

Avaliação nutricional do almeirão cultivado em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes

THIAGO BATISTA FIRMATO DE ALMEIDA^{1*}; RENATO DE MELLO PRADO²; RILNER ALVES FLORES¹; LUCAS SANCHES POLITI¹; JOSÉ CARLOS BARBOSA³

¹Pós-Graduandos em Agronomia (Ciência do Solo), Depto. de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP. E-mail: thibalmeida@gmail.com, rilner1@hotmail.com, lucasspoliti@yahoo.com.br. *Autor para correspondência

²Prof. Dr., Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP. E-mail: rmprado@fcav.unesp.br

³Prof. Dr., Departamento de Ciências Exatas, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP. E-mail: jcbarbosa@fcav.unesp.br

RESUMO

O almeirão é uma das hortaliças folhosas mais consumidas juntamente com a chicória e a alface, sendo de baixa caloria e rico em cálcio, fósforo, ferro, provitamina A, vitaminas do Complexo B e vitamina C; entretanto, existem poucas informações sobre diagnose foliar. Objetivou-se avaliar o efeito da omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional do almeirão cv. folha larga, bem como descrever sintomas visuais de deficiência nutricional. Os tratamentos foram constituídos por uma solução nutritiva completa e a omissão individual de N, P, K, Ca, Mg e S, sob delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. As plantas foram cultivadas em solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950), em vasos (8 L), sob aeração. Aos 56 dias após o transplântio, foram avaliados a altura das plantas, o número de folhas, a área foliar, o índice relativo de clorofila (ICR), a matéria seca da parte aérea, das raízes e planta inteira, os teores dos macronutrientes da parte aérea e raízes e a descrição das desordens nutricionais. As omissões dos macronutrientes diminuíram a sua absorção pela planta, limitando o crescimento vegetativo das plantas, destacando-se o K, Ca e MG, que diminuíram a produção de matéria seca das plantas de almeirão em relação ao tratamento com solução nutritiva completa. As omissões dos macronutrientes causaram prejuízos, pois afetaram o teor e o acúmulo dos nutrientes pela cultura do almeirão, o que refletiu em alterações morfológicas, traduzidas como sintomas característicos de deficiência de cada nutriente.

Palavras-chave: *Cichorium intybus*, desordem nutricional, nutrição mineral, crescimento.

ABSTRACT

Nutrient analysis of chicory grown in nutrient solutions with suppression of macronutrients

Chicory is one of the most commonly consumed leafy vegetables along with endive and lettuce, having low calories and rich in calcium, phosphorus, iron, provitamin A, B-complex vitamins and vitamin C; however, there is little information on foliar diagnosis. This study aimed to assess the effect of macronutrient omission on growth and nutritional status of chicory cv. broadleaf and describe visual symptoms of nutritional deficiency. The treatments consisted of a complete nutrient solution and omission of N, P, K, Ca, Mg and S, arranged in a completely randomized design, with three replications. Plants were grown in Hoagland & Arnon (1950) solution, in pots (8 L) under aeration. At 56 days after transplanting, we evaluated plant height, leaf number, leaf area, relative chlorophyll index (RCI), dry matter of shoots, roots and whole plant, levels of macronutrients of shoots and roots and description of nutritional disorders.

SAP 5133

Data do envio: 27/04/2011

Data do aceite: 13/09/2011

Scientia Agraria Paranaensis - SAP

Mal. Cdo. Rondon, v. 12, n. 3, jul./set., p.211-220, 2013

Omission of macronutrients decreased their absorption by the plant, limiting the vegetative growth, especially K, Ca and Mg, which decreased the dry matter yield of chicory compared to the treatment with complete nutrient solution. Omission of macronutrients caused losses by affecting the level and accumulation of nutrients by the crop of chicory, which resulted in morphological changes, reflected as symptoms of deficiency of each nutrient.

Keywords: *Cichorium intybus*, nutritional disorder, mineral nutrition, development.

