

OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES NO CRESCIMENTO E NO ESTADO NUTRICIONAL DE PLANTAS DE REPOLHO CULTIVADO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

OMISSION OF MACRONUTRIENTS OF THE GROWTH AND NUTRITIONAL STATUS OF PLANTS OF CABBAGE GROWN IN NUTRIENT SOLUTION

Cíntia Carla AVALHÃES¹; Renato de Mello PRADO²; Liliane Maria ROMUALDO¹; Danilo Eduardo ROZANE³; Marcus André Ribeiro CORREIA³

1. Engenheira Agrônoma, Mestrando em Agronomia, Bolsista Capes, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária – FCAV, Departamento de Solos e Adubos, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus Jaboticabal, Jaboticabal, SP, Brasil. cintiavalhaes@hotmail.com; 2. Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Adjunto, Departamento de Solos e Adubos – UNESP - FCAV, bolsista PQ CNPq; 3. Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agronomia, bolsista CAPES, UNESP- FCAV.

RESUMO: Dada a importância do repolho, destacando-se dentre as brássicas pelo alto consumo, aliada à escassez de pesquisas que relatem sintomatologia de desordens nutricionais na cultura, realizou-se o trabalho com o objetivo de avaliar o efeito da omissão de macronutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional do repolho, assim como descrever sintomas visuais de deficiência nutricional. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos, que corresponderam à solução completa (macro e micronutrientes) e à omissão individual de N, P, K, Ca, Mg e S, com três repetições, sendo uma planta por parcela. Avaliou-se a altura das plantas, número de folhas, área foliar, matéria seca da parte aérea, das raízes e planta inteira, teores dos macronutrientes da parte aérea e raízes, e descrição das desordens nutricionais. As omissões individuais de N, P, K, Ca e Mg foram limitantes para o crescimento vegetativo do repolho, reduzindo consideravelmente a altura das plantas, o número de folhas, área foliar e matéria seca da parte aérea, raízes e planta inteira. Foram observados sintomas de deficiência nutricional de cada elemento. Os teores dos macronutrientes na parte aérea do tratamento completo e com omissão dos nutrientes foram, respectivamente, N = 31,0 – 11,9; P = 5,3 – 0,60; K = 63,5 – 4,8; Ca = 25,9 – 4,8; Mg = 5,2 – 0,5; S = 10,3 – 1,4 g kg⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: *Brassica oleraceae*. Deficiência nutricional. Nutrição mineral. Desenvolvimento.

INTRODUÇÃO

As brassicáceas constituem a família botânica que abrange o maior número de culturas oleráceas, ocupando lugar de destaque na Olericultura do Centro - Sul. As espécies constituintes dessa família foram oriundas da couve silvestre (*Brassica oleracea* var. *silvestris*). Dentre elas destacam-se a couve-flor (*B. oleracea* var. *botrytis*), o repolho (*B. oleracea* var. *capitata*) e o brócolos (*B. oleracea* var. *italica*) por serem os mais cultivados e consumidos (FILGUEIRA, 2000).

O repolho é uma planta herbácea, formada por inúmeras folhas que se imbricam, dando origem a uma "cabeça", que constitui a parte comestível da planta (TIVELLI; PURQUERIO, 2005). Constitui-se em alimento de excelente qualidade, apresentando teores apreciáveis de β-caroteno, cálcio e de vitamina C (FERREIRA, RANAL, FILGUEIRA, 2002). Além das diversas propriedades nutritivas, é alimento muito versátil à mesa e na indústria, podendo ser consumido cru, cozido, assado, frito, na forma de chucrute, picles e desidratado (FILGUEIRA, 2000).

Para a ampliação da produção do repolho existe a necessidade de controle dos fatores de produção, como fornecer os nutrientes para atender suas exigências nutricionais. Pois, é sabido que os níveis de nutrientes em determinados estádios do desenvolvimento vegetal influenciam a produtividade de tecidos economicamente importantes (tubérculos, grãos e outros), Taiz e Zeiger, 2004.

