

Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em coentro

Dâmaris SG Daflon; Marta SM Freitas; Almy JC Carvalho; Pedro H Monnerat; Cláudia L Prins

UENF, Lab. Fitotecnia. Av. Alberto Lamego 2000, Pq. Califórnia, 28013-602 Campos dos Goytacazes-RJ; d.s.guimaraes@hotmail.com; msimone@uenf.br; almy@uenf.br; monnerat@uenf.br; cloprins@yahoo.com.br

RESUMO

O coentro é uma olerícola cuja massa verde é rica em vitaminas e muito utilizada na culinária de diversos pratos. Sua semente é condimento e seus frutos secos são úteis na indústria farmacêutica e alimentícia. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar os sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro, bem como avaliar os efeitos dessas omissões no crescimento de plantas de coentro, cv. Verdão, cultivadas em casa de vegetação no município de Campos dos Goytacazes-RJ. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com oito tratamentos: completo, e as omissões de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e boro, com quatro repetições sendo a unidade experimental composta por vasos de 14 L contendo solução nutritiva e quatro plantas por vaso. Foram avaliados os teores de macronutrientes e boro na massa seca das raízes e folhas, a caracterização dos sintomas visuais de deficiência e a produção de massa seca das raízes, folhas, haste e total. Os sintomas visuais foram observados até 24 dias após o início da aplicação dos tratamentos. Os sintomas de deficiência nutricional manifestaram-se na seguinte ordem: Ca<B<N<S<Mg<P. Os teores obtidos nas raízes e folhas quando omitiu-se o nutriente foram inferiores àqueles encontrados no tratamento completo, mostrando que os sintomas descritos foram em decorrência da ausência deste. Não foram observados sintomas visuais no tratamento deficiente em potássio durante o período de condução deste experimento. Observou-se redução na massa seca em todos os tratamentos deficientes quando comparados ao tratamento completo.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum*, nutrientes minerais, crescimento.

ABSTRACT

Visual symptoms of deficiency of macronutrients and boron in coriander

Coriander is a oleraceous crop whose fresh mass is rich in vitamins, being widely used in a number of dishes. The seeds are condiments and the dry fruits are useful in pharmaceutical and food industry. The present study aimed to characterize the visual symptoms of deficiency of macronutrients and boron, as well as assess the effects of omitting these nutrients on the coriander plant growth, cv. Verdão, cultivated in greenhouse in Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro state, Brazil. The experimental design was randomized blocks with eight treatments: complete, and omission of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur and boron, with four replications, the experimental unit consisting of 14-liter pots with nutrient solution and four plants per pot. The level of macronutrients and boron in dry mass of roots and leaves, the visual symptoms of deficiency and the dry mass production of roots, leaves, stem and total were assessed. Visual symptoms were observed until 24 days after the beginning of the applications. The nutritional deficiency symptoms arose in the following order: Ca<B<N<S<Mg<P. The level obtained in the roots and leaves when one nutrient was omitted was lower than those found in the full treatment, showing that the described symptoms were caused by the absence of that specific nutrient. Visual symptoms were not observed in potassium-deficient treatment during the period this experiment was carried out. A reduction in dry mass in all deficient treatments was observed when compared to the full treatment.

Keywords: *Coriandrum sativum*, mineral nutrients, growth.

(Recebido para publicação em 06 de março de 2013; aceito em 23 de janeiro de 2014)

(Received on March 06, 2013; accepted on January 23, 2014)

O coentro, *Coriandrum sativum*, é bastante utilizado na culinária em diversos pratos, e os frutos secos, além de condimento, são úteis na indústria alimentícia e farmacêutica devido as suas propriedades medicinais tais como antioxidante, antisséptico, expectorante e analgésico (Oliveira *et al.*, 2003; Msaada *et al.*, 2007; Oganessian *et al.*, 2007). Esta espécie é de fácil cultivo e de ciclo vegetativo relativamente curto, muito consumida em diversas regiões do Brasil, especialmente no Norte e Nordeste (Pereira *et al.*, 2005). É uma olerícola pertencente à família

Apiaceae, herbácea e anual, com altura geralmente variando entre 0,8 a 1 m, as folhas são do tipo pinatífidas, compostas e de filotaxia alterna, acarretando numa drástica redução da área foliar, e suas flores são hermafroditas, prostradas, agrupadas em inflorescências do tipo umbela composta (Santos & Alves, 1992).

As hortaliças têm grande importância nutricional, visto que seu consumo é benéfico à saúde humana (Carvalho *et al.*, 2006); assim, a avaliação da produtividade e qualidade nutricional é uma preocupação constante (Ohse

et al., 2001; Ferreira *et al.*, 2002). As hortaliças folhosas são consideradas exigentes nutricionalmente, visto que seus ciclos são relativamente curtos e a falta de qualquer elemento essencial à planta afeta seu crescimento, produtividade e qualidade. Oliveira *et al.* (2003) e Oliveira *et al.* (2004) trabalharam, respectivamente, com aplicações crescentes de doses de nitrogênio e P₂O₅, e observaram incremento na altura de plantas e rendimento de massa verde em plantas de coentro. Luz *et al.* (2009) relataram que a aplicação conjunta de fontes de nitrogênio, potássio e cálcio

aumentou a produtividade de raízes comerciais de cenoura. Pizetta *et al.* (2005) observaram aumento na produtividade de brócolis e repolho em resposta à adubação com boro.