INTRODUÇÃO

O almeirão (*Cichorium intybus* L.), da família Asteraceae, é uma hortaliça de baixa caloria, rico em cálcio, fósforo, ferro, provitamina A, vitaminas do Complexo B (B2 e Niacina) e, em menor quantidade a vitamina C (FRANCO, 1987). Sendo uma das hortaliças folhosas mais consumidas nas refeições em forma de saladas cruas juntamente com a chicória e a alface (ALBERONI, 1998). As cultivares mais cultivadas no Brasil são a folha larga (grandes folhas de coloração verde intensa), branca e pão-de-açúcar (FILGUEIRA, 2005), além da catalonha que apresenta folhas mais denteadas (TRANI & PASSOS, 1998).

O cultivo do almeirão é mais comum em solo, porém, o sistema de cultivo hidropônico proporciona vantagens, tais como a maior precocidade e produtividade. Outra vantagem de desenvolver a técnica de cultivo do almeirão em hidroponia é que esta hortaliça se constitui em uma ótima opção para substituição da alface, quando esta apresenta altos preços no mercado. Porém, neste sistema de cultivo são restritos os trabalhos científicos, e uma indicação disso seria o fato que as soluções nutritivas indicadas para a cultura, são as mesmas empregadas no cultivo da alface (COELHO & CECÍLIO FILHO, 2002).

Um dos poucos trabalhos de pesquisa, para as condições brasileiras, que abordam estudos sobre a nutrição mineral do almeirão como acúmulo de nutrientes foram realizados com a cv. folha larga cultivada em condições de campo, na década de 80 por Haag & Minami (1988). Assim, fundamenta-se o presente estudo abordando a desordem nutricional para esta cultura, pois é conhecida a importância dos nutrientes tendo funções essenciais e específicas, e a falta desses nutrientes causará prejuízos no metabolismo das plantas, induzindo sintomas visuais. Os sintomas de carências minerais são mais ou menos característicos para cada nutriente e dependem também da severidade, do cultivar e de fatores ambientais.

As desordens nutricionais, quer sejam por deficiências, excessos, e/ou desequilíbrios causam diminuição na produção das culturas. Essa diminuição na colheita é, em geral, precedida por sintomas visuais que, geralmente, são mais evidentes nas folhas, embora a produção já possa estar comprometida mesmo antes da manifestação destes sintomas (MALAVOLTA et al. 1997). A diagnose visual de deficiências nutricionais em folhas, bem como o conhecimento dos teores de nutrientes, podem constituir uma técnica auxiliar para a recomendação de adubação para qualquer cultura (MALAVOLTA, 1980).

Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional da cultura do almeirão cv. folha larga, bem como descrever os sintomas visuais de deficiência nutricional.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante 56 dias (entre os meses de agosto/outubro de 2010), em casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, câmpus de Jaboticabal, estado de São Paulo, coordenadas geográficas de 21°15'22"S, 48°18'58"O e altitude de 575 m. Utilizou-se a cultura do almeirão cv. folha larga, em vasos contendo 8L de solução nutritiva.

O experimento foi constituído por sete tratamentos: 1 - solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon (1950) (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), dispostos em um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições.

A semeadura do almeirão foi realizada em bandeja de 200 células em substrato comercial Bioplant®, sem adubação. Na ocasião do aparecimento das primeiras folhas da cultura do almeirão, aos dez dias após a emergência (DAE), duas plântulas foram transplantadas para vasos contendo 8L de solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950), diluída a 50% da concentração usual, mantidos durante a primeira semana de cultivo e solução a 100% (sem diluição) para a segunda semana de cultivo até o final do experimento. Alocaram-se os vasos na casa de vegetação, em bancadas a 1m de altura do solo, distanciando de 0,4m entre si.

As soluções nutritivas foram substituídas a cada quinze dias e preparadas com água deionizada. A condutividade elétrica das soluções nutritivas esteve na faixa de 1,8 a 1,9 dS.m⁻¹ entre o período de troca (15 dias), indicando que a troca da solução nutritiva a cada 15 dias foi suficiente para manter a condutividade elétrica próxima de 2,4 dS m⁻¹. O pH das soluções nutritivas foi monitorado diariamente, ajustando-se a 5,5 ± 0,5, usando-se solução NaOH ou HCl 0,1 mol L⁻¹. Para a reposição da água evapotranspirada utilizou-se água deionizada, sendo a solução nutritiva oxigenada constantemente, através de compressor de ar. Realizou-se durante o desenvolvimento do experimento o rodízio dos vasos a cada semana, para proporcionar as mesmas condições de temperatura, umidade e luminosidade para os tratamentos.