E com o avanço dos sistemas de cultivo, as hortaliças, em especial o repolho, está sendo cultivado utilizando o sistema hidropônico, com emprego de solução nutritiva. O cultivo de plantas em solução nutritiva tem sido importante ferramenta no progresso de pesquisas com nutrição de plantas, pois controla mais adequadamente a composição da solução e elimina a heterogeneidade e complexidade que se apresenta no solo. E ainda, os estudos com as plantas em ambiente controlado, indicam que os efeitos de diferentes nutrientes sobre o crescimento da planta podem ser mais facilmente estudados do que no campo (MARSCHNER, 1995).

Os efeitos dos nutrientes no crescimento e na produção são usualmente estudados em termos

das suas funções no metabolismo das plantas. Além disso, a nutrição mineral pode influenciar o crescimento e a produção das plantas cultivadas de forma secundária, causando modificações na forma de crescimento, na morfologia, na anatomia e na sua composição química. No entanto, existem respostas diferenciadas entre e dentro das espécies como resultado da expressão genética, influenciando a distribuição dos elementos (VOSE, 1963).

As informações da literatura indicam que são incipientes os trabalhos sobre desordem nutricional nas culturas em geral, bem como na cultura do repolho.

Diante do exposto, o presente trabalho visou à avaliação do efeito das omissões de macronutrientes sobre o desenvolvimento e o estado nutricional de plantas de repolho, cultivado em solução nutritiva, assim como descrever sintomas visuais de deficiência nutricional.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se o experimento em casa de vegetação construída com madeira, com dimensões de 30 m de comprimento por 8 m de largura e com pé-direito de 2,4 m, em hidroponia, na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, Campus Jaboticabal, com coordenadas 21° 15' 22" sul, 48° 18' 58" oeste e altitude de 615 m, no período de agosto a setembro de 2007. Utilizou-se a cultura do repolho cv. *Astrus* com coloração da cabeça verde, em vasos completos com 5 L de solução nutritiva.

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, tendo sete tratamentos e três repetições, com uma planta por parcela. O experimento foi constituído dos seguintes tratamentos: 1-completo (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn); 2- omissão de nitrogênio (-N); 3- omissão de fósforo (-P); 4- omissão de potássio (-K); 5- omissão de cálcio (-Ca); 6- omissão de magnésio (-Mg); 7- omissão de enxofre (-S).

A semeadura foi realizada em bandeja de 200 células em substrato comercial Bioplant[®] sem adubação. Após 21 dias da semeadura, as plantas, em número de duas, foram transplantadas para vasos plásticos. A partir deste momento as plantas foram cultivadas nas diferentes soluções nutritivas completa de Hoagland e Arnon (1950), diluída a $\frac{1}{4}$ da concentração usual, mantidos por 7 dias. Em seguida, as plantas foram transferidas para a mesma solução diluída a $\frac{1}{3}$ da solução nutritiva, contendo o respectivo tratamento, sendo mantidas por 15 dias. Após esse período até o final do experimento,

utilizou-se a presente solução nutritiva sem a diluição. As soluções nutritivas foram substituídas a cada quinze dias.

Ressalta-se que, para o manejo das soluções nutritivas ao longo do período de estudo, o pH foi monitorado diariamente com o uso de um peagâmetro portátil (PG 1400), ajustado-se a $5,5 \pm 0,5$, usando-se solução NaOH ou HCl 0,1 M.L⁻¹. Para a reposição da água evapotranspirada foi utilizada água deionizada, sendo a solução nutritiva oxigenada constantemente.

As plantas foram colhidas após seis semanas do transplante, exceto as plantas que receberam o tratamento com omissão de nitrogênio, cálcio e potássio, sendo estas colhidas na quinta semana após o transplante para os vasos. O material foi lavado com água deionizada e separado em parte aérea e raízes, e colocado para secar em estufa de ventilação forçada a 65°C até peso constante. Após a secagem, o material foi pesado e moído no moinho tipo Willey para a análise química, determinando-se os teores dos macronutrientes na massa seca da parte aérea e das raízes, conforme método descrito por Bataglia et al. (1983). E com os resultados da massa seca da parte aérea e raízes e os respectivos teores de nutrientes, realizou-se o cálculo do acúmulo desses nutrientes na planta (teor do nutriente x massa seca). Durante todo o período experimental, fizeram-se descrições da sintomatologia de deficiência nutricional nas plantas inerente a cada tratamento.

