes apresentavam-se finas e com internódios mais curtos que as normais.

O desenvolvimento radicular foi prejudicado, bem como o tamanho e o número dos tubérculos. A deficiência de potássio favoreceu a formação de tubérculos embonecados e de rosários (tubérculos ligados entre si por um estolho). (Ver diapositivo 9).

Os sintomas descritos, são na maioria concordantes com os observados por SCHREVEN (1935), JONES et alii (1949), WALLACE (1961), FONG e ULRICH (1969) e ZAAG (1973).

#### 4.1.4. Sintomas de deficiência de cálcio

Os primeiros sintomas de deficiência ocorreram aos 23 dias após o início do tratamento com omissão de cálcio. Inicialmente, os folíolos superiores apresentavam-se pequenos, de superfície corrugada, ombordos revirados para cima e com faixas cloróticas acompanhando os bordos, de cor verde amarelada (2,5 GY 8/10). A seguir, estas faixas cloróticas acompanhando os bordos dos folíolos, evoluíram para lesões necróticas. (Ver diapositivo 10).

Surgiram novos brotos nas regiões de inserção das folhas com as hastes e estes, rapidamente, apresentavam os seus folíolos com sintomas de deficiência de cálcio semelhantes aos dos folíolos das folhas superiores.

Os folíolos das folhas superiores, tornaram-se totalmente cloróticos, de cor verde amarelada (2,5 GY 8/6) e, com o evoluir da deficiência, secavam. (Ver diapositivo 11).

Os folíolos das folhas inferiores apresentavam-se de cor verde escura brilhante (5 G 3/4), superfícies corrugadas, coriáceos e com os bordos revirados para cima. (Ver diapositivo 12).

Por ocasião da colheita, verificamos que a formação e o número dos tubérculos foi seriamente afetada. Estes, além de numerosos e mal formados, apresentavam manchas necróticas escuras no seu interior. (Ver diapositivos 13 e 14).

Os sintomas descritos assemelham-se aos observados por SCHREVEN (1935), JONES et alii (1949) e WALLACE (1961).

#### 4.1.5. Sintomas de deficiência de magnésio

Os primeiros sintomas de deficiência de magnésio foram observados aos 23 dias após o início do tratamento com omissão de magnésio. Inicialmente, os folíolos das folhas mais velhas apresentavam-se com clorose internerval de cor verde amarelada (2,5 GY 8/10) e com os bordos e ápices revirados para baixo (Ver diapositivo 15).

A seguir, os folíolos das folhas localizadas na porção intermediária da planta, passaram a apresentar os mesmos sintomas descritos acima e os folíolos das folhas mais velhas apresentavam-se totalmente amarelos (5 Y 8/10). (Ver diapositivo 16).

Posteriormente, surgiram nos folíolos das folhas mais velhas pequenas lesões necróticas internervais que, com o tempo, evoluíram para lesões maiores. Por ocasião da colheita, as folhas mais velhas apresentavam lesões necróticas nos bordos dos folíolos, e desprendiam-se com facilidade das hastes.

O desenvolvimento das raízes, o tamanho e o número de tubérculos foi prejudicado. (Ver diapositivo 17).

Os sintomas observados assemelham-se aos descritos por CHUCKA (1934), CAROLUS e BROWN (1935), SCHREVEN (1935), CHUCKA e BROWN (1938), JONES et alii (1949), WALLACE (1961) e ZAAG (1963).

#### 4.1.6. Sintomas de deficiência de enxofre

Os sintomas iniciais de deficiência de enxofre foram observados aos 51 dias após o início do tratamento com omissão de enxofre. Observou-se, nesta ocasião, que os folíolos exibiam limbos de maior superfície que os normais e manchas irregulares de cor verde amareladas (2,5 GY 8/8). (Ver diapositivo 18).

Com o desenvolvimento dos sintomas de deficiência, os folíolos das folhas superiores permaneceram de cor verde amarelada e os das folhas inferiores, inicialmente de cor verde amarelada, passaram a amarelo (5 Y 8/12). (Ver diapositivo 19).

O desenvolvimento das hastes, dos tubérculos e do sistema radicular não foi afetado.

Os sintomas de deficiência de enxofre obtidos, concordam com os descritos por JONES et alii (1949), apenas no tocante ao lento de desenvolvimento dos sintomas de deficiência e ao aparecimento inicial dos sintomas nas folhas mais novas.

#### 4.2. Desenvolvimento das plantas

O desenvolvimento das plantas foi avaliado através da altura (cm), número de folhas e número de tubérculos das plantas verdes (Quadro 2) e peso da matéria seca total e dos diversos órgãos da planta (Quadro 3).

Os dados da análise da variância das alturas das plantas mostraram que os tratamentos Completo 2, -S e Completo 1, sem diferirem entre si, foram superiores aos -Ca, -Mg, -K, -P ou ao -N. O tratamento que apresentou menor desenvolvimento em altura foi o -N.

No tocante ao número de folhas os tratamentos Completo 1, Completo 2, -Ca e -S., sem diferirem entre si, foram superiores aos demais. O -P sem diferir do -Mg ou do -K foi superior ao -N, que por sua vez não diferiu do -Mg ou do -K.

Quanto ao número de tubérculos, o tratamento -Ca foi superior aos demais. Os tratamentos Completo 2, -S e Completo 1 não diferiram entre si e foram superiores aos -Mg, -K, -N ou o -P, que também não diferiram entre si, estatisticamente.



Quadro 2. Altura, número de folhas e número de tubérculos das plantas, em função dos tratamentos (Média de 4 plantas)

| Tratamentos   | Altura (cm) | Número de folhas | Número de tubérculos |
|---------------|-------------|------------------|----------------------|
| Completo 1    | 91,00 a*    | 23,00 a          | 5,75 b               |
| Omissão de N  | 34,00 e     | 11,00 c          | 1,25 c               |
| Omissão de P  | 55,75 d     | 15,75 b          | 1,00 c               |
| Omissão de K  | 56,50 d     | 13,75 bc         | 1,75 c               |
| Completo 2    | 95,25 a     | 23,00 a          | 6,00 b               |
| Omissão de Ca | 79,25 b     | 21,25 a          | 20,50 a              |
| Omissão de Mg | 70,25 c     | 15,00 bc         | 2,00 c               |
| Omissão de S  | 93,00 a     | 21,00 a          | 6,00 b               |
| C.V. %        | 4,85        | 5,76             | 13,37                |
| D.M.S.        | 8,16        | 0,57             | 0,65                 |
| (Tukey 5%)    |             |                  |                      |

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

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 mostrou que o efeito dos tratamentos dentro de qualquer dos órgãos foi igualmente significativo. Contrastes entre as médias foram feitos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

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

| Tratamentos   | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes | Tubérculos | Raízes  | Total   |
|---------------|-------------------|-------------------|--------|------------|---------|---------|
| Completo 1    | 1,21 b*           | 9,23 a            | 5,03 a | 21,98 b    | 1,87 a  | 39,32 a |
| Omissão de N  | 0,34 c            | 0,60 e            | 0,54 c | 0,74 c     | 0,52 d  | 2,74 c  |
| Omissão de P  | 0,43 c            | 0,86 de           | 0,64 c | 0,74 c     | 0,53 d  | 3,21 c  |
| Omissão de K  | 0,49 c            | 2,72 c            | 0,84 c | 1,53 c     | 0,72 cd | 6,30 c  |
| Completo 2    | 1,74 a            | 8,75 a            | 4,49 a | 33,68 a    | 1,74 ab | 50,40 a |
| Omissão de Ca | 1,18 b            | 6,01 b            | 2,84 b | 8,16 c     | 1,58 ab | 19,76 b |
| Omissão de Mg | 0,56 c            | 2,16 cd           | 1,04 c | 3,34 c     | 0,86 c  | 7,96 c  |
| Omissão de S  | 1,54 ab           | 8,04 a            | 3,48 b | 28,91 ab   | 1,50 b  | 43,48 a |
| C.V. (%)      | 17,71             | 12,28             | 12,90  | 34,54      | 11,36   | 22,49   |
| D.M.S.        | 0,39              | 1,38              | 0,71   | 10,05      | 0,31    | 11,39   |

(Tukey 5%)

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

Os dados de produção de matéria seca pelas folhas superiores, apresentados no Quadro 3, mostram que o tratamento Completo 2 não diferiu estatisticamente do -S e foi superior aos demais tratamentos. Os tratamentos -S, Completo 1 ou -Ca, sem diferirem entre si, foram superiores aos -Mg, -K -P ou ao -N, que também não diferiram entre si.

Os dados de matéria seca produzida pelas folhas inferiores mostram que os tratamentos Completo 1, Completo 2 ou -S, não diferiram entre si e, foram superiores aos demais. Os tratamentos -K ou -Mg, sem diferirem entre si, foram inferiores ao -Ca. O tratamento -Mg, sem diferir do -P, foi superior estatisticamente ao -N, que por sua vez não diferiu do -P.

Com relação à produção de matéria seca pelas hastes, os tratamentos Completo 1 e Completo 2, sem diferirem entre si, foram superiores aos demais. O -S ou o -Ca, sem diferirem entre si, foram superiores aos -Mg, -K, -P ou ao -N, que não diferiram entre si estatisticamente.

Os dados de produção de matéria seca pelos tubérculos mostraram que o tratamento Completo 2, sem diferir do -S, foi superior aos demais tratamentos. Os tratamentos -S e Completo 1, sem diferirem entre si, foram superiores aos -Ca, -Mg, -K ou ao -N, que não diferiram entre si estatisticamente.

Nas raízes, os dados de produção de matéria seca mostram que o tratamento Completo 1, sem diferir do Completo 2 e do -Ca, foi superior aos demais tratamentos. Os tratamentos Completo 2, -Ca ou -S, sem diferirem entre si foram superiores aos -Mg, -K, -P ou ao -N. O tratamento -Mg, sem diferir do -K, foi superior ao -P ou ao -N.

Com relação à produção total de matéria seca pelas plantas os tratamentos Completo 2, -S e Completo 1, sem diferirem entre si

foram superiores aos demais tratamentos. O tratamento -Ca foi superior aos -Mg, -K, -P ou ao -N, que não diferiram entre si estatisticamente.

A omissão dos macronutrientes da solução nutritiva afetou o desenvolvimento das plantas através da redução de matéria seca, exceto para o tratamento com omissão de enxofre que apresentou produção normal de matéria seca.