As plantas foram colhidas aos 56 dias após o transplântio (DAT). Nessa ocasião, determinou-se a altura das plantas, medida do colo da planta até o ápice da última folha desenvolvida e o número total de folhas por planta. Realizou-se a medida indireta do teor de clorofila, ou seja, índice relativo de clorofila (IRC) em seis folhas por unidade experimental, utilizando-se a folha completamente expandida, sendo as leituras feitas na parte mediana da folha ao lado da nervura central, com auxílio do aparelho da OPTI-Sciences® modelo CCM-200 e a área foliar foi medida com o aparelho LI-3100 Area Meter.

O material vegetal colhido foi lavado com água deionizada, separado em parte aérea e raízes e colocado para secar em estufa de ventilação forçada a 65 °C até massa constante, determinando-se a massa seca. Após, determinou-se os teores dos macronutrientes na massa seca da parte aérea e das raízes, conforme método descrito por Bataglia et al. (1983). Os resultados de massa seca da parte aérea (MSPA) somado com as raízes (MSR), obteve-se a massa seca da planta inteira (MSPI) e com os respectivos teores de nutrientes, realizou-se o cálculo do acúmulo desses nutrientes na parte aérea (APA), raiz (AR) e na planta inteira (API). Durante o período experimental, realizou-se as descrições da sintomatologia visual de deficiência nutricional nas plantas para cada tratamento.

Para os resultados obtidos, realizou-se a análise de variância e para comparação das médias, o teste de Tukey (p<0,05), utilizando o software AGROESTAT (BARBOSA e MALDONADO JR, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nitrogênio

A omissão de nitrogênio na solução nutritiva influenciou de forma significativa as variáveis vegetativas das plantas de almeirão, diminuindo a altura das plantas, a área foliar, o número de folhas por planta, o índice relativo de clorofila, refletindo num decréscimo de matéria seca da parte aérea, das raízes e, conseqüentemente, da planta inteira, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa (Tabela 1).

Nota-se que os resultados são semelhantes aos obtidos por Steiner et al. (2009), que observaram na ausência do N diminuição do número de folhas do almeirão cultivado em um Argissolo Vermelho distrófico. Neste sentido, Filgueira (2005) acrescenta que a influência do N, aumenta o número e o tamanho das folhas, bem como a massa seca da parte aérea.

O tratamento com solução nutritiva completa apresentou teor de N na parte aérea de 25,5 g kg⁻¹, enquanto que no tratamento com omissão deste nutriente, obteve-se um valor de 7,9 g kg⁻¹ (Tabela 2). Com este valor, nota-se que a planta de almeirão encontrava-se deficiente, quando comparado aos teores foliares de 26,5 g kg⁻¹ considerados adequados por Furlani et. al. (1999).

A omissão de N na solução nutritiva afetou os teores de outros nutrientes na folha, com aumento nos teores de P e Ca e redução do K, em comparação com tratamento com solução nutritiva completa (Tabela 2). Quando se verificou o acúmulo de nutrientes na planta inteira, observou-se, uma redução para todos os macronutrientes (Tabela 3).

Em decorrência da omissão de N, as plantas de almeirão apresentaram prejuízos no crescimento (Tabela 1), tendo menor absorção do presente nutriente (Tabela 3), resultando em amarelecimento uniforme das folhas mais velhas da planta. Conforme Malavolta et al. (1997) este sintoma está associado com a menor produção de clorofila, como evidência o índice relativo de clorofila (Tabela 1), o que ocasiona modificações nos cloroplastos. Observou-se ainda que a omissão do N induziu ainda folhas pequenas pois segundo Mendes (1959) a grande importância do elemento não está somente com efeito direto no crescimento da planta, mas também é preponderante na divisão celular.

TABELA 1. Variáveis vegetativas das plantas de almeirão, em função da omissão de macronutrientes na solução nutritiva e da solução completa.