Os nutrientes minerais desempenham funções essenciais e específicas, portanto sua deficiência ou toxidez é observada através de quadros sintomatológicos, muitas vezes característicos para cada nutriente, sendo dependente da cultivar estudada e dos fatores ambientais (Oliveira *et al.*, 2009). A solução nutritiva e a técnica do elemento faltante são utilizadas na pesquisa científica principalmente para obtenção de informações sintomatológicas de carência ou toxidez de determinado nutriente nas plantas, auxiliando no aperfeiçoamento do sistema de produção (Andriolo *et al.*, 2002; Alves *et al.*, 2008).

O crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura do coentro foi recentemente estudado por Grangeiro *et al.* (2011) para auxiliar o correto fornecimento de nutrientes e definir a adequada época de sua aplicação. Entretanto, trabalhos descrevendo os sintomas de deficiência nutricional com a espécie *C. sativum* ainda são escassos.

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar os sintomas visuais de deficiência dos macronutrientes e do boro e avaliar os efeitos dessas omissões no crescimento de coentro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (21°19'23"S, 41°10'40"O, altitude 14 m) no campus da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, situada no município de Campos dos Goytacazes-RJ, no período de 22 de junho a 21 de agosto de 2011. Durante o período de condução do experimento, no interior da casa de vegetação, as temperaturas diárias máximas do ar variaram de 21,1 a 40,4°C e as temperaturas diárias mínimas do ar entre 11,6 e 21,0°C.

Foi utilizado delineamento experimental em blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: completo (testemunha), deficiente em nitrogênio (-N),

deficiente em fósforo (-P), deficiente em potássio (-K), deficiente em cálcio (-Ca), deficiente em magnésio (-Mg), deficiente em enxofre (-S) e deficiente em boro (-B). A unidade experimental foi composta por quatro plantas de coentro cv. Verdão, adquiridas da empresa Isla Sementes Ltda., cultivadas em vasos de 14 L. A semeadura foi realizada em placas de espuma fenólica, previamente submetidas à lavagem com água desionizada. Inicialmente aplicou-se somente água desionizada, e após a emergência do primeiro par de folhas, aplicou-se solução nutritiva com 25% de força iônica, uma vez ao dia. Cinco dias após a semeadura (DAS), as células de espuma fenólica contendo plântulas de coentro foram colocadas num pequeno suporte anelar de isopor e dispostas em bandejas contendo solução nutritiva com 50% da força iônica, sendo utilizadas bombas de aquário para oxigenação. Aos 12 DAS, as plântulas foram transferidas para os vasos, iniciando-se o fornecimento de solução com 100% de força iônica. O pH da solução nutritiva foi mantido em 5,7 havendo substituição da mesma quando a condutividade elétrica estava próxima de 2,2 dS m⁻¹. As soluções nutritivas foram baseadas em Johnson *et al.* (1957).

Os vasos utilizados eram de plástico preto e seu exterior foi pintado de branco, para impedir o aquecimento da solução nutritiva. As plantas foram fixadas em placas cilíndricas de isopor com orifícios equidistantes, contendo suportes anelares para o encaixe das plantas. A oxigenação da solução foi feita com o auxílio de uma bomba de aquário em cada vaso, durante a condução do experimento.

Iniciou-se a aplicação dos tratamentos com deficiência induzida 30 DAS e, durante a condução do experimento, observações e descrições dos sintomas foram feitas, até a máxima manifestação visível de cada deficiência nutricional, que ocorreu no período de 17 dias após o início dos tratamentos (DAIT). A solução dos vasos foi substituída por solução completa, devido severidade dos sintomas observados, nos tratamentos -Ca e -B aos 11 DAIT e nos tratamentos -N, -Mg, -S, aos 13 DAIT. No entanto, as plantas remanescentes submetidas ao tratamento -Ca foram colhidas aos 20

DAIT pois não apresentaram indícios de recuperação. Aos 22 DAIT foi reiniciada a aplicação dos tratamentos -B, -N, -P, -Mg e -S até a última colheita, realizada aos 30 DAIT.

Colheu-se uma planta por vaso de todos os tratamentos: aos cinco DAIT, quando os tratamentos de -Ca, -B já apresentavam sintomas visuais de deficiência; aos 10 DAIT, neste momento os tratamentos de -Ca, -B, -N, -S e -Mg haviam apresentado sintomas visuais de deficiência nutricional. Aos 30 DAIT, colheu-se duas plantas de cada tratamento, exceto do tratamento -Ca (colhido anteriormente aos 20 DAIT), quando os tratamentos -B, -N, -S, -Mg e -P já haviam apresentado sintomas visuais de deficiência.