Além disso, determinou-se a altura das plantas, medida da base da espuma fenólica até a extremidade da planta, e ainda, o número total de folhas na planta. Realizou-se a análise estatística dos resultados, a partir da análise de variância e para comparação das médias através do teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software SAS (SAS INSTITUTE, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nitrogênio

A omissão de N diminuiu o desenvolvimento das plantas, afetando o número de folhas, a altura das plantas e o diâmetro do caule, em relação ao tratamento completo. Com isso, houve diminuição na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes e, conseqüentemente planta inteira, em relação ao tratamento completo (Tabela 1). Para a cultura do repolho, o nitrogênio tende a ser o nutriente de maior influência na produtividade e qualidade, pois além de estimular o crescimento foliar, é componente de aminoácidos e de proteínas (AQUINO et al., 2005). Segundo FILGUEIRA

(2000) doses de N adequadas favorecem o crescimento vegetativo, o acúmulo de massa, o

aumento da área foliar e, conseqüentemente a expressão do potencial produtivo da cultura.

Tabela 1. Parâmetros vegetativos das plantas de repolho, em função da omissão de macronutrientes na solução nutritiva.

| Tratamentos | Altura | Diâmetro | Nº de folhas | Área foliar | Matéria seca | | |
|-------------|--------|----------|--------------|-----------------|------------------------|--------|----------------|
| | | | | | Parte aérea | Raízes | Planta inteira |
| | cm | mm | | cm ² | g planta ⁻¹ | | |
| Completo | 29,0a | 10a | 19,7a | 2733,3a | 14,70a | 1,10a | 15,8a |
| - N | 12,0c | 3,7d | 8,3d | 153,7e | 1,30e | 0,70c | 2,00f |
| - P | 17,7b | 5,0c | 14,0c | 534,0d | 3,80c | 1,10a | 4,90d |
| - K | 19,0b | 4,7c | 8,7d | 585,7d | 3,10d | 0,70c | 3,80e |
| - Ca | 9,7c | 3,0a | 4,0e | 36,0f | 0,50e | - | 0,50g |
| - Mg | 27,0a | 8,3b | 16,7b | 2156,7b | 10,30b | 1,30b | 11,60c |
| - S | 27,3a | 8,3b | 17,3b | 1863,7c | 10,90b | 1,40b | 12,30b |
| C.V.% | 7,0 | 9,0 | 6,0 | 3,0 | 5,0 | 4,0 | 4,0 |

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

O tratamento completo apresentou teor de N na parte aérea de 31,0 g kg⁻¹, enquanto que no tratamento com omissão deste nutriente, obteve-se um valor de 11,9 g kg⁻¹. Com a omissão do N não houve massa seca de raízes suficiente para análise química. A partir desses dados, nota-se que a planta com a omissão do nutriente encontrava-se deficiente, quando comparados aos valores observados por Furlani et al. (1978) e por Trani e Raij (1997) que indicam como adequados os teores de 28,6 g kg⁻¹ e entre 30-50 g kg⁻¹, respectivamente, considerando a folha envoltória de plantas de repolho entre 2 a 3 meses.

A omissão do nitrogênio na solução nutritiva afetou outros nutrientes, com redução significativa, em comparação com tratamento completo, nos teores de K (27,7 g kg⁻¹), Mg (3,7 g kg⁻¹) e S (8,7 g kg⁻¹), Tabela 2. Essa observação se repetiu para N, P, K, Ca, Mg e S, quando se analisou o acúmulo dos mesmos na planta inteira, sendo os valores, no tratamento completo e na omissão, respectivamente, de 506,7 e 15,6; 87,8 e 16,4; 964,6 e 74,3; 381,2 e 38,7; 78,7 e 6,6; e 162,5 e 16,3 mg planta⁻¹.

Em decorrência da omissão de nitrogênio, as plantas apresentaram clorose uniforme nas folhas velhas e desenvolvimento reduzido. Segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), este sintoma está associado com a menor produção de clorofila,

ocasionando modificação nos cloroplastos. Mendes (1959) cita que a grande importância do elemento não se resume apenas ao crescimento, mas também tem valor relevante na divisão celular.