Tratamentos	Altura cm	Área foliar mm	Número de folhas	Índice relativo de clorofila	Matéria seca		
					Parte aérea	Raízes	Planta inteira
					----- g planta ⁻¹ -----		
Solução completa	15,1	258,7	27,0	10,3	4,4	2,4	6,8
- N	10,7*	179,0*	20,0*	1,6*	2,5*	1,9*	4,4*
- P	11,7*	257,6	26,7	8,9*	3,3*	1,9*	5,2*
- K	8,8*	67,9*	11,0*	5,1*	3,2*	2,4	5,6*
- Ca	10,3*	19,5*	5,7*	14,4*	0,8*	0,2*	1,0*
- Mg	8,8*	91,3*	10,7*	3,6*	3,4*	2,3	5,7*
- S	10,0*	141,7*	18,7*	6,8*	4,2	2,4	6,6
F	25,47**	371,78**	93,52**	2442,24**	59,94**	511,66**	150,35* *
DMS	2,1	23,2	4,1	0,4	0,7	0,2	0,7
C.V.%	6,9	5,7	8,6	2,1	8,6	3,2	4,7

* Diferença significativa pelo teste Tukey (p<0,05), na coluna, em relação ao tratamento com a solução nutritiva com a omissão do nutriente e com a solução nutritiva completa.

Fósforo

A omissão de P na solução nutritiva causou diminuição apenas na altura de planta e no índice relativo de clorofila, porém isto foi suficiente para apresentar um decréscimo da massa seca da parte aérea, das raízes e, conseqüentemente, da planta inteira, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa (Tabela 1).

Observa-se que ocorreu decréscimo no teor de P na parte aérea na ausência deste nutriente na solução nutritiva, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa, respectivamente, 6,7 g kg⁻¹ e 2,0 g kg⁻¹ e das raízes de 5,5 g kg⁻¹ e 2,4 g kg⁻¹ (Tabela 2). O tratamento com a solução nutritiva completa apresentou teor de P 4,51 g kg⁻¹ acima dos teores foliares considerados adequados por Furlani et. al. (1999) e por Haag & Minami (1988) 4,7 g kg⁻¹ e o tratamento com a omissão do nutriente, apresentou teor de P abaixo dessa faixa adequada.

Pode-se acrescentar que, conforme esperado, a omissão do P, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa, promoveu diminuição no acúmulo desse nutriente na parte aérea de 29,5 mg planta⁻¹ até 6,8 mg planta⁻¹ e nas raízes de 13,4 mg planta⁻¹ até 4,4 mg planta⁻¹ como pode ser observado na Tabela 3.

Com a omissão de P nas plantas, houve prejuízo em algumas variáveis vegetativas devido a menor absorção deste nutriente pela planta, conforme já visto, resultando em aparecimento de sintomas visuais, como decréscimo no desenvolvimento, as folhas mais velhas apresentaram uma coloração verde mais escura. Assim, a desordem nutricional em plantas suprimidas de fósforo, ocorrem pelo seu papel na nutrição de plantas, pois este elemento está ligado a função estrutural, no processo de transferência e armazenamento de energia (MALAVOLTA et al. 2006), influenciando em processos no metabolismo da planta como a síntese de proteínas e ácido nucléico (MENGEL & KIRKBY, 2001).

TABELA 2. Teores de nutrientes na parte aérea e raízes das plantas de almeirão em função da omissão de macronutrientes na solução nutritiva e da solução completa.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
Parte aérea						
----- g kg ⁻¹ -----						
Solução completa	25,5	6,7	41,0	24,7	6,0	14,5
- N	7,9*	9,1*	35,0*	30,9*	5,7	13,1
- P	25,5	2,0*	44,3*	27,4	6,1	14,9
- K	37,1*	7,5	11,6*	20,4*	5,9	13,3
- Ca	-	9,5*	32,0*	7,8*	5,8	8,6*
- Mg	31,9*	7,9	35,6*	28,6*	1,3*	15,0
- S	23,4*	6,4	36,6*	23,4	5,1	9,5*
F	1547,17**	58,81**	281,00**	157,30**	47,82**	78,04**
DMS	1,6	1,6	3,0	2,9	1,2	1,4
C.V.(%)	2,7	8,0	3,2	4,5	8,4	4,0
Raízes						
----- g kg ⁻¹ -----						
Solução completa	15,1	5,5	8,2	12,1	20,1	9,3
- N	-	6,4	13,1*	17,9*	19,6	9,4
- P	18,2*	2,4*	7,7	11,4	15,0*	9,9
- K	8,4*	7,6*	1,2*	20,2*	25,8*	5,1*
- Ca	15,4	3,3*	7,1	1,7*	21,3	4,5*
- Mg	14,4	5,8	9,4	12,1	21,0	7,1*
- S	14,4	6,0	10,7*	13,4	17,8	8,3
F	457,76**	52,11**	76,65**	166,78**	29,40**	69,93**
DMS	1,4	1,2	2,0	2,2	3,0	1,2
C.V.(%)	4,0	8,3	8,9	6,2	5,3	5,9