As plantas foram separadas em folhas, hastes e raízes, acondicionadas em sacos de papel Kraft e secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 70°C até peso constante para obtenção da matéria seca do material. Posteriormente, o material foi moído em moinho de facas (tipo Willey) com peneira de 30 mesh e armazenado em frascos hermeticamente fechados. Os teores dos macronutrientes e do boro foram analisados na matéria seca das folhas e raízes. A extração dos nutrientes foi realizada por via úmida (digestão sulfúrica e nitroperclórica) e seca (em mufla a 550°C). O N foi determinado pelo método colorimétrico de Nessler (Jackson, 1965); o P, por colorimetria do molibdato de sódio; o K, por fotometria de chama; Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica; o S, por turbidimetria com cloreto de bário e o B, pelo método da Azometina-H (Jones Junior *et al.*, 1991; Malavolta *et al.*, 1997).

Foi realizada análise de variância, e as médias foram comparadas com a testemunha (tratamento completo) pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade, utilizando-se do Sistema de Análise Estatística (SANEST), desenvolvido pelo CIAGRI/USP (Zonta *et al.*, 1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sintomas de deficiência de macronutriente e B em plantas de coentro foram observados nas folhas e raízes

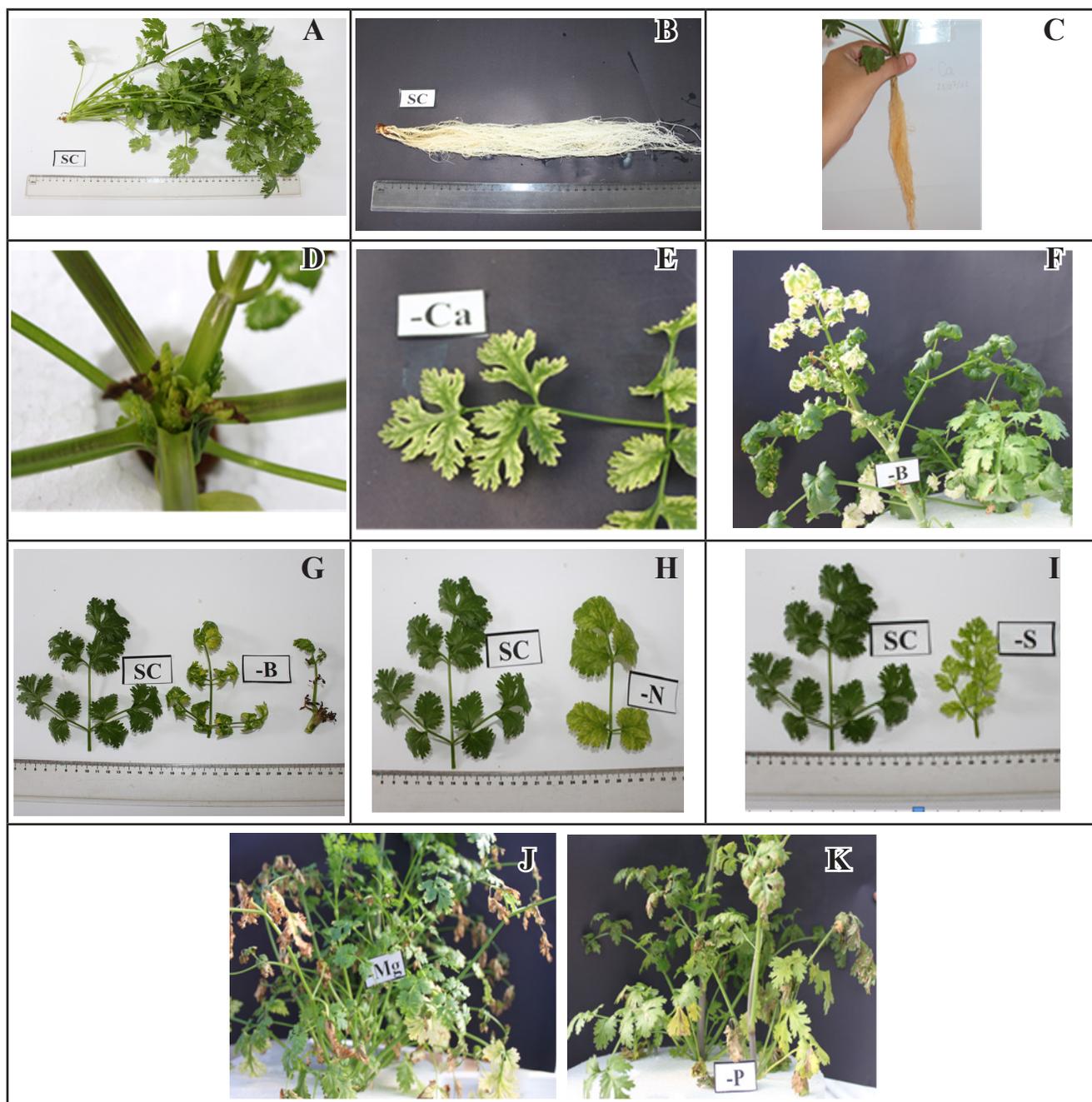


Figura 1. Hastes com folhas (A) e raízes (B) de plantas de coentro do tratamento completo; raízes (C), meristema apical (D) e hastes com folhas jovens (E) do tratamento deficiente em cálcio; planta de coentro deficiente em boro (F); hastes com folhas jovens do tratamento completo e deficiente em boro (G); hastes com folhas velhas do tratamento completo e deficiente em nitrogênio (H); hastes com folhas jovens do tratamento completo e deficiente em enxofre (I); planta de coentro deficiente em magnésio (J); planta de coentro deficiente em fósforo (K) [stems with leaves (A) and roots (B) of coriander plants in the complete treatment; roots (C), apical meristem (D) and stems with young leaves (E) in the calcium-deficient treatment; boron-deficient coriander plant (F); stems with young leaves in the complete and boron-deficient treatments (G); stems with old leaves in the complete and nitrogen-deficient treatments (H); stems with young leaves in the complete and sulfur-deficient treatments (I); magnesium-deficient coriander plant (J); phosphorus-deficient coriander plant (K)]. Campos dos Goytacazes, UENF, 2011.

até 30 dias após a aplicação dos tratamentos (DAIT) (Figura 1) quando ocorreu manifestação máxima visível das deficiências nutricionais e alguns tratamentos não apresentaram indícios de recuperação, devido à severidade

dos sintomas.

A manifestação visual das deficiências nutricionais foi observada na seguinte ordem: deficiente em cálcio, deficiente em boro, deficiente em nitrogênio, deficiente em enxofre, deficiente em

magnésio e deficiente em fósforo.