O fato das plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de enxofre apresentarem peso de matéria seca, igual ou maior que os Completos, foi também observado em estudos de nutrição mineral por FONSECA et alii (1973) com amoreira, HAAG (1965) com cana de açúcar, HAAG et alii (1968) com cebola e SANTOS et alii (1972) com ervilha. Este fato pode ser explicado pelo possível fornecimento de enxofre, através da contaminação do Fe-EDTA, para cuja obtenção emprega-se solução de sulfato ferroso, pelo fato das plantas terem recebido no início, durante 20 dias, soluções completas diluídas, acumulando desta forma quantidade suficiente de enxofre, ou ainda podemos dizer que as plantas de batatinha são pouco exigentes neste nutriente.

A produção total de matéria seca nos diferentes tratamentos obedeceu à seguinte ordem decrescente: Completo 2 > -S > Completo 1 > -Ca > -Mg > -K > -P > -N.

Atribuindo-se ao tratamento Completo 2 o valor 100 e exprimindo-se os com omissão de macronutrientes em percentagem deste, observou-se que a redução da produção de matéria seca foi de 94,56% para

o -N, 93,63% para o -P, 87,50% para o -K, 84,20% para o -Mg, 60,79% para o -Ca e 13,73% para o -S.

#### 4.3. Concentração dos macronutrientes

Através das análises químicas, nas matérias secas dos órgãos das plantas, foram obtidos os teores médios de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, em função dos tratamentos.

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

Nos resultados obtidos são serão mencionados aumentos ou reduções nas concentrações dos nutrientes, quando os contrastes entre as médias apresentarem diferenças significativas estatisticamente.

##### 4.3.1. Nitrogênio

As concentrações de nitrogênio nos órgãos de planta, em função dos tratamentos, acham-se no Quadro 4.

Nos tratamentos com omissão de nitrogênio e completos, este nutriente apresentou maior concentração nas folhas superiores indicando sua mobilidade na planta. Na literatura BURRIS (1959), JONES (1966), BEEVERS e HAGEMAN (1969), EPSTEIN (1972) e GAUCH (1972), referem-se à fácil translocação do nitrogênio para as partes superiores da planta. No tratamento: com omissão de nitrogênio a concentração de

nitrogênio nos órgãos da planta obedeceu à seguinte ordem decrescente: folhas superiores > hastes > folhas inferiores > tubérculos > raízes. Nos tratamentos completos, a ordem decrescente foi: folhas superiores > folhas inferiores > raízes > tubérculos > hastes. Estes resultados concordam com os obtidos por GARGANTINI *et alii* (1963) em plantas de batatinha, variedade Bintje, colhidas aos 60 ou aos 80 dias após a emergência.

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

| Tratamentos   | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes | Tubérculos | Raízes |
|---------------|-------------------|-------------------|--------|------------|--------|
| Completo 1    | 4,65 c*           | 3,82 b            | 1,54 g | 1,75 f     | 2,37 d |
| Omissão de N  | 2,11 h            | 1,42 f            | 1,65 f | 1,24 h     | 0,70 h |
| Omissão de P  | 4,08 f            | 2,75 e            | 2,29 d | 2,20 b     | 0,83 g |
| Omissão de K  | 6,05 a            | 5,76 a            | 2,91 b | 1,98 d     | 1,44 f |
| Completo 2    | 4,17 e            | 3,32 c            | 1,58 g | 1,81 e     | 2,58 c |
| Omissão de Ca | 4,25 d            | 3,76 b            | 2,50 c | 2,32 a     | 3,24 a |
| Omissão de Mg | 5,14 b            | 3,29 c            | 3,08 a | 2,05 c     | 2,18 e |
| Omissão de S  | 3,51 g            | 3,17 d            | 1,87 e | 1,66 g     | 2,67 b |
| C.V.(%)       | 5,3               | 7,6               | 10,0   | 12,6       | 11,2   |
| D.M.S.        | 0,05              | 0,06              | 0,05   | 0,05       | 0,05   |

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

Os dados da análise da variância da concentração de nitrogênio nas folhas superiores mostraram que todos os tratamentos diferiram entre si estatisticamente, sendo a maior concentração de nitrogênio a do tratamento -K (6,05%) e a menor a do -N (2,11%). No tratamento Completo 1, colhido no mesmo dia que o -N, o teor encontrado foi 4,65%. Quando comparados com o Completo 1, os tratamentos que provocaram aumentos na concentração de nitrogênio nas folhas superiores foram os com omissão de potássio ou de magnésio, enquanto que aqueles com omissão de cálcio, de fósforo, de enxofre ou de nitrogênio tiveram diminuição nos teores.

Nas folhas inferiores a maior concentração de nitrogênio foi a do tratamento -K (5,76%) e a menor a do tratamento -N (1,42%). No tratamento Completo 1 o teor encontrado foi 3,82%. Quando comparados com o Completo 1, o tratamento que aumentou a concentração de nitrogênio nas folhas inferiores foi o sem potássio, enquanto os com omissão de magnésio, de enxofre, de fósforo ou de nitrogênio diminuíram a concentração.

Nas hastes a maior concentração de nitrogênio foi a do tratamento -Mg (3,08%). As menores concentrações foram as dos tratamentos Completo 2 (1,58%) e Completo 1, (1,54%), que não diferiram entre si. A omissão dos macronutrientes provocou aumento na concentração de nitrogênio nas hastes.

Nos tubérculos a maior concentração de nitrogênio foi a do tratamento -Ca (2,32%) e a menor a do tratamento -N (1,24%). No tratamento Completo 1 o teor encontrado foi 1,75%. Quando comparados com o

Completo 1, os tratamentos que tiveram a concentração de nitrogênio nos tubérculos aumentada foram aqueles com omissão de cálcio, de fósforo, de magnésio ou de potássio, enquanto os com omissão de enxofre ou de nitrogênio tiveram diminuídos os seus teores.

Nas raízes a maior concentração de nitrogênio foi a do tratamento -Ca (3,24%), e a menor a do -N (0,70%). No tratamento Completo 1 o teor encontrado foi 2,37%. Quando comparados com o Completo 1, os tratamentos que provocaram a elevação da concentração de nitrogênio nas raízes foram aqueles com omissão de cálcio ou de enxofre, enquanto os com omissão de magnésio, de potássio, de fósforo ou de nitrogênio tiveram suas concentrações baixadas.

As concentrações de nitrogênio na matéria seca dos diversos órgãos das plantas no presente experimento concordam de certa forma com os valores mencionados na revisão de literatura, exceto para o teor de 6,0% em 4<sup>as</sup> folhas, citado como deficiente por Kittams (1956) citado por CHAPMAN (1966).

Os teores de nitrogênio, encontrados nos diversos órgãos das plantas, no tratamento Completo 1 e no com omissão de nitrogênio são:

| Tratamentos  | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes | Tubérculos | Raízes |
|--------------|-------------------|-------------------|--------|------------|--------|
| Completo 1   | 4,65              | 3,82              | 1,54   | 1,75       | 2,37   |
| Omissão de N | 2,11              | 1,42              | 1,65   | 1,24       | 0,70   |

No tocante à interação dos macronutrientes, os dados obtidos para as folhas inferiores concordam com os de HAAG (1965) em



folhas de cafeeiro, que na omissão de potássio obtiveram aumentos no teor de nitrogênio.

COBRA NETO (1967) em folhas de feijoeiro, MACHICADO e BOYNTON (1961) em folhas de cacaueteiro, e MAYNARD (1970) em folhas novas de espinafre, verificaram que na omissão de potássio ou de magnésio ocorriam aumentos no teor de nitrogênio, o que concorda com os resultados obtidos no presente experimento para folhas superiores.

Segundo os trabalhos de WALL (1939), EATON (1952), RICHARDS e BERNER (1954), plantas deficientes em potássio apresentam teor elevado de aminoácidos livres em seus tecidos. FORSHEY e MCKEE (1970) trabalhando com plantas frutíferas também salientaram o papel regulador do potássio no metabolismo do nitrogênio.

COBRA NETO (1967) observou que a omissão de fósforo, de potássio ou de magnésio aumentou a concentração de nitrogênio em caules de feijoeiro, o que concorda com os resultados obtidos no presente experimento.

Com referência à elevação da concentração de nitrogênio nas hastes na omissão de fósforo, HAAG (1958) em cafeeiro já havia constatado esse fato.

#### 4.3.2. Fósforo

As concentrações de fósforo nos órgãos da planta, em função dos tratamentos, acham-se no Quadro 5.

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

| Tratamentos   | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes   | Tubérculos | Raízes   |
|---------------|-------------------|-------------------|----------|------------|----------|
| Completo 1    | 0,320 c*          | 0,176 c           | 0,108 d  | 0,257 c    | 0,143 ab |
| Omissão de N  | 0,292 d           | 0,142 de          | 0,604 a  | 0,464 a    | 0,075 f  |
| Omissão de P  | 0,119 h           | 0,072 h           | 0,079 ef | 0,120 f    | 0,019 g  |
| Omissão de K  | 0,474 a           | 0,532 a           | 0,379 c  | 0,328 b    | 0,148 a  |
| Completo 2    | 0,175 f           | 0,122 f           | 0,067 f  | 0,208 e    | 0,112 e  |
| Omissão de Ca | 0,142 g           | 0,102 g           | 0,087 e  | 0,266 c    | 0,141 b  |
| Omissão de Mg | 0,364 b           | 0,302 b           | 0,501 b  | 0,233 d    | 0,124 c  |
| Omissão de S  | 0,178 ef          | 0,132 ef          | 0,070 f  | 0,206 e    | 0,118 d  |
| C.V. (%)      | 7,2               | 11,4              | 13,4     | 8,7        | 7,0      |
| D.M.S.        | 0,004             | 0,016             | 0,015    | 0,016      | 0,005    |
| (Tukey 5%)    |                   |                   |          |            |          |

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

A concentração de fósforo nos órgãos da planta, no tratamento com omissão de fósforo obedeceu à seguinte ordem decrescente: tubérculos > folhas superiores > hastes > folhas inferiores > raízes. No tratamento Completo 1 a ordem decrescente foi: folhas superiores > tubérculos > folhas inferiores > raízes > hastes e no Completo 2 colhido aos 80 dias após a emergência das plantas a ordem decrescente foi: tubérculos > folhas superiores > folhas inferiores > raízes e hastes. A sequência

em ordem decrescente, obtida por GARGANTINI et alii (1963) em plantas de batatinha da variedade Bintje, aos 60 dias após a emergência foi: tubérculos > raízes > folhas > hastes, o que concorda, em parte com os resultados obtidos.