*Diferença significativa pelo teste Tukey (p<0,05), na coluna, em relação ao tratamento com a solução nutritiva com a omissão do nutriente e com a solução nutritiva completa.

TABELA 3. Nutrientes acumulados na parte aérea, raízes e na planta inteira de almeirão, em função da omissão de macronutrientes na solução nutritiva e da solução completa.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
Parte aérea						
----- mg planta ⁻¹ -----						
Solução completa	111,1	29,5	179,3	107,7	26,0	63,4
- N	20,1*	23,1*	89,7*	78,9*	14,6*	33,3*
- P	86,6*	6,8*	150,6	92,9*	20,93*	50,5*
- K	117,3	23,9*	36,8*	64,6*	18,6*	42,1*
- Ca	-	7,4*	25,3*	6,1*	4,5*	6,8*
- Mg	109,7	27,1	122,6*	98,4	4,5*	51,8*
- S	97,7	26,3	152,7	97,2	21,1*	39,4*
F	161,35**	127,77**	114,72**	148,26**	143,57**	125,50**
DMS	18,1	4,0	26,9	13,8	3,4	7,7
C.V.(%)	8,3	7,0	8,9	6,3	7,7	6,8
Raízes						
Solução completa	36,6	13,4	19,9	29,4	48,8	22,6
- N	-	12,3	24,4*	33,5	36,7*	17,6*
- P	33,2	4,4*	19,9*	20,8*	27,3*	18,0*
- K	20,8*	19,0*	2,9*	49,9*	63,6*	12,6*
- Ca	3,3*	0,7*	1,5*	0,4*	4,6*	1,0*
- Mg	33,1	13,3	21,6	27,8	48,3	16,3*
- S	34,1	14,3	25,4*	31,8	42,3	19,7*
F	292,31**	90,23**	198,46**	100,87**	122,07**	196,67**
DMS	4,4	3,2	3,4	7,2	8,2	2,4
C.V.(%)	6,8	10,4	7,8	9,3	7,6	5,7
Planta inteira						
Solução completa	147,7	42,9	199,2	137,1	74,9	85,9
- N	20,1*	35,1*	114,1*	112,4*	51,3*	50,9*
- P	119,8*	11,2*	164,6*	113,7*	48,3*	68,5*
- K	138,1	42,9	39,7*	114,5*	82,2	54,7*
- Ca	3,3*	8,1*	26,8*	6,5*	9,1*	7,7*
- Mg	142,8	40,4	144,2*	126,2	52,8*	68,1*
- S	131,8	40,6	178,1	129,0	63,4*	59,0*
F	234,44**	186,91**	126,82**	169,32**	122,91**	193,96**
DMS	19,4	5,4	28,9	16,6	10,3	8,4
C.V.%	6,9	6,1	8,4	5,6	6,8	5,4

*Diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$), na coluna, em relação ao tratamento com a solução nutritiva com a omissão do nutriente e com a solução nutritiva completa.