Deficiente em cálcio - Os sintomas de deficiência de cálcio foram observados aos três DAIT inicialmente nas raízes, que se tornaram escurecidas e acastanhadas (Figura 1C). O teor de Ca

nas raízes de coentro aos cinco DAIT foi 69% menor no tratamento -Ca (2,10 g kg⁻¹ de MS) quando comparado ao tratamento completo (6,66 g kg⁻¹ de MS) (Tabela 1). Na parte aérea, aos cinco DAIT, observou-se morte da gema apical (Figura 1D), clorose (Figura 1E) e posterior necrose nas bordas das folhas novas. O teor de Ca nas folhas, aos cinco dias após a aplicação dos tratamentos, foi 44,8% menor no tratamento -Ca (5,31 g kg⁻¹ de MS) que no tratamento completo (9,63 g kg⁻¹ de MS) (Tabela 2). Aos 10 DAIT o teor de Ca nas folhas apresentava valores 59% menores que no tratamento completo e devido à severidade dos sintomas observados foram colhidas antes dos 30 dias.

Do mesmo modo, a omissão de cálcio provocou escurecimento radicular em manjerição (*Ocimum* sp.) (Amaral *et al.*, 1999), chicória (Pugal *et al.*, 2010) e morte da gema apical em *Stevia rebaudiana* (Utumi *et al.*, 1999). Almeida *et al.* (2011), caracterizando os sintomas de deficiência de cálcio em plantas de alface cv. Verônica observaram manchas necrosadas entre as nervuras das folhas e morte da gema apical. Estudando os parâmetros que

regulam a distribuição do cálcio em folhas de coentro, Kerton *et al.* (2009) observaram que as folhas de coentro apresentavam elevado teor de cálcio no centro das folhas em comparação com a margem da folha, o que poderia explicar os sintomas de deficiência de cálcio nas bordas das folhas.

O cálcio mantém a integridade estrutural das membranas e paredes celulares. Além de regular vários processos fisiológicos e metabólicos, sua omissão resulta principalmente na redução do crescimento de tecidos meristemáticos apicais e morte do sistema radicular (Marschner, 1995).

Deficiente em boro - Aos cinco DAIT, as folhas mais novas das plantas de coentro se mostraram encarquilhadas, com manchas cloróticas e esbranquiçadas (Figura 1F), e o meristema apical tornou-se necrótico (Figura 1G). O teor de boro nas folhas de coentro, cinco dias após o início da aplicação dos tratamentos, foi 45,2% menor no tratamento deficiente (15,9 mg kg⁻¹ de MS) que no tratamento completo (29,0 mg kg⁻¹ de MS) (Tabela 2). Nas raízes das plantas de coentro submetidas ao tratamento -B não foi observado sintoma visual,

e o teor de B nas raízes destas plantas não diferiu estatisticamente do teor nas raízes do tratamento completo (23,5 e 29,3 mg kg⁻¹) (Tabela 1).

Os sintomas visuais observados em plantas de coentro corroboram com os sintomas observados por outros autores como Lange *et al.* (2005) em plantas de mamoneiras cv. Íris, Silva *et al.* (2009) em plantas de pinhão-manso e Pizetta *et al.* (2005) em plantas de couve-flor. Segundo Belvins & Lukaszewski (1998), Hu *et al.* (1997) e Taiz & Zeiger (2006), em plantas com pouca mobilidade do boro, a deficiência resulta em necrose de tecidos meristemáticos na região de crescimento, conduzindo à perda da dominância apical.