Pelos dados obtidos observa-se maior concentração do fósforo nas folhas superiores e tubérculos, o que indica a mobilidade deste nutriente nas plantas, confirmando as observações de BROYER e STOUT (1959), HEWITT (1963), NASON e McELROY (1963 e GAUCH (1972).

A maior concentração de fósforo nas folhas superiores foi a do tratamento -K (0,474%) e a menor a do -P (0,119%). No tratamento Completo 1 o teor encontrado foi 0,320%. Quando contrastados com o tratamento Completo 1, os tratamentos que tiveram a concentração de fósforo nas folhas superiores aumentada foram aqueles com omissão de potássio ou de magnésio, enquanto que naqueles com omissão de nitrogênio, de enxofre, de cálcio ou de fósforo o teor baixou.

Nas folhas inferiores a maior concentração de fósforo foi a do tratamento -K (0,532%) e a menor a do -P (0,072%). No tratamento Completo 1 a concentração foi 0,176%. Nos tratamentos com omissão de potássio ou de magnésio, quando contrastados com o Completo 1, a concentração de fósforo nas folhas inferiores aumentou, enquanto que naqueles com omissão de nitrogênio, de enxofre, de cálcio ou de fósforo diminuiu a concentração.

Nas hastes, a maior concentração foi a do tratamento -N (0,604%) e as menores as dos tratamentos -S (0,070%) e Completo 2 (0,067%),

que não diferiram entre si estatisticamente. No tratamento Completo 1 o teor encontrado de fósforo foi 0,108% e no com omissão de fósforo 0,079%. Quando contrastados com o tratamento Completo 1, os tratamentos que apresentaram aumento na concentração de fósforo nas hastes foram aqueles com omissão de nitrogênio, de magnésio ou de potássio, enquanto que naqueles com omissão de cálcio, de fósforo ou de enxofre, diminuiu o teor.

Nos tubérculos a maior concentração de fósforo foi a do tratamento -N (0,464%) e a menor a do tratamento -P (0,120%). No tratamento Completo 1 a concentração encontrada foi 0,257%. Quando contrastados com o Completo 1, os tratamentos que sofreram aumentos na concentração de fósforo nos tubérculos foram os com omissão de nitrogênio ou de potássio, enquanto que naqueles com omissão de magnésio, de enxofre ou de fósforo, deu-se o contrário.

Nas raízes o tratamento com omissão de potássio (0,148%), sem diferir do Completo 1 (0,143%), apresentou o maior teor de fósforo. O menor teor foi o do tratamento -P (0,019%). Os tratamentos com omissão de magnésio, de enxofre, de nitrogênio ou de fósforo, quando contrastados com o Completo 2, tiveram diminuídas as concentrações de fósforo nas raízes.

As concentrações de fósforo, obtidas com base na matéria seca nos diversos órgãos das plantas, no presente experimento concordam, de certa forma, com os dados mencionados na revisão de literatura.

Os teores de fósforo, encontrados nos diversos órgãos das plantas, no tratamento Completo 1 e no com omissão de fósforo são:

| Tratamentos  | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes | Tubérculos | Raízes |
|--------------|-------------------|-------------------|--------|------------|--------|
| Completo 1   | 0,320             | 0,176             | 0,108  | 0,257      | 0,143  |
| Omissão de P | 0,119             | 0,072             | 0,079  | 0,120      | 0,019  |

No tocante às interações entre os macronutrientes verificamos que a omissão de potássio aumentou a concentração de fósforo em todos os órgãos da planta. A omissão de magnésio aumentou a concentração de fósforo nas folhas superiores, folhas inferiores e hastes e a omissão de nitrogênio elevou a concentração de fósforo nas hastes e tubérculos.

MAYNARD (1970) trabalhando com espinafre, HAAG (1965) com cana de açúcar e COBRA NETO (1967) com feijoeiro, obtiveram aumento na concentração de fósforo em folhas de plantas cultivadas sob omissão de nitrogênio. ROCHA FILHO (1971), trabalhando com algodoeiro mocó, verificou que o tratamento -N elevou a concentração de fósforo nas folhas superiores, caules e raízes. Os dados obtidos para hastes e tubérculos são concordantes com os obtidos pelos mencionados autores.

PEREZ FREITEZ (1967), verificou que houve aumento na concentração de fósforo nas folhas inferiores de plantas de algodão cultivadas em solução nutritiva sob omissão de potássio. ROCHA FILHO (1971) trabalhando com algodoeiro mocó, verificou que a omissão de potássio causou aumento na concentração de fósforo nas folhas inferiores, no caule

e nas raízes, ao passo que a omissão de magnésio causou um aumento na concentração de fósforo no caule e na raiz. Os resultados obtidos no presente experimento são concordantes com os dos mencionados autores.

#### 4.3.3. Potássio

As concentrações de potássio nos órgãos da planta, em função dos tratamentos, acham-se no Quadro 6.

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

| Tratamentos          | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes | Tubérculos | Raízes  |
|----------------------|-------------------|-------------------|--------|------------|---------|
| Completo 1           | 4,46 e*           | 5,30 c            | 3,73 g | 2,70 c     | 1,94 b. |
| Omissão de N         | 4,60 d            | 5,30 c            | 9,10 a | 3,88 a     | 0,87 ef |
| Omissão de P         | 4,42 f            | 5,51 b            | 6,85 b | 3,71 b     | 0,92 e  |
| Omissão de K         | 1,81 h            | 1,53 f            | 1,79 h | 1,55 e     | 0,31 g  |
| Completo 2           | 4,77 c            | 5,48 b            | 4,22 e | 2,44 d     | 1,13 d  |
| Omissão de Ca        | 5,84 a            | 6,18 a            | 4,53 d | 2,68 c     | 2,32 a  |
| Omissão de Mg        | 4,85 b            | 4,53 e            | 6,44 c | 2,73 c     | 0,82 f  |
| Omissão de S         | 3,97 g            | 5,06 d            | 4,08 f | 2,46 d     | 1,61 c  |
| C.V. (%)             | 4,9               | 4,0               | 5,0    | 8,2        | 7,1     |
| D.M.S.<br>(Tukey 5%) | 0,05              | 0,04              | 0,06   | 0,05       | 0,05    |

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

A concentração de potássio nos órgãos da planta no tratamento com omissão de potássio obedeceu à seguinte ordem decrescente: folhas superiores > hastes > tubérculos > folhas inferiores > raízes. Nos tratamentos Completo 1 e Completo 2 a ordem decrescente foi: folhas inferiores > folhas superiores > hastes > tubérculos > raízes. GARGANTINI *et alii* (1963), em plantas de batatinha da variedade Bintje, colhidas aos 60 dias após a emergência, obtiveram a mesma sequência citada acima para o tratamento Completo 1.

Na omissão de potássio, os sintomas iniciais de deficiência foram observados nas folhas inferiores e a maior concentração encontrada foi nas folhas superiores, o que são indícios da mobilidade do potássio para as regiões em crescimento do vegetal.

Segundo Arnon e Hoagland (1943), citados por MALAVOLTA (1976), os tecidos em crescimento mais acentuado, tem maior capacidade para a acumulação de potássio, em contraste com as células menos ativadas fisiologicamente, o que vem a confirmar os resultados obtidos no presente experimento.

A maior concentração de potássio nas folhas superiores foi a do tratamento -Ca (5,84%) e a menor concentração a do tratamento -K (1,81%). A concentração de potássio no tratamento Completo 1 foi 4,46%. Quando contrastados com o Completo 1, os tratamentos que tiveram a concentração de potássio aumentada nas folhas superiores foram aqueles com omissão de cálcio, de magnésio ou de nitrogênio, enquanto que naqueles

com omissão de fósforo, de enxofre ou de potássio a concentração diminuiu.

Nas folhas inferiores a maior concentração de potássio foi a do tratamento -Ca (6,18%) e a menor concentração a do -K (1,53%). A concentração de potássio no tratamento Completo I foi 5,30%. Quando contrastados com o Completo I, os tratamentos que tiveram aumentos nas concentrações de potássio nas folhas inferiores foram aqueles com omissão de cálcio ou de fósforo, enquanto que naqueles com omissão de enxofre, de magnésio ou de potássio o teor diminuiu.

Nas hastes a maior concentração de potássio foi a do tratamento -N (9,10%) e a menor a do tratamento -K (1,79%). A concentração de potássio no tratamento Completo I foi 3,73%. Quando contrastados com o Completo I, os tratamentos que sofreram aumentos na concentração de potássio nas hastes foram aqueles com omissão de nitrogênio, de fósforo, de magnésio, de cálcio ou de enxofre, enquanto que naqueles com omissão de potássio a concentração diminuiu.

Nos tubérculos a maior concentração de potássio foi a do tratamento -N (3,88%) e a menor o do -K (1,55%). A concentração de potássio no tratamento Completo I foi 2,70%. Quando contrastados com o Completo I os tratamentos que provocaram aumentos na concentração de potássio nos tubérculos foram aqueles com omissão de nitrogênio ou de fósforo, enquanto que naqueles com omissão de enxofre ou de potássio a concentração diminuiu.



Nas raízes a maior concentração de potássio foi a do tratamento -Ca (2,32%) e a menor a do tratamento -K (0,31%). A concentração de potássio no tratamento Completo I foi 1,94%. Quando contrastados com o Completo I, o tratamento com omissão de cálcio teve aumentada a sua concentração de potássio nas raízes, enquanto que naqueles com omissão de enxofre, de fósforo, de nitrogênio, de magnésio ou de potássio o teor diminuiu.

Os teores de potássio, na matéria seca dos diversos órgãos das plantas, nos tratamentos Completos concordam de certa forma com os teores citados como normais na revisão de literatura.

Os teores citados como deficientes em folhas (1,20 a 2,10%) por Large (1945) citado por CHAPMAN (1966), concordam de certa forma com os obtidos no presente experimento no tratamento com omissão de potássio para folhas superiores e folhas inferiores.

Nas hastes o teor citado como deficiente (< 1,0%) por Lachover e Arnon (1962) citados por CHAPMAN (1966), concorda de certo modo com o obtido no presente experimento no tratamento com omissão de potássio.