Potássio

No que se refere ao potássio, as plantas foram afetadas pela omissão deste elemento, pois houve diminuição para todas as variáveis vegetativas estudadas, resultando na diminuição de produção de massa seca na parte aérea. Apenas para a produção de massa seca das raízes pode-se notar que não houve reflexo, quando comparadas com as plantas cultivadas com o tratamento com solução nutritiva completa conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

A ausência do K na solução nutritiva diminuiu os teores desse elemento na parte aérea e raízes, quando comparados com o tratamento com solução nutritiva completa, de 41,0 g kg⁻¹ para 11,6 g kg⁻¹ e 8,2 g kg⁻¹ para 1,2 g kg⁻¹ (Tabela 2). Nota-se que comparando o teor foliar de K de 41,0 g kg⁻¹ considerado adequado por Furlani et. al (1999), indica-se que as plantas submetidas à omissão de K encontravam-se deficientes.

Com a omissão de K, foi possível constatar ainda, uma diminuição significativa no acúmulo na parte aérea de todos os macronutrientes analisados, com exceção do N, observa-se que mesmo na falta do K, ainda assim, o N não apresentou decréscimo, face ao que normalmente ocorre na presença do K a interação positiva NxK devido a maior eficiência de utilização do N. Já para o acúmulo de nutrientes nas raízes houve diminuição no acúmulo para os nutrientes N, K e S e elevação no acúmulo para os nutrientes P, Ca e Mg em relação às plantas que receberam o tratamento com solução nutritiva completa (Tabela 3). Este último efeito, devido a interação do K com o Ca e Mg, o que com o incremento de doses desse nutriente é ocasionado decréscimo nos teores de Ca e Mg.

Além disso, a omissão do K na solução nutritiva das plantas de almeirão ocorreu o surgimento de sintomas visuais, como a clorose nas margens das folhas mais velhas, seguida de necrose, das margens das folhas. Mengel & Kirkby (2001) ressaltaram que o transporte do potássio é com frequência apontado para os tecidos jovens, ocorrendo frequentemente, redistribuição das folhas mais velhas para as partes mais jovens das plantas. Houve também a coloração verde mais intensa por entre as nervuras centrais das folhas de almeirão. Passos (1999) cita que o K é necessário ao desenvolvimento da clorofila e também participa da ativação de várias enzimas.

Cálcio

As plantas que não receberam Ca na solução nutritiva apresentaram diminuição na altura de plantas, na área foliar, no número de folhas por planta, exceto para o índice relativo de clorofila que ocorreu um aumento, o qual refletiu na diminuição da produção da massa seca da parte aérea, das raízes e, conseqüentemente, da planta inteira (Tabela 1).

Nota-se que o prejuízo da falta de Ca na solução nutritiva no desenvolvimento da raiz da planta de almeirão foi maior que da parte aérea, e ainda, foi o nutriente que mais inibiu o crescimento das raízes (Tabela 1). Assim, destaca-se a importância do cálcio para o desenvolvimento das raízes das plantas, devido ao seu papel na formação das paredes celulares, lamela média e membranas (PRADO, 2009).

As plantas submetidas à omissão de Ca apresentaram menor teor do nutriente na parte aérea de 7,8 g kg⁻¹ e raiz de 1,7 g kg⁻¹, comparado ao tratamento com solução nutritiva completa na parte aérea e raiz 24,7 g kg⁻¹ e 12,1 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 2). Comparando-se estes resultados com os obtidos por Furlani et al. (1999), os quais foram de 4,92 g kg⁻¹. Neste caso, constata-se que as plantas de almeirão do tratamento com a solução nutritiva completa estavam com valores adequados. Da mesma forma, ocorreu com o Ca acumulado pelas plantas, tendo maior acúmulo do nutriente no tratamento com solução nutritiva completa parte aérea: 107,7 mg planta⁻¹ e raiz: 29,4 mg planta⁻¹, comparado com o tratamento com omissão do Ca na solução nutritiva, parte aérea: 6,1 mg planta⁻¹ e raiz: 0,4 mg planta⁻¹ (Tabela 3). Também pode-se observar que a falta do Ca na solução nutritiva ocasionou um decréscimo significativo na absorção dos demais macronutrientes pela planta (Tabela 3).