Deficiente em nitrogênio - As folhas mais velhas das plantas de coentro submetidas ao tratamento -N apresentaram coloração verde-clara, quando comparadas ao tratamento completo (Figura 1H), aos sete DAIT. O teor de nitrogênio encontrado nas folhas foi igual a 23,8 g kg⁻¹ de MS, 58,4% menor que o teor encontrado no tratamento completo (57,2 g kg⁻¹ de MS) (Tabela 2) e nas raízes, o teor de N foi igual a 15,5 g kg⁻¹ de MS, 68% menor que o teor encontrado no tratamento completo (48,4 g kg⁻¹ de MS) (Tabela 1). Mesmo com os teores menores de N nas raízes, no tratamento deficiente em N, as raízes não apresentaram sintomas visuais e também não houve redução significativa no acúmulo de massa seca (Tabela 3).

Os sintomas de deficiência de N, como coloração verde-clara, estão associados com a menor produção de clorofila (Marschner, 1995; Malavolta *et al.*, 1997). Plantas sob omissão de N prontamente o redistribuem via floema, exibindo coloração amarela em suas partes mais velhas (Malavolta *et al.*, 1997), como observado no presente trabalho. Em pimenteira malagueta, Flores *et al.* (2012) igualmente descrevem amarelamento nas partes mais velhas das plantas cultivadas com solução nutritiva deficiente em N, assim como Almeida *et al.* (2011) descrevem os mesmos sintomas em alface cv. Verônica e Pugal *et al.* (2010) em chicória.

Deficiente em enxofre - As plantas de coentro aos sete DAIT exibiram coloração verde-clara e posterior clorose

Tabela 1. Teores de macronutrientes e B em raízes de coentro cv. Verdão, aos 5, 10 e 30 dias após início dos tratamentos com omissão dos nutrientes (macronutrients and boron content in roots of coriander cv. Verdão at 5, 10 and 30 days after the beginning of the treatments). Campos dos Goytacazes, UENF, 2011.

Nutriente (g kg ⁻¹)	Tratamento	Dias após início da aplicação dos tratamentos		
		05	10	30
N	completo	44,5a	48,4a	36,4a
	-N	17,9b	15,5b	16,1b
P	completo	8,59a	9,76a	7,50a
	-P	3,08b	2,72b	6,14a
K	completo	73,7a	63,4a	63,4a
	-K	17,1b	13,4b	15,7b
Ca	completo	6,66a	6,28a	-
	-Ca	2,10b	3,61b	-
Mg	completo	4,33a	4,17a	4,74a
	-Mg	1,10b	1,24b	1,35b
S	completo	2,48a	3,00a	3,89a
	-S	2,35a	1,09b	1,20b
B	completo	29,3a	36,8a	40,6a
	-B	23,5a	33,6a	29,0b

Para cada nutriente, em cada época, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Dunnet, em nível de 5% de probabilidade [for each nutrient, in each date, means followed by same letters in the column do not differ (Dunnet, 5%)].

Tabela 2. Teores de macronutrientes e B em folhas de coentro cv. Verdão, aos 5, 10 e 30 dias após início dos tratamentos com omissão dos nutrientes (macronutrients and boron content in leaves of coriander cv. Verdão at 5, 10 and 30 days after the beginning of the treatments). Campos dos Goytacazes, UENF, 2011.

Nutriente (g kg ⁻¹)	Tratamento	Dias após início dos tratamentos		
		05	10	30
N	completo	58,1a	57,2a	55,1a
	-N	29,1b	23,8b	35,6b
P	completo	5,52a	5,31a	5,59a
	-P	1,97b	2,43b	3,38b
K	completo	63,5a	59,1a	49,4a
	-K	16,1b	15,5b	19,9b
Ca	completo	9,63a	8,39a	-
	-Ca	5,31b	3,44b	-
Mg	completo	2,10a	2,36a	2,49a
	-Mg	0,92b	1,28b	1,16b
S	completo	2,57a	2,49a	2,65a
	-S	1,30b	1,12b	2,34a
B	completo	29,0a	35,6a	54,3a
	-B	15,9b	27,7a	37,4b

Para cada nutriente, em cada época, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Dunnet, em nível de 5% de probabilidade [for each nutrient, in each date, means followed by same letters in the column do not differ (Dunnet, 5%)].

Tabela 3. Produção de massa seca das raízes, hastes, folhas e massa seca total das plantas de coentro cv. Verdão submetidas a deficiências de macronutrientes e do boro (production of dry mass of roots, stems, leaves and total dry mass of plants subjected to deficiencies of macronutrients and boron). Campos dos Goytacazes, UENF, 2011.

Tratamento	Massa seca (g planta ⁻¹)			
	Raíz	Haste	Folha	Total
Completo	1,70	6,85	3,98	12,50
-N	1,44 ^{ns}	2,73 [·]	2,14 [·]	6,30 [·]
-P	0,96 [·]	3,15 [·]	1,39 [·]	5,50 [·]
-K	1,26 [·]	4,75 [·]	3,15 [·]	9,15 [·]
-Ca	0,66 [·]	1,52 [·]	2,05 [·]	4,22 [·]
-Mg	0,92 [·]	3,68 [·]	2,68 [·]	7,28 [·]
-S	1,67 ^{ns}	6,20 ^{ns}	3,15 [·]	11,00 [·]
-B	0,81 [·]	2,27 [·]	2,50 [·]	5,58 [·]
CV (%)	11,7	10,5	11,1	8,19