Fósforo

Os parâmetros vegetativos indicativos de crescimento foram afetados significativamente pela omissão de fósforo, exceto a massa seca de raiz que não foi significativo quando comparado ao tratamento completo. Pôde-se notar uma redução do número de folhas, altura da planta, diâmetro do caule, bem como área foliar em relação ao tratamento completo, resultando em diminuição da produção de massa seca da parte aérea, raízes e planta inteira de repolho (Tabela 1).

Houve ainda, a diminuição do teor de P, do tratamento completo em relação com tratamento com a omissão do nutriente, tanto na parte aérea, 5,3 até 0,6 g kg⁻¹, como nas raízes, 8,9 até 1,5 g kg⁻¹ (Tabela 2). Portanto, o teor de P da parte aérea do tratamento com a omissão do nutriente está abaixo do teor sugerido por Furlani et al. (1978) que é de 4,1 g kg⁻¹ e da faixa adequada indicado por Trani e Raij (1997) que vai de 4,0 até 7,0 g kg⁻¹, indicando a deficiência nutricional em P dessas plantas.

Pode-se acrescentar que, conforme esperado, a omissão do fósforo, em relação ao tratamento completo, promoveu diminuição do

acúmulo desse nutriente na parte aérea (78,0 até 2,1 mg planta⁻¹) e nas raízes (9,8 até 1,6 mg planta⁻¹), Tabela 3. Outro efeito importante do fósforo seria sua influência positiva na eficiência da adubação nitrogenada (WERNER, 1986). Pode-se observar

que o acúmulo de N na parte aérea em plantas que receberam o tratamento completo foi de 456,8 mg por planta, já as plantas que receberam o tratamento com a omissão de P foi de 78,0 mg por planta (Tabela 3).

Tabela 2. Teores de nutrientes na parte aérea e raiz das plantas de repolho, em função da omissão de macronutrientes na solução nutritiva.

| Tratamentos | N | P | K | Ca | Mg | S |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------------------|------|-------|
| Parte aérea | | | | | | |
| ----- g kg ⁻¹ ----- | | | | | | |
| Completo | 31,0c | 5,3c | 63,5b | 25,9c | 5,2b | 10,3b |
| - N | 11,9e | 8,4a | 27,7c | 25,0c | 3,7d | 8,7c |
| - P | 38,0b | 0,60d | 29,7c | 32,3b | 3,6d | 8,3c |
| - K | 48,9a | 6,6b | 4,8d | 32,0b | 5,1b | 10,8b |
| - Ca | 38,0b | 6,3b | 61,5b | 4,8d | 5,9a | 8,3c |
| - Mg | 38,7b | 7,8a | 69,5a | 37,2 ^a | 0,5e | 12,7a |
| - S | 27,9d | 5,4c | 62,0b | 34,3ab | 4,4c | 1,4d |
| C.V.% | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 4,0 | 5,0 | 3,0 |
| Raízes | | | | | | |
| ----- g kg ⁻¹ ----- | | | | | | |
| Completo | 36,8a | 8,9a | 36,7a | 6,0a | 1,4a | 9,4a |
| - N | - | - | - | - | - | - |
| - P | 32,0b | 1,5b | 33,7b | 2,2b | 1,5a | 10,2a |
| - K | - | - | - | - | - | - |
| - Ca | - | - | - | - | - | - |
| - Mg | 35,9a | 8,2a | 28,2a | 3,7 ^a | 0,2c | 7,4b |
| - S | 37,2a | 8,5a | 30,0a | 3,9 ^a | 1,0b | 2,3c |
| C.V.% | 3,0 | 8,0 | 9,0 | 14,0 | 13,0 | 6,0 |

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Com a omissão de P nas plantas, em relação ao tratamento completo, pode-se observar o aparecimento de sintomas visuais, como um lento desenvolvimento, folhas mais velhas apresentam uma coloração verde mais escura, seguindo-se de tons roxos na nervura central. Portanto, as plantas deficientes em fósforo têm seu crescimento reduzido por estar ligado à função estrutural do nutriente e no processo de transferência e armazenamento de energia (MALAVOLTA, 1989), influenciando vários processos metabólicos como a síntese de proteínas e ácido nucléico (MENGEL; KIRKBY, 1987).