Além disso, a omissão do Ca na solução nutritiva das plantas de almeirão ao provocar diminuição no crescimento e na produção de massa seca das plantas pela baixa absorção deste macronutriente induziu sintomas caracterizados pelo surgimento de folhas com formas irregulares, pontos com manchas necróticas entre as nervuras das folhas e morte das brotações a partir das pontas das extremidades de folhas e raízes. Estes sintomas são similares aos ocorridos em plantas descritos na literatura, ou seja, a deficiência de cálcio nas folhas pode apresentar deformações, especialmente das margens e uma torção de sua extremidade (HAAG, 1971),

causando redução do crescimento de tecidos meristemáticos nas folhas mais novas (MENGEL & KIRKBY, 1987).

Magnésio

As plantas cultivadas sem adição de Mg na solução nutritiva apresentaram diminuição significativa para todas as variáveis vegetativas estudadas das plantas de almeirão, o que resultou no decréscimo da produção de matéria seca da parte aérea, exceto para a matéria seca de raízes (Tabela 1).

Observa-se que as plantas submetidas à omissão de Mg apresentaram menor teor do nutriente na parte aérea $1,3 \text{ g kg}^{-1}$ comparado ao tratamento com solução nutritiva completa na parte aérea $6,0 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 2). Comparando esses valores de teor de Mg no tratamento com solução nutritiva suprimida de Mg com os valores determinados de $1,2 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg por Furlani et al. (1999), constata-se que as plantas do tratamento com solução nutritiva completa estariam sob suficiência do referido macronutriente.

Da mesma forma, ocorreu com o Mg acumulado pela parte aérea das plantas de almeirão, tendo maior acúmulo do nutriente no tratamento com solução nutritiva completa $26,0 \text{ mg planta}^{-1}$, comparado ao tratamento com omissão de Mg na solução nutritiva parte aérea: $4,5 \text{ mg planta}^{-1}$ (Tabela 3).

Houve ainda, com a omissão do Mg uma diminuição no acúmulo dos macronutrientes K e S na planta inteira (Tabela 3). Assim, percebe-se que a omissão do Mg no incremento do teor de N e Ca na parte aérea (Tabela 2), provavelmente ocorreu pelo efeito da concentração do nutriente, pois não houve reflexo no acúmulo dos mesmos nas plantas de almeirão (Tabela 3).

O efeito da omissão de Mg na solução nutritiva ao provocar prejuízos no desenvolvimento vegetativo, devido a limitada absorção pela planta, visto anteriormente, induziu os sintomas de desordem nutricional nas plantas de almeirão apresentando clorose, iniciando-se entre as nervuras das folhas mais velhas. Isto, segundo Haag (1971) se deve ao fato do elemento ser facilmente mobilizado de locais da planta com maior concentração, possibilitando as folhas mais jovens retirá-lo das folhas mais velhas. Malavolta (2006) acrescenta que alta mobilidade do Mg seria para atender as regiões de maiores exigências da planta, como os meristemas e órgãos de reserva.

Enxofre

Os parâmetros vegetativos indicativos de crescimento foram afetados significativamente pela omissão de S nas plantas de almeirão omitidas deste nutriente, porém, não houve reflexos na produção de matéria seca da parte aérea, das raízes e, conseqüentemente, da planta inteira, em relação ao tratamento completo (Tabela 1).

Salienta-se que as plantas submetidas à omissão de S na solução nutritiva, apresentaram uma redução significativa no teor do nutriente na parte aérea de $9,5 \text{ g kg}^{-1}$ comparado ao tratamento com solução nutritiva completa na parte aérea $14,5 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 2).

O teor de S na parte aérea diminuiu com a omissão deste elemento, sendo que nesse tratamento a relação N:S foi maior (2,46:1) que no tratamento com solução nutritiva completa (1,75:1) (Tabela 2). Em relação ao S, para a cultura do almeirão, não se têm dados fundamentados na literatura para os teores adequados na folha. Dessa forma, há necessidade de pesquisa para confrontar com resultados de estudos, pois para este fim se utilizam frequentemente dados de outras hortaliças folhosas, como agrião e alface (FURLANI et al., 1999), podendo induzir erros nos diagnósticos.

Com o S acumulado pelas plantas, obteve-se maior acúmulo do nutriente no tratamento com solução nutritiva completa parte aérea: $63,4 \text{ mg planta}^{-1}$ e planta inteira: $85,9 \text{ mg planta}^{-1}$ comparado ao tratamento com omissão de S parte aérea: $39,4 \text{ mg planta}^{-1}$ e planta inteira: $59,0 \text{ mg planta}^{-1}$ (Tabela 3).