[·]Significativo e superior à testemunha (completo), pelo teste de Dunnet, em nível de 5% de probabilidade [significant and higher than the control treatment (complete), Dunnet (5%)];

[·]Significativo e inferior à testemunha (completo), pelo teste de Dunnet, em nível de 5% de probabilidade [significant and lower than the control treatment (complete) Dunnet (5%)];

^{ns}Não significativo, pelo teste de Dunnet, em 5% de probabilidade [not significant (Dunnet, 5% probability)].

nas folhas jovens (Figura 1I). Apesar do teor de enxofre aos cinco DAIT já estar 49,4% menor em relação ao tratamento completo (Tabela 2), os sintomas visuais só aparecerem aos sete DAIT, mostrando a importância da análise nutricional.

O teor de enxofre, aos 10 DAIT, nas folhas do tratamento -S foi igual a 1,12 g kg⁻¹ de MS, 55% menor que o teor do mesmo nutriente no tratamento completo (2,49 g kg⁻¹ de MS) (Tabela 2). Mesmo com os teores menores de

S nas raízes (10 DAIT e 30 DAIT), no tratamento deficiente em enxofre, as raízes não apresentaram sintomas visuais e também não houve redução significativa no acúmulo de massa seca da raiz (Tabela 3).

Resultados semelhantes foram observados em plantas de chicória cultivadas na ausência de enxofre (Pugal *et al.*, 2010). O enxofre influencia na produção de massa verde, pois é elemento constituinte de proteínas, aminoácidos essenciais, membranas celulares e outros compostos, além de possuir função no transporte de elétrons (Malavolta *et al.*, 1997; Taiz & Zeiger, 2006); possui pouca mobilidade; logo seus sintomas ocorrem nas folhas e nervuras mais jovens (Marschner, 1995).

Deficiente em magnésio - Aos oito DAIT, as folhas mais velhas das plantas de coentro exibiram clorose e posterior necrose marginal (Figura 1J). O teor de magnésio no tratamento -Mg, 10 dias após início da aplicação dos tratamentos, foi 45,8% menor ao encontrado nas folhas do tratamento completo, os valores foram 1,28 g kg⁻¹ e 2,36 g kg⁻¹ de MS, respectivamente (Tabela 2) e 70,3% menor nas raízes, com os teores de 1,24 g kg⁻¹ e 4,17 g kg⁻¹ de MS, respectivamente (Tabela 1).

Em alface e couve-flor foram observadas desordens nutricionais, decorrentes da omissão de magnésio, caracterizadas por clorose entre as nervuras das folhas mais velhas e posterior necrose marginal (Avalhães *et al.*, 2009; Almeida *et al.*, 2011). Sob deficiência deste nutriente, ocorre restrição na produção de clorofila e descarboxilação dos aminoácidos, principalmente nas folhas mais velhas, pois há redistribuição deste elemento na planta (Marschner, 1995; Taiz & Zeiger, 2006).

Deficiente em fósforo - Os sintomas visuais de deficiência no tratamento com omissão de fósforo iniciaram-se aos 17 DAIT, quando foram observadas manchas cloróticas que avançaram para necrose nas folhas inferiores e intermediárias (Figura 1K) e as raízes exibiram coloração acastanhada. O teor de fósforo nas folhas das plantas de coentro no tratamento -P foi igual a 3,38 g kg⁻¹ de MS, 39,5% menor que o teor do tratamento completo (5,59 g kg⁻¹ de MS) (Tabela

2). Os teores de fósforo nas raízes aos 5 e 10 DAIT estavam 64 e 76% menores que no tratamento completo (Tabela 1), entretanto os sintomas visuais só aparecerem com 17 DAIT. Os teores de P nas raízes aos 30 DAIT não diferiram do tratamento completo, pois como foi relatado em material e métodos, aos 22 DAIT até o final do experimento as plantas receberam solução completa.

Os sintomas de deficiência de P nas folhas, descritos para pimenta malaguetta, são coloração verde-azulada com tons purpúreos (Flores *et al.*, 2012), em alface as folhas mais velhas apresentaram uma coloração verde mais escura, e estreito ângulo de inserção (Almeida *et al.*, 2011). Utumi *et al.* (1999) observaram escurecimento das raízes em plantas de estévia deficientes em P, semelhantemente ao encontrado no presente trabalho. O fósforo é constituinte de estruturas moleculares, principalmente proteínas e ácidos nucleicos, está envolvido na transferência de energia e possui função regulatória em muitas reações metabólicas (Malavolta *et al.*, 1997).

Deficiente em potássio - Durante o período de avaliação deste experimento não foram evidenciados sintomas visuais de deficiência de K. No entanto, o teor de K aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos foi 59,7% menor nas folhas (19,9 g kg⁻¹ de MS) e 75% menor nas raízes (15,7 g kg⁻¹ MS) das plantas do tratamento deficiente em K em relação às plantas do tratamento completo, respectivamente, 49,4 g kg⁻¹ e 63,4 g kg⁻¹ de MS (Tabela 2 e 1).