Potássio

Os parâmetros vegetativos indicativos de crescimento foram afetados significativamente pela

omissão de potássio. Pôde-se notar uma redução do número de folhas, altura da planta, diâmetro do caule, bem como área foliar em relação ao tratamento completo, resultando em diminuição da produção de massa seca da parte aérea, raízes e planta inteira de repolho (Tabela 1).

A falta do potássio na solução nutritiva diminuiu os teores desse elemento na parte aérea, de 63,5 para 4,8 g kg⁻¹, comparado com o tratamento completo (Tabela 2). Portanto, as plantas com a omissão de K (4,8 g kg⁻¹) está com teor foliar desse nutriente abaixo do sugerido por Furlani et al. (1978), de 25,4 g kg⁻¹, e da faixa adequada indicado por Trani e Raij (1997), de 30 g kg⁻¹ a 50 g kg⁻¹, o que demonstra que as plantas estavam com deficiência nutricional.

Quando na omissão de K, pôde-se observar ainda, uma diminuição significativa no acúmulo de todos os macronutrientes analisados em relação às plantas que receberam o tratamento completo (Tabela 3).

Além disso, a omissão do K na solução nutritiva do repolho causou o surgimento de sintomas visuais. As plantas apresentaram clorose

inicialmente nas margens das folhas velhas, evoluindo para toda a folha, seguida de necrose, e as nervuras centrais das folhas apresentaram-se mais verdes. Marschner (1995) cita que o potássio desempenha várias funções na planta, dentre elas, ativação enzimática e é necessário ao desenvolvimento da clorofila.

Tabela 3. Nutrientes acumulados na parte aérea, raízes e planta inteira de plantas de repolho, em função da omissão macronutrientes na solução nutritiva.

| Tratamentos | N | P | K | Ca | Mg | S |
|-------------------------------------|-------------|-------|--------|--------|-------|--------|
| | Parte aérea | | | | | |
| ----- mg planta ⁻¹ ----- | | | | | | |
| Completo | 456,8a | 78,0a | 936,5a | 382,0a | 77,2a | 153,2a |
| - N | 15,7e | 10,9d | 36,1d | 33,7d | 4,8d | 11,3de |
| - P | 145,0d | 2,1e | 113,6c | 124,0b | 13,8c | 31,9c |
| - K | 153,5d | 20,6c | 14,9d | 102,1c | 16,0c | 33,9c |
| - Ca | 19,2e | 3,2e | 31,5d | 2,5e | 3,0d | 4,2e |
| - Mg | 391,5b | 79,1a | 703,6b | 376,5a | 5,1d | 128,4b |
| - S | 304,5c | 58,9b | 675,2b | 373,2a | 47,6b | 15,2d |
| C.V.% | 4,0 | 6,0 | 3,0 | 3,0 | 8,0 | 6,0 |
| Raízes | | | | | | |
| Completo | 40,5b | 9,8a | 40,4a | 6,6a | 1,4a | 10,3a |
| - N | - | 5,5b | 38,2a | 6,1a | 1,8a | 5,0b |
| - P | 34,0c | 1,6c | 35,8a | 2,4b | 1,6a | 10,8a |
| - K | - | - | - | - | - | - |
| - Ca | - | - | - | - | - | - |
| - Mg | 34,3b | 7,8b | 26,9b | 3,6b | 0,2b | 7,1b |
| - S | 51,8a | 11,8a | 41,9a | 5,4a | 1,4a | 3,3c |
| C.V.% | 4,0 | 7,0 | 9,0 | 11,0 | 15,4 | 5,0 |
| Planta Inteira | | | | | | |
| Completo | 506,7a | 87,8a | 964,6a | 381,2a | 78,7a | 162,5a |
| - N | 15,6f | 16,c | 74,3e | 38,7d | 6,6d | 16,3d |
| - P | 175,9d | 3,7d | 152,2d | 126,4b | 15,3c | 42,7c |
| - K | 152,2e | 20,5c | 13,5f | 96,8c | 15,9c | 33,6c |
| - Ca | 19,2f | 3,2d | 30,7f | 2,5e | 3,0f | 4,2e |
| - Mg | 425,8b | 86,9a | 730,5c | 380,1a | 5,3e | 135,5b |
| - S | 351,5c | 70,7b | 746,2b | 382,5a | 49,3b | 18,5d |
| C.V.% | 5,0 | 5,0 | 6,0 | 4,0 | 7,0 | 5,0 |