Os teores de potássio nos diversos órgãos das plantas no tratamento Completo I e no com omissão de potássio são:

| Tratamentos  | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes | Tubérculos | Raízes |
|--------------|-------------------|-------------------|--------|------------|--------|
| Completo I   | 4,46              | 5,30              | 3,73   | 2,70       | 1,94   |
| Omissão de K | 1,81              | 1,53              | 1,79   | 1,55       | 0,31   |

COBRA NETO (1967) trabalhando com feijoeiro verificou que nas raízes a concentração de potássio se acumulou no tratamento -P, -N, -Mg ou -Ca, no caule no tratamento -Ca e nas folhas dos tratamentos -P, -S, -Mg ou -Ca. Os resultados obtidos no presente experimento mostraram que houve aumento na concentração de potássio nas raízes, nas hastes, nas folhas superiores e nas folhas inferiores no tratamento com omissão de cálcio; nas folhas inferiores de plantas cultivadas sob omissão de fósforo e nas folhas superiores de plantas cultivadas sob omissão de magnésio o que concorda em parte com os resultados obtidos pelo mencionado autor.

HAAG (1965) trabalhando com cana de açúcar, observou que nos tratamentos -N, -K, -Ca, -Mg ou -S ocorreu diminuição significativa dos teores de potássio na raiz. No presente experimento verificamos que os tratamentos -S, -P, -Mg ou -K diminuíram os teores de potássio nas raízes o que concorda em parte com os resultados obtidos pelo mencionado autor.

MAYNARD (1970) trabalhando com espinafre, cultivar de outono, observou que a omissão de nitrogênio, fósforo, cálcio ou magnésio aumentou a concentração de potássio nas folhas velhas; nas folhas novas apenas o tratamento com omissão de nitrogênio aumentou a concentração de potássio.

COBRA NETO et alii (1971) em feijoeiro e CIBES e SAMUELS (1957) em plantas de fumo, obtiveram teor elevado de potássio em folhas de plantas deficientes em fósforo. No presente experimento verificamos que os tratamentos sob omissão de fósforo ou cálcio elevaram a

concentração de potássio nas folhas velhas e o tratamento com omissão de nitrogênio aumentou a concentração de potássio nas raízes o que concorda com os resultados obtidos pelos mencionados autores.

#### 4.3.4. Cálcio

As concentrações de cálcio, nos órgãos da planta em função dos tratamentos, acham-se no Quadro 7.

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

| Tratamentos          | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes | Tubérculos | Raízes |
|----------------------|-------------------|-------------------|--------|------------|--------|
| Completo 1           | 1,26 f*           | 2,67 e            | 1,02 f | 0,08 d     | 0,77 c |
| Omissão de N         | 3,82 a            | 4,23 a            | 1,49 c | 0,14 ab    | 0,22 g |
| Omissão de P         | 3,00 b            | 3,28 c            | 1,30 d | 0,15 a     | 0,32 f |
| Omissão de K         | 3,87 a            | 1,99 f            | 1,66 b | 0,11 c     | 0,40 e |
| Completo 2           | 2,21 d            | 3,13 d            | 1,10 e | 0,08 d     | 1,00 a |
| Omissão de Ca        | 0,26 g            | 0,30 h            | 0,22 g | 0,07 d     | 0,39 e |
| Omissão de Mg        | 1,44 e            | 1,26 g            | 2,32 a | 0,12 bc    | 0,62 d |
| Omissão de S         | 2,63 c            | 3,68 b            | 1,27 d | 0,08 d     | 0,88 b |
| C.V. (%)             | 8,6               | 6,7               | 13,3   | 9,6        | 12,3   |
| D.M.S.<br>(Tukey 5%) | 0,05              | 0,04              | 0,04   | 0,02       | 0,03   |

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

A concentração de cálcio nos órgãos da planta no tratamento com omissão de cálcio obedeceu à seguinte ordem decrescente: raízes > folhas inferiores > folhas superiores > hastes > tubérculos. No tratamento Completo 1 e Completo 2, a ordem decrescente foi: folhas inferiores > folhas superiores > hastes > raízes > tubérculos. GARGANTINI et alii (1963), em plantas de batatinha da variedade Bintje, aos 60 e aos 80 dias após a emergência das plantas, obtiveram a mesma sequência em ordem decrescente citada acima.

As maiores concentrações de cálcio encontradas nas folhas inferiores dos tratamentos Completo 1 e Completo 2 e nas raízes do tratamento com omissão de cálcio, bem como o fato dos sintomas de deficiência terem sido observados, inicialmente, nas folhas mais novas são indícios da pouca mobilidade deste nutriente nas plantas. SKINNER e PURVIS (1949), GAUCH (1972) e EPSTEIN (1972) fazem citações sobre a pouca mobilidade do cálcio nas plantas.

Nas folhas superiores a maior concentração de cálcio foi a do tratamento -K (3,87%) e -N (3,82%), que não diferiram entre si estatisticamente. A maior concentração foi a do tratamento -Ca (0,26%). No tratamento Completo 2 a concentração de cálcio foi 2,21%. Nas folhas superiores os tratamentos com omissão de potássio, de nitrogênio, de fósforo ou de enxofre, quando contrastados com o Completo 2, provocaram aumento na concentração de cálcio, enquanto que naqueles com omissão de magnésio ou de cálcio o teor diminuiu.

Nas folhas inferiores a maior concentração de cálcio foi a do tratamento -N (4,23%) e a menor concentração a do -Ca (0,30%). No tratamento Completo 2, a concentração de cálcio foi 3,13%. Nas folhas inferiores os tratamentos com omissão de nitrogênio, de enxofre ou de fósforo, quando contrastados com o Completo 2, apresentaram aumento na concentração de cálcio, enquanto que naqueles com omissão de potássio, de magnésio ou de cálcio a concentração diminuiu.

Nas hastes a maior concentração de cálcio foi a do tratamento -Mg (2,32%) e a menor a do tratamento -Ca (0,22%). No tratamento Completo 2 a concentração de cálcio foi 1,10%. Quando contrastados com o Completo 2, aqueles com omissão de magnésio, de potássio, de nitrogênio, de fósforo ou de enxofre causaram aumento na concentração de cálcio nas hastes, enquanto aqueles com omissão de cálcio tiveram diminuída a concentração.

Nos tubérculos, a maior concentração de cálcio foi a do tratamento -P (0,15%), que não diferiu estatisticamente do -N (0,14%). A menor concentração foi a do tratamento -Ca (0,07%), que não diferiu estatisticamente do -S (0,08%), do Completo 2 (0,08%) e do Completo 1 (0,08%). Quando contrastados com o tratamento Completo 2, aqueles com omissão de fósforo, de nitrogênio, de magnésio ou de potássio causaram aumento na concentração de cálcio nos tubérculos.

Nas raízes, a maior concentração de cálcio foi a do tratamento Completo 2 (1,00%) e a menor a do tratamento -N (0,22%). Os tratamentos com omissão de enxofre, de magnésio, de potássio, de cálcio, de

fósforo ou de nitrogênio causaram diminuição na concentração de cálcio nas raízes, quando contrastados com o Completo 2.

As concentrações de cálcio, normais ou deficientes, para os diversos órgãos da planta citadas na revisão de literatura, concordam, de maneira geral, com os resultados obtidos no presente experimento.

Os teores de cálcio, encontrados nos diversos órgãos da planta, no tratamento Completo 2 e no com omissão de Ca são:

| Tratamentos   | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes | Tubérculos | Raízes |
|---------------|-------------------|-------------------|--------|------------|--------|
| Completo 2    | 2,21              | 3,13              | 1,10   | 0,08       | 1,00   |
| Omissão de Ca | 0,26              | 0,30              | 0,22   | 0,07       | 0,39.  |

Segundo HILL e CANNON (1948), MAREL e BROEK (1959), ULRICH e FONG (1970) os teores de cálcio aumentam quando há baixo suprimento de potássio em plantas de batatinha. Os resultados obtidos no presente experimento são concordantes com os dos autores mencionados acima, para folhas superiores, hastes e tubérculos.

COBRA NETO (1967) trabalhando com feijoeiro verificou que a concentração de cálcio diminuiu nas raízes nos tratamentos -N, -P, ou -K e nas folhas nos tratamentos -P, -N ou -Mg. No presente experimento houve redução na concentração de cálcio nas raízes dos tratamentos -S, -Mg, -K, -P, -N ou -Ca, nas folhas inferiores dos tratamentos -K, -Mg ou -Ca, e nas folhas superiores dos tratamentos -Mg ou -Ca, o que concorda em parte com os resultados obtidos pelo mencionado autor.

CIBES e SAMUELS (1957) encontraram teores elevados de cálcio em plantas de fumo desenvolvidas na ausência de fósforo ou de enxofre. No presente experimento verificamos aumento na concentração de cálcio nas folhas inferiores, folhas superiores, hastes e tubérculos de plantas cultivadas sob omissão de fósforo, e nas folhas inferiores, folhas superiores e hastes de plantas cultivadas sob omissão de enxofre, o que concorda em parte com os resultados obtidos pelos mencionados autores.

#### 4.3.5. Magnésio

As concentrações de magnésio, nos órgãos das plantas em função dos tratamentos, acham-se no Quadro 8.

A concentração de magnésio nos órgãos das plantas no tratamento com omissão de magnésio obedeceu à seguinte ordem decrescente: folhas superiores > folhas inferiores e hastes > tubérculos > raízes. No tratamento Completo 2 a ordem decrescente foi: folhas inferiores > raízes > hastes > folhas superiores > tubérculos. GARGANTINI *et alii* (1963) em plantas de batatinha da variedade Bintje, colhidas aos 80 dias após a emergência das plantas obtiveram esta sequência em ordem decrescente: folhas > hastes > raízes > tubérculos o que discorda, em parte, com os resultados obtidos no presente experimento.