Esses resultados demonstram a importância da avaliação dos teores nutricionais no tecido vegetal, uma vez que, mesmo sem sintomas visuais, os teores de potássio na planta do tratamento -K foram inferiores aos teores encontrados no tratamento completo. O potássio na planta atua como ativador enzimático, regulador da abertura e fechamento dos estômatos e turgor celular (Marschner, 1995).

Sabe-se que o desequilíbrio nutricional gera distúrbios metabólicos, algumas vezes identificadas através de sintomas visuais característicos. De qualquer modo, a deficiência do nutriente em certo nível causa danos irreversíveis, comprometendo a produção (Marschner,

1995; Malavolta *et al.*, 1997).

Massa da matéria seca - A produção de massa da matéria seca (MMS) da raiz, haste, folha e, conseqüentemente, MMS total foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 3).

Os tratamentos -Ca, -B, -Mg, -P e -K apresentaram redução na MMS para produção de raízes; os tratamentos deficientes em N e S não provocaram reduções na MMS das raízes, quando comparados ao tratamento completo. Os decréscimos na produção de raízes foram da ordem de 25,9% para as plantas deficientes em K até 61,2% para as plantas deficientes em B (Tabela 3).

Almeida *et al.* (2011) relataram drástica redução na MMS nas raízes de alface cultivadas sob omissão de macronutrientes; Em beterraba, Alves *et al.* (2008) observaram redução na produção de raízes nos tratamentos -N, -K, -P, -Ca.

A produção de MMS das hastes de coentro foi reduzida nos tratamentos -Ca, -B, -N, -P, -Mg e -K. Essas reduções variaram de 30,6% para plantas deficientes em K até 77,8% para as plantas deficientes em Ca. Não houve diferença significativa na MMS das hastes das plantas submetidas ao tratamento com omissão de S quando comparadas ao tratamento completo. A produção de massa seca das folhas foi reduzida em todos os tratamentos: -P, -Ca, -N, -B, -Mg, -K e -S. Essas reduções variaram de 20,8% nos tratamentos -K e -S, até 65,1% para as plantas deficientes em P; A produção de MMS total das plantas de coentro foi reduzida em todos nos tratamentos -Ca, -B, -P, -N, -Mg, -K e -S, em, respectivamente: 66,2%, 55,4%, 50%, 49,6%, 41,8%, 26,8% e 12% (Tabela 3).

Em couve-flor, Avalhães *et al.* (2009) observaram drástica redução MMS nos tratamentos -Ca, -N, -K, -P e -Mg. Amaral *et al.* (1999) descrevem menor acúmulo de MMS na parte aérea de plantas de manjerição cultivadas em solução nutritiva -Ca, -P, -N e -Mg.

Todos os tratamentos com omissão dos macronutrientes e boro em plantas de coentro reduziram a MMS total. A omissão de Ca, P, B e N foram as que mais limitaram a produção de MMS total de plantas de coentro (Tabela 3).

O correto fornecimento dos nutrientes essenciais aos processos biológicos e fisiológicos da planta resulta no acréscimo da produtividade e qualidade do produto obtido; por outro lado, a deficiência nutricional limita o desenvolvimento da planta (Marschner, 1995; Malavolta *et al.*, 1997; Taiz & Zeiger, 2006).

Nas condições e tempo em que foi realizado o experimento, é possível concluir que a manifestação visual das deficiências nutricionais ocorreu na seguinte ordem: Ca<B<N<S<Mg<P. Durante o período de avaliação deste experimento não foram observados sintomas visuais da deficiência de potássio. Todos os tratamentos com omissão dos macronutrientes e do boro reduziram a MMS total das plantas; porém, a omissão de Ca, P, B, N e Mg limitou em maior proporção a produção de MMS total das plantas de coentro.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA TBF; PRADO RM; CORREIA MAR; PUGA AP; BARBOSA JC. 2011. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Biotemas* 24: 27-36.
- ALVES AU; PRADO RM; GONDIM ARO; FONSECA IM; CECÍLIO FILHO AB. 2008. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. *Horticultura Brasileira* 26: 292-295.
- AMARAL JFT; FONSECA AFA; MARTINEZ HEP; PEREIRA PR; FONTES PCR. 1999. Deficiência de macronutrientes, Fe e B em manjerição (*Ocimum* sp.), em cultivo hidropônico. *Revista Ceres* 265: 297-308.
- ANDRIOLO JL; BONINI JV; BOEMO MP. 2002. Acumulação de matéria seca e rendimento de frutos de morangueiro cultivado em substrato com diferentes soluções nutritivas. *Horticultura Brasileira* 20: 24-27.
- AVALHÃES CC; PRADO RM; CORREIA MAR; ROZANE DE; ROMUALDO LM. 2009. Avaliação do estado nutricional de plantas de couve-flor cultivadas em solução nutritiva suprimidas de macronutrientes. *Nucleus* 6: 253-255.
- BELVIS DG; LUKASZEWSKI KM. 1998. Boron in plant structure and function. *Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology* 49: 481-500.
- CARVALHO PGB; MACHADO CMM; MORETTI CL; FONSECA MEN. 2006. Hortaliças como alimentos funcionais. *Horticultura Brasileira* 24: 397-404.
- FERREIRA WR; RANAL MA; FILGUEIRA FAR. 2002. Fertilizantes e espaçamento entre plantas na produtividade da couve-da-Malásia. *Horticultura Brasileira* 20: 635-640.
- FLORES RA; ALMEIDA TBF; POLITI