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Cálcio

Salienta-se, que as plantas que não receberam cálcio apresentaram diminuição significativa no número de folhas, na altura da planta e no diâmetro do caule, em relação ao tratamento completo e ainda, diminuição da produção de matéria seca da parte aérea e ausência do sistema radicular (Tabela 1).

Observa-se que as plantas submetidas à omissão de Ca apresentaram menor teor do nutriente na parte aérea ($4,8 \text{ g kg}^{-1}$) comparado ao tratamento completo na parte aérea ($25,9 \text{ g kg}^{-1}$), sendo que não houve desenvolvimento de raízes (Tabela 2). Furlani et al. (1978), ao trabalharem com a cultura em questão, observaram teores desse nutriente de $5,8 \text{ g kg}^{-1}$ nas folhas e Trani e Raij (1997) com faixa adequada de $15\text{-}30 \text{ g kg}^{-1}$, o que corrobora com o estado de deficiência das plantas de repolho cultivadas com solução sem a aplicação do cálcio. Da mesma forma, ocorreu com o Ca acumulado pelas plantas, onde as plantas que receberam o tratamento completo apresentaram os maiores acúmulos de Ca (parte aérea = $382,0 \text{ mg}$ por planta) quando comparado às plantas com omissão do macronutriente (parte aérea = $3,0 \text{ mg}$ por planta), Tabela 3. E também observou-se que a falta do Ca na solução nutritiva provocou diminuição significativa na absorção dos demais macronutrientes pela planta (Tabela 3).

As plantas de repolho que receberam tratamento com a omissão de Ca apresentaram folhas com as margens recortadas e tortas e também com pontas necróticas. Sintomas estes semelhantes aos observados pela literatura, ou seja, a deficiência de Ca, promove a redução do crescimento de tecidos meristemáticos, sendo observado primeiro nas extremidades em crescimento nas folhas mais jovens (MENGEL; KIRKBY, 1987), as folhas podem exibir deformações, especialmente das margens e uma torção de sua extremidade (HAAG, 1971).

Magnésio

Houve diminuição significativa do diâmetro de caule, área foliar e da matéria seca das raízes, das folhas e planta inteira de repolho cultivada na solução nutritiva com a omissão de Mg (Tabelas 1).

Observa-se que as plantas submetidas à omissão de Mg apresentaram menor teor do nutriente na parte aérea ($0,5 \text{ g kg}^{-1}$) comparado ao tratamento completo na parte aérea ($5,2 \text{ g kg}^{-1}$) e nas raízes ($0,2 \text{ g kg}^{-1}$), Tabela 2. Portanto, as plantas com a omissão de Mg apresentaram teor desse nutriente na parte aérea ($0,5 \text{ g kg}^{-1}$), inferior ao indicado por Furlani et al. (1978), de $1,7 \text{ g kg}^{-1}$ e por

Trani e Raij (1997), que vai de $4,0$ até $7,0 \text{ g kg}^{-1}$, indicando a deficiência nutricional na cultura do repolho.

Da mesma forma, ocorreu com o Mg acumulado pela parte aérea das plantas, tendo maior acúmulo do nutriente no tratamento completo ($77,2 \text{ mg planta}^{-1}$) comparado ao deficiente (parte aérea = $5,1 \text{ mg planta}^{-1}$), Tabela 3.

O tratamento com omissão do magnésio resultou ainda, no desenvolvimento de sintomas de desordem nutricional nas plantas de repolho, com murchamento das plantas e pontos cloróticos entre as nervuras nas folhas mais velhas, seguidos de necrose nas margens das folhas. Tal fato acontece, segundo Haag (1971) pelo elemento ser facilmente mobilizado no interior da planta, possibilitando as folhas mais jovens retirar-lo das mais velhas.