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

| Tratamentos          | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes | Tubérculos | Raízes |
|----------------------|-------------------|-------------------|--------|------------|--------|
| Completo 1           | 0,53 d *          | 0,78 d            | 0,53 f | 0,14 c     | 0,84 b |
| Omissão de N         | 1,18 a            | 1,30 a            | 0,76 c | 0,17 b     | 0,18 f |
| Omissão de P         | 1,14 b            | 1,28 ab           | 1,04 b | 0,20 a     | 0,21 e |
| Omissão de K         | 1,15 b            | 1,26 b            | 1,26 a | 0,11 d     | 0,29 d |
| Completo 2           | 0,58 c            | 0,83 c            | 0,70 d | 0,14 c     | 0,78 c |
| Omissão de Ca        | 0,56 c            | 0,60 e            | 0,57 e | 0,14 c     | 0,22 e |
| Omissão de Mg        | 0,09 f            | 0,05 f            | 0,05 g | 0,08 e     | 0,07 g |
| Omissão de S         | 0,50 e            | 0,82 c            | 0,72 d | 0,14 c     | 0,92 a |
| C.V. (%)             | 11,5              | 13,9              | 14,2   | 6,42       | 12,8   |
| D.M.S.<br>(Tukey 5%) | 0,02              | 0,02              | 0,02   | 0,02       | 0,02   |

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

Segundo HEWITT (1963), GAUCH (1972) e EPSTEIN (1972), o magnésio é de fácil mobilidade, sendo de se esperar suas mais altas concentrações nas porções superiores da planta. No presente experimento as plantas sob omissão de magnésio apresentaram maior concentração de magnésio nas folhas superiores, o que indica a sua translocação para as regiões em crescimento da planta.



Nas folhas superiores a maior concentração de magnésio foi a do tratamento -N (1,18%) e a menor a do tratamento -Mg (0,09%). No tratamento Completo 2 a concentração de magnésio foi 0,58%. Quando comparados com o tratamento Completo 2, aqueles com omissão de nitrogênio, de potássio ou de fósforo, tiveram a concentração de magnésio nas folhas superiores aumentada, enquanto aqueles com omissão de enxofre ou de magnésio tiveram os seus teores diminuídos.

Nas folhas inferiores a maior concentração de magnésio foi a do tratamento -N (1,30%), que não diferiu estatisticamente do -P (1,28%). A menor concentração foi a do tratamento -Mg (0,05%). A concentração no tratamento Completo 2 foi 0,83%. Quando comparados com o tratamento Completo 2, aqueles com omissão de nitrogênio, de potássio ou de fósforo, tiveram aumentada a concentração de magnésio nas folhas inferiores, enquanto naqueles com omissão de cálcio ou de magnésio a concentração diminuiu.

Nas hastes a maior concentração de magnésio ocorreu no tratamento -K (1,26%) e a menor no tratamento -Mg (0,05%). No Completo 2 a concentração de magnésio foi 0,70%. Quando comparados com o tratamento Completo 2 aqueles com omissão de potássio, de fósforo ou de nitrogênio tiveram aumentada a concentração de magnésio nas hastes, enquanto os com omissão de cálcio ou de magnésio tiveram diminuído o seu teor.

Nos tubérculos a maior concentração de magnésio ocorreu no tratamento -P (0,20%) e a menor no tratamento -Mg (0,08%). No

tratamento Completo 2 a concentração de magnésio foi 0,14%. Quando comparados com o tratamento Completo 2, os com omissão de fósforo ou de nitrogênio causaram aumento na concentração de magnésio nos tubérculos, enquanto naqueles com omissão de potássio ou de magnésio a concentração diminuiu.

Nas raízes a maior concentração de magnésio ocorreu no tratamento -S (0,92%) e a menor no tratamento -Mg (0,07%). No tratamento Completo 2 a concentração de magnésio foi 0,78%. Quando comparados com o Completo 2, o com omissão de enxofre aumentou a concentração de magnésio nas raízes, enquanto naqueles com omissão de potássio, de cálcio, de fósforo de nitrogênio ou de magnésio o teor diminuiu.

As concentrações de magnésio normais ou deficientes, nos diferentes órgãos da planta, citadas na revisão de literatura, concordam de maneira geral, com os resultados obtidos no presente experimento.

Os teores de magnésio nos diversos órgãos da planta, no tratamento Completo 2 e no com omissão de Mg são:

| Tratamentos   | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes | Tubérculos | Raízes |
|---------------|-------------------|-------------------|--------|------------|--------|
| Completo 2    | 0,58              | 0,83              | 0,70   | 0,14       | 0,78   |
| Omissão de Mg | 0,09              | 0,05              | 0,05   | 0,08       | 0,07   |

HILL e CANNON (1948), MAREL e BROEK (1959), ULRICH e FONG (1970), verificaram que baixas concentrações de potássio estavam associadas a um acúmulo de magnésio em plantas de batatinha. HAAG (1958) em folhas de cafeeiro, HAAG (1965) em folhas de cana de açúcar e MALAVOLTA

(1963) em folhas de cafeeiro verificaram existir uma relação inversa entre os teores de potássio e magnésio. Os dados obtidos no presente experimento são concordantes com os dos autores citados acima para folhas inferiores, folhas superiores e hastes que apresentaram aumento na concentração de magnésio no tratamento com omissão de potássio.

COBRA NETO (1971) constatou efeito positivo da omissão de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre ou cálcio na concentração do magnésio em feijoeiro. MAYNARD (1970) em folhas novas de plantas de espinafre verificou que na ausência de fósforo, de potássio ou de cálcio, as concentrações de magnésio, foram iguais ou superiores às do tratamento Completo. THOMAZ (1975) verificou que na omissão de potássio houve um acúmulo de magnésio em caules de plantas de espinafre. No presente experimento houve acúmulo de magnésio nas folhas superiores, folhas inferiores e hastes nos tratamentos -N, -K ou -P; nos tubérculos nos tratamentos -P ou -N e nas raízes no tratamento -S, o que concorda, de certo modo, com os resultados obtidos pelos mencionados autores.

#### 4.3.6. Enxofre

As concentrações de enxofre, nos órgãos das plantas em função dos tratamentos, encontram-se no Quadro 9.

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

| Tratamentos          | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes  | Tubérculos | Raízes  |
|----------------------|-------------------|-------------------|---------|------------|---------|
| Completo 1           | 0,612 c *         | 0,516 d           | 0,517 d | 0,385 a    | 0,726 a |
| Omissão de N         | 0,408 g           | 0,402 g           | 0,445 g | 0,356 b    | 0,401 g |
| Omissão de P         | 0,602 d           | 0,685 a           | 0,478 e | 0,344 c    | 0,412 f |
| Omissão de K         | 0,639 b           | 0,670 b           | 0,549 c | 0,302 d    | 0,504 e |
| Completo 2           | 0,504 e           | 0,501 e           | 0,457 f | 0,358 b    | 0,632 c |
| Omissão de Ca        | 0,664 a           | 0,608 c           | 0,702 a | 0,346 c    | 0,666 b |
| Omissão de Mg        | 0,487 f           | 0,465 f           | 0,618 b | 0,247 e    | 0,551 d |
| Omissão de S         | 0,352 h           | 0,402 g           | 0,341 h | 0,111 f    | 0,379 h |
| C.V. (%)             | 12,8              | 12,5              | 12,6    | 5,4        | 6,8     |
| D.M.S.<br>(Tukey 5%) | 0,003             | 0,002             | 0,002   | 0,003      | 0,003   |

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

As concentrações de enxofre nos órgãos das plantas no tratamento com omissão de enxofre obedeceu à seguinte ordem decrescente: folhas inferiores > raízes > folhas superiores > hastes > tubérculos. No tratamento Completo 2 a ordem decrescente foi: raízes > folhas superiores > folhas inferiores > hastes > tubérculos.

GARGANTINI et alii (1963) em plantas de batatinha da variedade Bintje, colhidas aos 80 dias após a emergência das plantas obteve a seguinte ordem decrescente: folhas > hastes > raízes > tubérculos, o que discorda em parte com os resultados obtidos no presente experimento.

Segundo MALAVOLTA (1976), o enxofre é pouco redistribuído no floema e no xilema, o que explica seu maior acúmulo nas porções inferiores da planta. No presente experimento a mobilidade do enxofre foi intermediária, sendo menor no tratamento com omissão de enxofre do que no tratamento Completo 2.

Nas folhas superiores a maior concentração de enxofre ocorreu no tratamento -Ca (0,664%) e a menor no tratamento -S (0,352%). No tratamento Completo 2 a concentração de enxofre foi 0,504%. Quando comparados com o tratamento Completo 2, aqueles com omissão de cálcio, de potássio ou de fósforo apresentaram aumento na concentração de enxofre nas folhas superiores, enquanto naqueles com omissão de magnésio, nitrogênio ou enxofre a concentração diminuiu.

Nas folhas inferiores a maior concentração de enxofre ocorreu no tratamento -P (0,685%) e a menor no -S ou -N que apresentaram teores iguais (0,402%). No tratamento Completo 2 a concentração de enxofre foi 0,501%. Quando comparados com o tratamento Completo 2, os com omissão de fósforo, de potássio ou de cálcio causaram aumento na concentração de enxofre nas folhas inferiores enquanto que naqueles com omissão de magnésio, de nitrogênio ou de enxofre a concentração diminuiu.

Nas hastes a maior concentração de enxofre foi a do tratamento -Ca (0,702%) e a menor a do -S (0,341%). No Completo 2 a concentração de enxofre foi 0,457%. Quando comparados com o tratamento Completo 2, aqueles com omissão de cálcio, de magnésio, de potássio ou de fósforo tiveram aumento na concentração de enxofre nas hastes, enquanto que naqueles com omissão de nitrogênio ou de enxofre o teor diminuiu.

Nos tubérculos a maior concentração de enxofre ocorreu no tratamento Completo 1 (0,385%) e a menor no -S (0,111%). No tratamento Completo 2 a concentração de enxofre foi 0,385%. Quando comparados com o tratamento Completo 2, os com omissão de cálcio, de fósforo, de potássio, de magnésio ou de enxofre apresentaram diminuição na concentração de enxofre nos tubérculos.

Nas raízes a maior concentração de enxofre ocorreu no tratamento Completo 1 (0,726%) e a menor no -S (0,379%). No Completo 2 a concentração de enxofre foi 0,632%. Quando comparados com o tratamento Completo 2, o com omissão de cálcio causou aumento na concentração de enxofre nas raízes, enquanto os com omissão de magnésio, de potássio, de fósforo, de nitrogênio ou de enxofre causaram diminuição.

As concentrações de enxofre, encontradas na matéria seca para os diversos órgãos da planta, citadas na literatura concordam de maneira geral, com as obtidas no presente experimento.