Em decorrência da omissão de S, observou-se nas plantas de almeirão folhas pequenas, com enrolamento nas margens das folhas, um alongamento do pecíolo seguido de um encurtamento da área foliar, clorose nas folhas novas, muito semelhantes à deficiência de N, embora esse sintoma visual tenha sido detectado mais tardiamente, ao final do experimento, quando comparado aos outros tratamentos, cuja sintomatologia foi observada na fase final do experimento.

De forma geral, observou-se que no tratamento com solução nutritiva completa a ordem de extração de nutrientes da parte aérea foi $K > N \geq Ca > S > P \geq Mg$; nas raízes foi $Mg > N > Ca > S \geq K > P$ e, na planta inteira foi $K > N > Ca > S > Mg > P$ (Tabela 3).

Assim, esses resultados discordam de Haag & Minami (1988) estudando a absorção de nutrientes pela cultura do almeirão que observaram que o elemento extraído em maior quantidade foi o N. Estas diferenças possivelmente devem-se as condições distintas entre os dois trabalhos, pois no presente trabalho foi realizado em condições de hidroponia e de Haag & Minami (1988) em campo.

Desta forma, observou-se bom desenvolvimento das plantas cultivadas na solução completa, devido às quantidades de nutrientes suficientes e com equilíbrio.

CONCLUSÕES

As omissões dos macronutrientes na solução nutritiva incorreu em menor absorção pela planta, limitando o crescimento vegetativo das plantas, destacando-se o N, P, K, Ca e Mg que diminuíram a produção de matéria seca das plantas de almeirão, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa.

As omissões dos macronutrientes causaram prejuízos, pois afetaram o teor e o acúmulo dos nutrientes pela cultura do almeirão e que refletiu em alterações morfológicas, traduzidas como sintomas característicos de deficiência de cada nutriente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERONI, R.B. **Hidroponia**. São Paulo: NOBEL, 1998. 102p.
- BARBOSA, J.C. e MALDONADO JR, W. **AgroEstat – Sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos**, Versão 1.0, Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2011.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 48p. 1983.
- COELHO, R.L.; CECÍLIO FILHO, A.B. Produtividade de cultivares de almeirão em hidroponia, Uberlândia, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 42., 2002, Uberlândia, MG. **Resumos expandidos...** Brasília: Associação Brasileira de Horticultura, CD-ROM. 2002.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas – princípios e perspectivas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 341p. 1975.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2 ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 412p. 2005.
- FRANCO, G. Teor vitamínico dos alimentos. Rio de Janeiro: José Olympio, 141p. 1987.
- FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico (Boletim Técnico 180), 52p. 1999.

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

HAAG, H.P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças: LXXV. Absorção de nutrientes pela cultura de almeirão. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v.45, p.597-603, 1988.

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

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 251 p. 1980.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 638 p. 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas – Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS. 319p. 1997.

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

MENGEL, K; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 5 ed. 849p., 2001.

PASSOS, L.P. Fisiologia do capim-elefante: uma revisão analítica. In: PASSOS, L.P., CARVALHO; L.A.; MARTINS, C.E. (Ed.). **Biologia e manejo do capim-elefante.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, p. 29-62, 1999.

PRADO, R.M. **500 perguntas e respostas sobre nutrição de plantas.** 1. ed. Jaboticabal: FCAV/GENPLANT, v.1. 108 p. 2009.

STEINER, F.; LEMOS, J.M.; SABEDOT, M.A.; ZOZ, T. Resposta do Almeirão à Aplicação de Três Fontes de Fertilizantes Orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia.** v.4, n.2, p.1905-1908. 2009.

TRANI, P.E.; PASSOS, F.A. Almeirão. In: FAHL, J.I.; CAMARGO, M.B.P.; PIZZINATTO, M.A.; BETTI, J.A.; MELO, A.M.T.; DEMARIA, I.C.; FURLANI, A.M.C. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas.** 6.ed. Campinas: Instituto Agronômico, p.178-179. (Boletim, 200). 1998.