Enxofre

Os parâmetros vegetativos indicativos de crescimento foram afetados significativamente pela omissão de enxofre, com exceção da altura das plantas (Tabela 1).

Salienta-se que as plantas submetidas à omissão de S apresentaram uma redução significativa no teor do nutriente, na parte aérea ($1,4 \text{ g kg}^{-1}$) e nas raízes ($2,3 \text{ g kg}^{-1}$) comparado ao tratamento completo na parte aérea ($10,3 \text{ g kg}^{-1}$) e nas raízes ($9,4 \text{ g kg}^{-1}$), Tabela 2. Assim, pode-se perceber que a planta cultivada com a omissão de S apresenta uma deficiência nutricional, quando observamos os teores obtidos por Furlani et al. (1978) e por Trani e Raij (1997), de $6,0 \text{ g kg}^{-1}$ e $3,0\text{-}7,0 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente, que são considerados adequados a cultura.

Da mesma forma, ocorreu com o S acumulado pelas plantas, tendo maior acúmulo do nutriente no tratamento completo (parte aérea = $153,2$ e raízes = $10,3 \text{ mg planta}^{-1}$) comparado ao deficiente (parte aérea = $15,2$ e raízes = $3,3 \text{ mg planta}^{-1}$), Tabela 3.

Outro fato interessante a ser ressaltado é que a omissão de S afetou outros nutrientes, com uma redução significativa quando comparado ao tratamento completo. Pode-se notar isso para os teores de Mg (parte aérea = $4,4$ e raízes = $1,0$), Tabela 2, e, para N, P e Mg acumulados na planta na parte aérea e nas raízes (Tabela 3). Houve ainda, um aumento nos teores de Ca na parte aérea (Tabela 2), portanto este último fato pode ser explicado pelo efeito da concentração, quando observamos o acúmulo desses elementos na parte aérea das plantas (Tabela 3).

A menor absorção de enxofre, pode então, explicar a diminuição na produção de matéria seca

(22%) do tratamento com omissão do mesmo (Tabela 1).

De acordo com Andrew (1962) a deficiência de enxofre reduz a quantidade de nitrogênio convertida à forma orgânica, resultando em restrição ao crescimento da planta, por conta da proporção entre esses nutrientes nas proteínas. O teor de S na planta também foi reduzido na omissão de S, sendo que nesse tratamento a relação N:S foi maior (na parte aérea 19,9 e 16,0 nas raízes) que no tratamento completo (3,0 na parte aérea e 3,9 na raiz), Tabela 2.

Em decorrência da omissão de S observou-se nas plantas de repolho um alongamento do pecíolo seguido de um encurtamento da área foliar, sintomas ainda não descritos na literatura.

Por fim, observou-se no tratamento completo a seguinte ordem de extração de nutrientes da parte aérea (K>N>Ca>S>P=Mg), raízes (N=K>S>P>Ca>Mg) e da planta inteira (K>N>Ca>S>P>Mg), Tabela 3. Estes resultados indicam que o K e o N são os nutrientes mais requeridos pelas plantas de repolho.

CONCLUSÕES

A omissão de N, P, K, Ca e Mg foram as que mais limitaram a produção de matéria seca do repolho. Os teores de nutrientes, em g kg⁻¹, observados nas plantas de repolho do tratamento completo e da omissão, na parte aérea foram, respectivamente: N = 31,0 e 11,9; P = 5,3 e 0,6; K = 63,5 e 4,8; Ca = 25,9 e 4,8; Mg = 5,2 e 0,5; S = 10,3 e 1,4 g kg⁻¹ e, nas raízes foram: N = 36,8 e ausência de raízes; P = 8,9 e 1,5; K = 36,7 e ausência de raízes; Ca = 6,0 e ausência de raízes; Mg = 1,4 e 0,2; S = 9,4 e 2,3 g kg⁻¹.

A deficiência de um nutriente, além de promover diminuição do teor na parte aérea causou um desequilíbrio entre o demais nutrientes e conseqüentemente houve alterações morfológicas, traduzidas como sintomas característicos de deficiência de cada nutriente.