Os teores de enxofre nos diversos órgãos da planta no tratamento Completo 2 e no com omissão de S são:

| Tratamentos  | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes | Tubérculos | Raízes |
|--------------|-------------------|-------------------|--------|------------|--------|
| Completo 2   | 0,504             | 0,501             | 0,457  | 0,358      | 0,632  |
| Omissão de S | 0,352             | 0,402             | 0,341  | 0,111      | 0,379  |

CIBES e SAMUELS (1957) trabalhando com fumo, encontraram baixos teores de enxofre nos tratamentos onde se omitiu o nitrogênio ou o enxofre. THOMAZ (1975) em folhas superiores de plantas de espinafre encontrou redução no teor de enxofre nos tratamentos com omissão de enxofre ou no com omissão de nitrogênio. Segundo THOMAS et alii (1950) existe estreita relação entre o metabolismo do enxofre e do nitrogênio nas plantas, pelo fato de que os aminoácidos contendo enxofre são constituintes essenciais das proteínas das plantas. Os resultados obtidos no presente experimento mostraram que na omissão de nitrogênio ou de enxofre houve uma redução significativa no teor de enxofre nas folhas inferiores, folhas superiores, hastes e raízes, que concorda com os dados obtidos pelos mencionados autores.

HAAG (1965) obteve teores elevados de enxofre em folhas de cana-de-açúcar deficientes em potássio, o que concorda com os resultados do presente experimento para folhas superiores, folhas inferiores e hastes.

ROCHA FILHO (1971), trabalhando com algodoeiro mocó, verificou que os tratamentos com omissão de fósforo ou de potássio

provocaram aumentos na concentração de enxofre nas folhas superiores e folhas inferiores. Os dados obtidos no presente experimento são concordes com os do mencionado autor para folhas superiores, folhas inferiores e hastes. O mesmo autor verificou que na omissão de cálcio houve aumento na concentração de enxofre, fato este também ocorrido no presente experimento.

#### 4.4. Extração dos macronutrientes

As extrações dos macronutrientes em mg, por órgão da planta e total, em função dos tratamentos Completos e com omissão de macronutrientes encontram-se no Quadro 10.



Quadro 10. Nutrientes extraídos em mg, por órgão da planta e total, em função dos tratamentos (Média de 4 plantas)

| Nutrientes | Tratamentos*  | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes | Tubérculos | Raízes | Total   |
|------------|---------------|-------------------|-------------------|--------|------------|--------|---------|
| N          | Completo 1    | 56,16             | 352,22            | 77,69  | 384,54     | 44,24  | 914,85  |
|            | Omissão de N  | 7,29              | 8,50              | 8,86   | 9,20       | 3,62   | 37,47   |
| P          | Completo 1    | 3,85              | 16,24             | 5,43   | 56,40      | 2,68   | 84,60   |
|            | Omissão de P  | 1,00              | 0,81              | 3,24   | 3,44       | 0,38   | 8,87    |
| K          | Completo 1    | 55,22             | 489,51            | 187,44 | 594,20     | 36,20  | 1362,57 |
|            | Omissão de K  | 8,82              | 41,58             | 15,10  | 23,67      | 2,20   |         |
| Ca         | Completo 2    | 38,42             | 273,65            | 49,44  | 25,22      | 17,42  | 404,15  |
|            | Omissão de Ca | 0,26              | 18,03             | 6,09   | 5,71       | 6,12   | 36,21   |
| Mg         | Completo 2    | 10,17             | 72,50             | 31,30  | 48,48      | 13,71  | 176,16  |
|            | Omissão de Mg | 0,50              | 1,19              | 0,52   | 2,81       | 0,60   | 5,62    |
| S          | Completo 2    | 8,74              | 43,80             | 20,50  | 120,62     | 11,03  | 204,69  |
|            | Omissão de S  | 5,42              | 32,27             | 11,87  | 32,15      | 5,70   | 87,41   |

\* Os tratamentos Completo 1, omissão de N, omissão de P e omissão de K foram colhidos aos 60 dias após a emergência das plantas e os Completo 2, omissão de Ca, omissão de Mg e omissão de S aos 80 dias.

No tratamento com omissão de N e no Completo 1, a maior quantidade de nitrogênio foi extraída pelos tubérculos.

No tratamento com omissão de P e no Completo 1, a maior quantidade de fósforo foi extraída pelos tubérculos.

No tratamento com omissão de K a maior quantidade de potássio foi extraída pelas folhas inferiores e no Completo 1 pelos tubérculos.

No tratamento com omissão de Ca e no Completo 2 a maior quantidade de cálcio foi extraída pelas folhas inferiores.

No tratamento com omissão de Mg a maior quantidade de magnésio foi extraída pelos tubérculos e no Completo 2 pelas folhas inferiores.

No tratamento com omissão de S a maior quantidade de enxofre foi extraída pelas folhas inferiores e no Completo 2 pelos tubérculos.

De maneira geral, os órgãos da planta que extraíram as maiores quantidades de nutrientes foram os tubérculos e as folhas inferiores.

Admitindo-se uma população de 35.714 plantas por hectare (espaçamento de 0,80 m entre linhas e 0,35 m entre plantas), as quantidades extraídas de nutrientes, no tratamento Completo 2, colhido aos 80 dias após a emergência das plantas, foram: potássio 56,9 kg, nitrogênio 38,9 kg, cálcio 14,4 kg, enxofre 7,3 kg, magnésio 6,3 kg e fósforo 3,2 kg. Os tubérculos exportaram 29,4 kg de potássio, 21,8 kg de nitrogênio, 4,3 kg de enxofre, 2,5 kg de fósforo, 1,7 kg de magnésio e 0,9 kg de cálcio.

GARGANTINI et alii (1963) trabalhando com a mesma variedade, verificaram que os nutrientes absorvidos em maiores quantidades foram o potássio e o nitrogênio, seguindo-os pela ordem decrescente o cálcio, o enxofre, o fósforo e o magnésio. Os dados obtidos são concordantes com os dos citados autores, exceto para o fósforo que foi no presente experimento absorvido em menor quantidade que o magnésio.

No tocante às quantidades totais extraídas em kg/ha os dados obtidos são inferiores aos citados pela literatura, fato este devido, provavelmente, à baixa produção de matéria seca, causada pela utilização de brotos como material de propagação.

## 5. CONCLUSÕES

Pelos dados obtidos conclui-se que:

1. o desenvolvimento das plantas, no tocante à altura, número de folhas, número de tubérculos e produções de matéria seca foi seriamente afetada na omissão de nitrogênio, de fósforo, de potássio e de magnésio, e menos afetado na omissão de cálcio, que na colheita, apresentou tubérculos mal formados e pequenos e, entretanto, em grande número. A omissão de enxofre não prejudicou o desenvolvimento das plantas;

2. os sintomas visuais de deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio apresentaram-se bem definidos, sendo de fácil caracterização, ao passo que os sintomas de deficiência de enxofre não se apresentaram bem definidos sendo de difícil caracterização;

3. os teores dos nutrientes expressos em porcentagem (%), encontrados na matéria seca dos diversos órgãos da planta, em função da presença ou da omissão de macronutrientes são:

| Nutriente | Folhas superiores | Folhas inferiores | Hastes | Tubérculos | Raízes |       |
|-----------|-------------------|-------------------|--------|------------|--------|-------|
| N         | presente          | 4,65              | 3,82   | 1,54       | 1,75   | 2,37  |
|           | omitido           | 2,11              | 1,42   | 1,65       | 1,24   | 0,70  |
| P         | presente          | 0,320             | 0,176  | 0,108      | 0,257  | 0,143 |
|           | omitido           | 0,119             | 0,072  | 0,079      | 0,120  | 0,019 |
| K         | presente          | 4,46              | 5,30   | 3,73       | 2,70   | 1,94  |
|           | omitido           | 1,81              | 1,53   | 1,79       | 1,55   | 0,31  |
| Ca        | presente          | 2,21              | 3,13   | 1,10       | 0,08   | 1,00  |
|           | omitido           | 0,26              | 0,30   | 0,22       | 0,07   | 0,39  |
| Mg        | presente          | 0,58              | 0,83   | 0,70       | 0,14   | 0,78  |
|           | omitido           | 0,09              | 0,05   | 0,05       | 0,08   | 0,07  |
| S         | presente          | 0,504             | 0,501  | 0,457      | 0,358  | 0,632 |
|           | omitido           | 0,352             | 0,402  | 0,341      | 0,111  | 0,379 |

4. a concentração de nitrogênio aumentou nas folhas superiores na omissão de potássio ou de magnésio; nas folhas inferiores na omissão de potássio; nas hastes na omissão de nitrogênio, de fósforo, de potássio, de cálcio, de magnésio ou de enxofre; nos tubérculos na omissão de cálcio, de fósforo, de magnésio ou de potássio; nas raízes na omissão de cálcio ou de enxofre;

5. a concentração de nitrogênio diminuiu nas folhas superiores na omissão de cálcio, de fósforo, de enxofre ou de nitrogênio;

nas folhas inferiores na omissão de magnésio, de enxofre, de fósforo ou de nitrogênio; nos tubérculos na omissão de enxofre ou de nitrogênio; nas raízes na omissão de magnésio, de potássio, de fósforo ou de nitrogênio;

6. a concentração de fósforo aumentou nas folhas superiores e folhas inferiores na omissão de potássio ou de magnésio; nas hastes na omissão de nitrogênio, de magnésio ou de potássio; nos tubérculos na omissão de nitrogênio ou de potássio;

7. a concentração de fósforo diminuiu nas folhas superiores e folhas inferiores na omissão de nitrogênio, de enxofre, de cálcio ou de fósforo; nas hastes na omissão de cálcio, de fósforo ou de enxofre; nos tubérculos na omissão de magnésio, de fósforo ou de enxofre; nas raízes na omissão de magnésio, de enxofre, de nitrogênio ou de fósforo;

8. a concentração de potássio aumentou nas folhas superiores na omissão de cálcio, de magnésio ou de nitrogênio; nas folhas inferiores na omissão de cálcio ou de fósforo; nas hastes na omissão de nitrogênio, de fósforo, de magnésio, de cálcio ou de enxofre; nos tubérculos na omissão de nitrogênio ou de fósforo; nas raízes na omissão de cálcio;

9. a concentração de potássio diminuiu nas folhas superiores na omissão de fósforo, de enxofre ou de potássio; nas folhas inferiores na omissão de enxofre, de magnésio ou de potássio; nas hastes

na omissão de potássio; nos tubérculos na omissão de enxofre ou de potássio; nas raízes na omissão de enxofre, de fósforo, de nitrogênio, de magnésio ou de potássio;