- LS; PRADO RM; BARBOSA JC. 2012. Crescimento e desordem nutricional em pimenteira malagueta cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 7: 104-110.
- GRANGEIRO LC; OLIVEIRA F; NEGREIROS M; MARROCOS S; LUCENAR; OLIVEIRA R. 2011. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 6: 11-16.
- HU H; PENN SG; LEBRILLA CB; BROWN PH. 1997. Isolation and characterization of soluble boron complexes in higher plants. The mechanism of phloem mobility of boron. *Plant Physiology* 113: 649-55.
- JACKSON ML. 1965. *Soil chemical analysis*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 498p.
- JOHNSON CM; STOUT PR; BROYER TC; CARLTON AB. 1957. Comparative chlorine requirement of different plant species. *Plant and Soil* 8: 337-353.
- JONES JUNIOR JB; WOLF B; MILLS HA. 1991. *Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide*. Athens: Micro-Macro. 213p.
- KERTON M; NEWBURY HJ; HAND D; PRITCHARD J. 2009 Accumulation of calcium in the centre of leaves of coriander (*Coriandrum sativum* L.) is due to an uncoupling of water and ion transport. *Journal of Experimental Botany* 60: 227-235.
- LANGE A; MARTINES AM; SILVA MAC; SORREANO MCM; CABRAL CP; LUZ JMQ; ZORZAL FILHO A; RODRIGUES WL; RODRIGUES CR; QUEIROZ AA. 2009. Adubação de cobertura com nitrogênio, potássio e cálcio na produção comercial de cenoura. *Horticultura Brasileira* 27: 543-548.
- LUZ JMQ; ZORZAL FILHO A; RODRIGUES WL; QUEIROZ AA. 2009. Adubação de cobertura com nitrogênio, potássio e cálcio na produção comercial de cenoura. *Horticultura Brasileira* 27: 543-548.
- MALAVOLTA E; VITTI GC; OLIVEIRA SA. 1997. *Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafós. 308p.
- MARSCHNER H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic. 889p.
- MSAADAK; HOSNIK; TAARIT MB; CHAHED T; KCHOUK ME; MARZOUK B. 2007. Changes on essential oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits during three stages of maturity. *Food Chemistry* 102: 1131-1134.
- OGANESYAN ET; NERSESYAN ZM; PARKHOMENKO AY. 2007. Chemical composition of the above-ground part of *Coriandrum sativum*. *Pharmaceutical Chemistry Journal* 41: 149-153.
- OHSE S; DOURADO-NETO D; MANFRON PA; SANTOS OSS. 2001. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. *Scientia Agrícola* 58: 181-185.
- OLIVEIRA AP; ARAÚJO LR; MENDES JEMF; DANTAS JÚNIOR OR; SILVA MS. 2004. Resposta do coentro à adubação fosfatada em solo com baixo nível de fósforo. *Horticultura Brasileira* 22: 87-89.
- OLIVEIRA AP; PAIVA SOBRINHO S; BARBOSA JKA; RAMALHO CI; OLIVEIRA ALP. 2003. Rendimento de coentro cultivado com doses crescentes de N. *Horticultura Brasileira* 21: 81-83.
- OLIVEIRA AR; OLIVEIRA SA; GIORDANO LB; GOEDERT WJ. 2009. Absorção de nutrientes e resposta à adubação em linhagens de tomateiro. *Horticultura Brasileira* 27: 498-504.
- PEREIRA RS; MUNIZ MFB; NASCIMENTO WM. 2005. Aspectos relacionados à qualidade de sementes de coentro. *Horticultura Brasileira* 23: 703-706.
- PIZETTA LC; FERREIRA ME; CRUZ MCP; BARBOSA JC. 2005. Resposta de brócolis, couve-flor e repolho à adubação com boro em solo arenoso. *Horticultura Brasileira* 23: 51-56.
- PUGALAP; PRADORM; CORREIA MAR. 2010. Omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional da chicória cultivada em solução. *Revista Agrarian* 3: 56-62.
- SANTOS JHR; ALVES JMA. 1992. Biofenologia do coentro. *Acta Botanica Brasílica* 6: 73-78.
- SILVA EB; TANURE LPP; SANTOS SR; RESENDE JÚNIOR PS. 2009. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-manso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44: 392-397.
- TAIZ L; ZEIGER E. 2006. *Fisiologia Vegetal*. Artimed, 3 ed. 722p.
- UTUMI MM; MONNERAT PH; PEREIRA PRG; FONTES PCR; GODINHO VPC. 1999. Deficiência de macronutrientes em estêvia: sintomas visuais e efeitos no crescimento, composição química e produção de esteviosídeo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34: 1039-1043.
- ZONTA EP; MACHADO AA; SILVEIRA JÚNIOR P. 1984. *Sistema de análises estatísticas para microcomputadores (SANEST)*. Pelotas: UFPel, 151 p.