ABSTRACT: Given the importance of heart, especially among the high brassica consumption, coupled with the scarcity of studies that report symptoms of nutritional disorders in the culture, the work was carried out to evaluate the effect of the omission of macronutrients in the development and nutritional status of cabbage, and describe visual symptoms of nutritional deficiency. The experiment was conducted under greenhouse conditions in the UNESP, Jaboticabal, SP. The experiment was arranged in completely randomized design with three replications and seven treatments, corresponding to complete nutritive solution (macro and micronutrients) and individual N, P, K, Ca, Mg and S omission. Plant height, number of leaves, leaf area, shoot, root and whole plant dry mass and macronutrient levels were determined and nutritional deficiency symptoms were described. Individual omissions of N, P, K or Ca were limiting for cabbage growth, considerably reducing plant height, number of leaves, and shoot, root and whole plant dry mass. Nutritional deficiency symptoms were observed for each element. Shoot macronutrient levels in control and nutrient omission treatments were, respectively: N = 31.0 – 11.9; P = 5.3 – 0.60; K = 63.5 – 4.8; Ca = 25.9 – 4.8; Mg = 5.2 – 0.5; S = 10.3 – 1.4 g kg⁻¹.

KEYWORDS: *Brassica oleraceae*. Nutritional deficiency. Mineral nutrition. Development

REFERÊNCIAS

ANDREW, C. S. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legumes. In: **Commonwealth Scientific Industrial Research Organization**. A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pasture. A symposium. Farnham Royal, CSIRO, Melbourne, 1962. p. 130-146.

AQUINO, L. A.; PUIATTI, M.; PEREIRA, P. R. G.; PEREIRA, F. H. F.; CASTRO, M. R. S. Efeitos de espaçamentos e doses de nitrogênio sobre as características qualitativas da produção do repolho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 100-104, mar. 2005.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48p. (Circular 78).

FERREIRA, W. R.; RANAL, M. A.; FILGUEIRA, F. A. R. Fertilizantes e espaçamento entre plantas na produtividade da couve da malásia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 635-640, dez. 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2ª edição Revista e ampliada. Viçosa: UFV, 2005. 412 p.

FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R.; BATAGLIA, O. C.; HIROCE, R.; GALLO, J. R.; BERNARDI, J. B.; FORNASIER, J. B. Composição mineral de diversas hortaliças. **Bragantia**. v. 37. n. 5. Campinas, p. 33-44, abr. 1978.

HAAG, H. P. **Manual de Adubação**. Associação Nacional para Difusão de Adubos-ANDA. São Paulo, 1971.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 347p., 1950.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2 ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 292 p.

MALAVOLTA, L. A.; VITTI, G. G.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997, 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MENDES, H. C. Nutrição do algodoeiro. I. Sintomas de deficiências minerais em plantas vegetando em soluções nutritivas. **Bragantia**, v. 18, p. 467-481, dez. 1959.

MENGEL, K; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bem: Intern. Postash Institute, 1987. 687 p.

SAS INSTITUTE. **The SAS-system for windows: release 6.11 (software)**. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1996.

TAIZ L.; ZEIGER E. **Plant Physiology**. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. p. 391-395, 2004.

TIVELLI, S. W.; PURQUERIO, L. F. V. Hortaliças - Repolho (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.). (Publicação eletrônica), 2005. Disponível em: <abhorticultura.com.br> Acesso em: 24 de março de 2006.

TRANI, E. P.; PASSOS, F. A.; AZEVEDO, J. A. A.; TAVARES, M. 1997. Brócolos, couve-flor e repolho. In: VIDIGAL, S. M.; PACHECO, D. D.; FACION, C. E.; MOREIRA, C. A. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2 ed. Atual. Campinas: fundação IAC, p. 175, (Boletim Técnico 100).

TRANI, P. E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p. 157-164. (Boletim Técnico, 100)

VOSE, P. B. Differences in plant nutrition. *Herbage Abstracts*, **Farnham Royal**, v. 33, p. 1-13, 1963.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa, São Paulo: Instituto de Zootecnia, 1986, 49p. (Boletim técnico)