10. a concentração de cálcio aumentou nas folhas superiores na omissão de potássio, de nitrogênio, de fósforo ou de enxofre; nas folhas inferiores na omissão de nitrogênio, enxofre ou de fósforo; nas hastes na omissão de magnésio, de potássio, de nitrogênio, de fósforo ou de enxofre; nos tubérculos na omissão de fósforo, de nitrogênio, de magnésio ou de potássio;

11. a concentração de cálcio diminuiu nas folhas superiores na omissão de magnésio ou de cálcio; nas folhas inferiores na omissão de potássio, de magnésio ou de cálcio; nas hastes na omissão de cálcio; nas raízes na omissão de enxofre, de magnésio, de potássio, de cálcio, de fósforo ou de nitrogênio;

12. a concentração de magnésio aumentou nas folhas superiores, folhas inferiores e hastes na omissão de nitrogênio, de fósforo ou de potássio; nos tubérculos na omissão de fósforo ou de nitrogênio; nas raízes na omissão de enxofre;

13. a concentração de magnésio diminuiu nas folhas superiores na omissão de enxofre ou de magnésio; nas folhas inferiores e hastes na omissão de cálcio ou de magnésio; nos tubérculos na omissão de potássio ou de magnésio; nas raízes na omissão de potássio, de cálcio, de fósforo, de nitrogênio ou de magnésio;

14. a concentração de enxofre aumentou nas folhas superiores e folhas inferiores na omissão de cálcio, de potássio ou de fósforo; nas hastes na omissão de cálcio, de magnésio, de potássio ou de fósforo; nas raízes na omissão de cálcio;

15. a concentração de enxofre diminuiu nas folhas superiores e folhas inferiores na omissão de magnésio, de nitrogênio ou de enxofre; nas hastes na omissão de nitrogênio ou de enxofre; nos tubérculos na omissão de cálcio, de fósforo, de potássio, de magnésio ou de enxofre; nas raízes na omissão de magnésio, de potássio, de fósforo, de nitrogênio ou de enxofre;

16. as quantidades de nutrientes extraídas pelas plantas, cultivadas na presença de todos os nutrientes e colhidas aos 80 dias após a emergência, são as seguintes em kg/ha (população de 35.714 plantas/ha): K 56,9; N 38,9; Ca 4,4; S 7,3; Mg 6,3; P 3,2. Pelos tubérculos as quantidades exportadas são: K 29,3; N 21,8; S 4,3; P 2,5; Mg 1,7; Ca 0,9.



## 6. SUMMARY

The present work was carried out in order to study some aspects of the mineral nutrition of potato plants, concerning to deficiency symptoms of macronutrients, as well as the effects of the omission and presence of the macronutrients on the development and mineral composition of the plants.

The experiment was conducted under green-house conditions, being used as propagation material sprouts detached from tubers. The plants were cultivated in pots containing pure quartz sand.

At the beginning, during 20 days, the pots were irrigated by percolation with complete nutritive solution, diluted with distillate water in the ratio of 1:5. When the plants reached 5 cm height they were exposed to nutritive solutions with and without the presence of macronutrients.

The experimental design consisted of completely randomized, with 8 treatments and 4 replications, being each plot represented by

one pot containing one plant. The treatments were: Complete 1, omission of nitrogen, omission of potassium, Complete 2, omission of calcium, omission of magnesium and omission of sulphur.

The plants were harvested when the symptoms became evident. The treatments Complete 1, omission of nitrogen, omission of phosphorus and omission of potassium were harvest 60 days after the emergence of the plants, and the treatments Complete 2, omission of calcium, omission of magnesium and omission of sulphur 80 days after the emergence.

The development of the plants was evaluated with respect to the height, number of leaves, number of tubers and dry weight of the different parts of the plants.

The plants were harvested and divided in the following fractions: upper leaves, lower leaves, stems, roots and tubers.

The macronutrients concentrations were determined in the dry matter of the different parts of the plants.

The main conclusions were the following:

1. the development of the plants was seriously affected in the omission of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium, and less affected in the omission of calcium. The omission of sulphur did not affect the development of the plants;

2. symptoms of lack of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium were easily identified, but the symptoms of lack

of sulphur were not easily identified;

3. the percentages (%) of macronutrients determined in the dry matter, of the different parts of the plants are:

| Nutrient |         | Upper leaves | Lower leaves | Stems | Tubers | Roots |
|----------|---------|--------------|--------------|-------|--------|-------|
| N        | present | 4.65         | 3.82         | 1.54  | 1.75   | 2.37  |
|          | omitted | 2.11         | 1.42         | 1.65  | 1.24   | 0.70  |
| P        | present | 0.320        | 0.176        | 0.108 | 0.257  | 0.143 |
|          | omitted | 0.119        | 0.072        | 0.079 | 0.120  | 0.019 |
| K        | present | 4.46         | 5.30         | 3.73  | 2.70   | 1.94  |
|          | omitted | 1.81         | 1.53         | 1.79  | 1.55   | 0.31  |
| Ca       | present | 2.21         | 3.13         | 1.10  | 0.08   | 1.00  |
|          | omitted | 0.26         | 0.30         | 0.22  | 0.07   | 0.39  |
| Mg       | present | 0.58         | 0.83         | 0.70  | 0.14   | 0.78  |
|          | omitted | 0.09         | 0.05         | 0.05  | 0.08   | 0.07  |
| S        | present | 0.504        | 0.501        | 0.457 | 0.358  | 0.632 |
|          | omitted | 0.352        | 0.402        | 0.341 | 0.111  | 0.379 |

## 7. BIBLIOGRAFIA

- BATAGLIA, O.C.; J.P.F. TEIXEIRA; P.R.FURLANI; A.M.C.FURLANI e J.R.GALLO, 1978. Análise Química de Plantas. Campinas, Circular nº 87, IAC, São Paulo.
- BEEVERS, L. e R.H. HAGEMAN, 1969. Nitrate reduction in higher plants. Ann.Rev.Pl.Physiol. 20:495-522.
- BEUKEMA, H.P. e D.E. van der ZAAG, 1979. Potato Improvement: some factors and facts. International Agricultural Centre. Wageningen, Holland. 222 p.
- BOOCK, O.J. e J.B. CASTRO, 1950. Efeito do nitrogênio, fósforo e potássio na adubação da batatinha. Campinas, Bragantia 10: 221-233.
- BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1975. Anuário Estatístico.
- BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1978. Anuário Estatístico.
- BROYER, T.C. e P.R. STOUT, 1959. The macronutrients elements. Ann.Rev. Pl.Physiol. 10:277-300.

- BURRIS, R.H., 1959. Nitrogen nutrition. Ann.Rev.Pl.Physiol. 10:301-328.
- BURTON, W.G., 1966. The potato: A survey of its history and of factors influencing its yield, nutritive value, quality and storage. H. Veenman & Zonen N.V. Wageningen, Holland. 382 p.
- CAMARGO, T. de e C.A.KRUG, 1935. Experiências sobre adubação da batata. Campinas, Boletim técnico nº 16. IAC, São Paulo.
- CAMPINAS, Instituto Agrônômico. Seção de Raízes e Tubérculos, 1974. Relatório anual.
- CAROLUS, R.L., 1937. Chemical estimation of the weekly nutrient level of a potato crop. USA, Am.Potato J., 14:141-153.
- CAROLUS, R.L. e B.E. BROWN, 1935. Truck crop investigations. Magnesium deficiency I. The value of magnesium compounds in vegetable production in Virginia. Va.Truck Expt.Sta.Bul. 89:1249-1288.
- CHAPMAN, H.D., 1966. Diagnostic criteria for plants and soils. USA, University of California, Division of Agricultural Sciences. p.682-687.
- CHUCKA, J.A., 1934. Magnesium deficiency in Aroostook potato soils. Am.Potato J. 11:29-35.
- CHUCKA, J.A. e B.E.BROWN, 1938. Magnesium studies with the potato. Am.Potato J. 15:301-312.
- CIBES, H. e G. SAMUELS, 1955. Mineral deficiency symptoms displayed by coffee trees under controlled conditions. Agric.Exp.Sta. Univ.Puerto Rico, Rio Piedras. Technical paper 14.

- CIBES, H. e 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). Piracicaba, ESALQ/USP. 67 p. (Tese de Doutorado).
- COBRA NETO, A.; W.R.ACCORSI e E.MALAVOLTA, 1971. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho). Piracicaba, Anais da ESALQ/USP, 28:257-274.
- EATON, S.V., 1952. Effects of potassium deficiency on growth and metabolism of tomato. Bot.Gaz. 112:300.
- EMBLETON, T.W., 1966. Magnesium. In: CHAPMAN, H.D. (ed.) Diagnostic criteria for plants and soils. USA, University of California, Division of Agricultural Sciences. p.225-263.
- EPSTEIN, E. 1972. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. John Wiley & Sons. Inc., New York, New York. 412 p.
- EZETA, F.N. e R.E.McCOLLUM, 1972. Dry-matter production, and nutrient uptake and removal by *Solanum andigena* in the Peruvian Andes. USA, Am. Potato J., 49(4): 151-163
- FAHL, J.I.; M.L.CARELLI; R.HIROCE e J.L.CASTRO, 1979. Efeito do alumínio na nutrição e produção de cultivares de batatinha (*Solanum tuberosum* L.). 31<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Fortaleza, Ceará, 11 a 18 de julho.
- FONG, K.H. e A. ULRICH, 1969. Growing potato plants by the water culture technique. USA, Am. Potato J. 46(8):269-272.

- FONG, K.H. e A.ULRICH, 1970a. Calcium nutrition of White Rose potato in relation to growth and leaf minerals. Res. Soils and Fertilizers, 33 (6):628.
- FONG, K.H. e A. ULRICH, 1970b. Leaf analysis as a guide for potassium nutrition of potato. Res. Soils and Fertilizers, 33(2):120.
- FONSECA, A.S.; A.R.DECHEN e H.P.HAAG, 1973. Deficiências dos macronutrientes e do boro em três variedades de amoreiras. Piracicaba, Anais da ESALQ/USP 30:175-184.
- FORSHEY, C.G. e M.W.McKEE. 1970. Effects of potassium deficiency on nitrogen metabolism of fruit plants. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 95(6): 727-729.
- GALLO, J.R.; F.A.S.COELHO e S.de A.NÓBREGA, 1965. Análise de folíolos e pecíolos na diagnose da nutrição da batatinha. Campinas, Bragantia 24:385-401.
- GALLO, J.R.; R.HIROCE e S.de A.NÓBREGA, 1970. Nutrição nitrogenada, fosfatada e potássica da batatinha, revelada pela análise química foliar. Campinas, Bragantia 29:I-V, Nota nº 1.
- GARGANTINI, H.; H.G.BLANCO; J.R.GALLO e S.de A.NÓBREGA, 1963. Absorção de nutrientes pela batatinha. Campinas, Bragantia 22:267-290.
- GAROLA, C.V., 1924. Plantes fourragères. France, Paris. 318 p.
- GATELY, T.F., 1971. Effects of nitrogen on potato yields and on the total N and nitrate N content of the tops. Potato Research 14:84-90.
- GAUCH, H.G., 1972. Inorganic plant nutrition. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. USA, Pensilvania. 488 p.

GERALDSON, C.M.; G.R.KLACAN e O.A.LORENZ, 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops. In: WALSH, L.M. e J.D.BEATON (ed.) Soil testing and plant analysis. USA, Madison, Wisconsin, p.365-380.

GEUS, J.G. de, 1970. Root crops: potatoes. In: Fertilizer guide for tropical and subtropical farming. Centre d'Etude de l'Azote. Zurich, Switz. p. 183-222.

GILARDI, C.A., 1930. El cultivo de la papa. Perú. 4 p.

GRUNER, G., 1963. La fertilización de la papa. Boletín Verde nº 17. Hannover, Alemania. 47 p.

HAAG, H.P., 1958. Efeitos das deficiências e excessos de macronutrientes no crescimento e na composição do cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Bourbon (B.Rodr.) Choussi) cultivado em solução nutritiva. Piracicaba, ESALQ/USP. 103 p. (Tese).

HAAG, H.P., 1965. Estudos de nutrição mineral na cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L. var. CB 41-76), cultivada em solução nutritiva. Piracicaba, ESALQ/USP, 141 p. (Tese).

HAAG, H.P.; P:HOMA e T.KIMOTO; 1968. Nutrição mineral de hortaliças. VI. Deficiência de macronutrientes em cebola. Piracicaba, Anais da ESALQ/USP 25:203-213.

HAWKES, J.G., 1956. A revision of the tuber-bearing Solanums. Rep.Scott. Pl.Breed.Stn. p. 35-109.

HAWKINS, A., 1942. Rate of nutrient absorption by different varieties of potatoes in Aroostook County, Maine. E.I. du Pont de Nemours & Co., Agr.News Letter 10:13-17.



- HAWKINS, A., 1946. Rate of absorption and translocation of mineral nutrients by potatoes in Aroostook County, Maine, and their relation to fertilizer practices. USA, J.Am.Soc.Agron. 38:667-681.
- HEWITT, E.J., 1963. The essential nutrient elements: requirements and interactions in plants. Cap. II. In: STEWARD, F.C. (ed.). Plant Physiology. New York, Academic Press, vol. III. p.137-361.
- HILL, H. e H.B.CANNON, 1948. Nutritional studies by means of tissue tests with potatoes grown on a muck soil. Sci.Agr. 28:185-199.
- HOAGLAND, D.R. e D.I.ARNON, 1950. The water culture method for growing plants without soil. California Agric. Exp.Sta.Circular 347. 32 p.
- HOUGLAND, G.V.C., 1947. Minimum phosphate requirement of potato plants grown in solution cultures. Jour.Agr.Res. 75:1-18.
- JACKSON, D.R. e J.L.HADDOCK, 1959. Growth and nutrient uptake of Russet Burbank potatoes. USA, Am.Potato J. 36(1):22-28.
- JACOBSON, L. 1951. Maintenance of Fe supply. Pl.Physiol. 26: 411-413.
- JONES, W.W., 1966. Nitrogen. In: CHAPMAN, H.D. (ed.). Diagnostic criteria for plants and soils. USA, University of California, Division of Agricultural Sciences. p.310-323.
- JONES, H.A.; B.E.BROWN e G.V.C.HOUGLAND, 1949. Plant-nutrient deficiency symptoms in the potato. Cap. IV. In: BEAR, E.F. (ed.) Hunger Signs in Crops: a Symposium. Washington, USA. p.107-134.
- KÜPERS, L.J.P., 1975. Dry matter production of potatoes and the uptake of nutrients at different stages of growth. Fourth International Course on Potato Production. International Agricultural Centre, Wageningen, Holland, 12 p. (mimeo.).

- LORENZ, O.A., 1944a. Studies on potato nutrition. I. The effects of fertilizer treatment on the yield and composition of Kern County potatoes. Am.Potato J. 21:179-192.
- LORENZ, O.A., 1944b. Studies on potato nutrition. II. Nutrient uptake at various stages of growth by Kern County potatoes. Proc.Am.Soc. Hort.Sci. 44:389-394.
- LORENZ, O.A.; F.H. TAKATORI; M.SNYDER, H.HALL e H.TIMM, 1958. I. Fertility experiments with potatoes in southern California. California Agric. 12(6):8-10.
- MAAS, E.F., 1968. Nitrogen deficiency of potatoes in organic soils. Am.Potato J. 45(8):378-382.
- MACHICADO, M. e D.BOYNTON, 1961. Effects of K, Mg and Ca deficiencies on intermediary N constituents of cocoa leaves. Proc.Amer.Soc.Hort. Sci. 77:231-235.
- MALAVOLTA, E., 1963. Cultura e adubação do cafeeiro. Instituto Brasileiro de Potassa. São Paulo, São Paulo.
- MALAVOLTA, E., 1976. Manual de Química Agrícola. São Paulo, Editora Agronômica Ceres. 528 p.
- 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.
- MAREL, H.W. van der e J.M.M.van der BROEK, 1959. Magnesium supply to crops, yields, limiting values, and fertilizing. Z.Pflanzenernahr. Dung. Bodenk. 84:244-254.
- MOTTA MACEDO, M.C., 1976. Absorção de nutrientes por cultivares nacionais de batatinha (*Solanum tuberosum* L.). Piracicaba, ESALQ/USP. 97 p. (Tese de Mestrado).

- MUNSELL COLOR CHARTS FOR PLANT TISSUES. Munsell Color Company, Inc. Baltimore. USA. 1952.
- MUNTZ e GIRARD, 1887. Les engrais. Vol.nº 3. Paris, France.
- NAKAGAWA, J.; L.C.SCOTON e A.M.LOUIS NEPTUNE, 1966. Piracicaba, Anais da ESALQ/USP 23:358-368.
- NASON, A.; W.D.McELROY, 1963. Modes of action of the essential mineral elements. In: STEWARD, F.C.(ed.). Plant Physiology, Vol. III. New York, USA. p. 363-431.
- OKA, H., 1969. Studies on the productivity of potatoes in the Tokachi District of Hokkaido. 1-Growth and nutrient absorption. Research Bulletin Hokkaido National Agricultural Experimental Station 95:46-52. In: Soil and Fertilizers, 1971, 34(1):11.
- PEREZ FREITEZ, F. 1967. Carências combinadas de macronutrientes em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. IAC-RM 3). Piracicaba, ESALQ/USP 43 p. (Tese).
- PIMENTEL GOMES, F., 1973. Curso de Estatística Experimental. 7a. ed. São Paulo, Livraria Nobel S.A. 430 p.
- ROCHA FILHO, J.V.C., 1971. Efeitos dos sintomas das deficiências de macronutrientes no crescimento e na composição mineral do algodoeiro mocõ (*Gossypium hirsutum* L., var. Maria Galante Hucth). Piracicaba, ESALQ/USP. 66 p. (Tese de Mestrado).
- RICHARDS, E.J. e E.BERNER, 1954. Physiological studies in plant nutrition. XVII. A general survey of the free aminoacids of barley as affected by mineral nutriton with special reference to potassium suply. Ann J.Bot. 18:15.

- SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. Instituto de Economia Agrícola, 1978. Prognóstico, 1978/79.
- SANTOS, M.A.C.; A.P.HAAG e J.R.SARRUGE, 1972. Nutrição mineral de hortaliças. XVIII. Efeito da omissão dos macronutrientes e do boro, no desenvolvimento e na composição química da ervilha. Piracicaba, Anais da ESALQ/USP 29:63-79.
- SARRUGE, J.R., 1970. Práticas de nutrição mineral de plantas. Curso Pós Graduado de Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba, ESALQ/USP 56 p. mimeo. (Apostila de Aula).
- SCHREVEN, D.A. van, 1935. Physiological experiments with potatoes. Landbouwk. Tijdschr., (Amsterdam) 47:706-726. Holland.
- SKINNER, J.J. e E.R.PURVIS, 1949. Plant-nutrient deficiencies in vegetable or truck crops. In: BEAR, E.F. (ed.) Hunger signs in crops: a Symposium. Washington, USA.
- SOLTANPOUR, P.N., 1969. Accumulation of dry matter and N, P, K, by Russet Burbank, Oromonte and Red McClure potatoes. USA, Am.Potato J. 46(4):111-119.
- THOMAS, M.D.; R.H.HENDRICKS e G.R.HILL, 1950. Sulphur content of vegetation. Soil Sci 70(1):9-17.
- THOMAZ, M.C., 1975. Nutrição mineral do espinafre Nova Zelândia (*Tetragonia expansa*, Murr.). Piracicaba, ESALQ/USP. 81 p. (Tese de Mestrado).
- ULRICH, A., 1948. Plant analysis methods and interpretation of results. In: KITCHEN, H.B. (ed.) Diagnostic techniques for soils and crops. The American Potash Institute. Washington, USA.

- ULRICH, A. e K.OHKI, 1966. Potassium. In: CHAPMAN, H.D. (ed.) Diagnostic criteria for plants and soils. USA, University of California, Division of Agricultural Sciences. p. 362-393.
- ULRICH, A. e K.H.FONG, 1970. Effects of potassium nutrition on growth and cation content of potato leaves and tubers relative to plant analysis. Res. Soils and Fertilizer 33(2):120.
- VINCENT, V., 1932. Fumure Rationnelle de la Pomme de Terre. Ministère de l'Agriculture. Paris, p. 3-24.
- 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.
- WALLACE, T., 1961. Visual symptoms of deficiencies in crops. Cap. IV. In: The diagnosis of mineral deficiencies in plants. Her Majesty's Stationery Office, London. p. 65-100.
- ZAAG, D.E. van der, 1973. Potatoes and their cultivation in the Netherlands. Dutch Information Centre for Potatoes. The Hague, Holland. 72 p.

APENDICE