

## Crescimento e diagnose de deficiências nutricionais em *Physalis peruviana* L.<sup>1</sup>

Bruno Paulo Moschini<sup>2</sup>, Viviane Amaral Toletto Coelho<sup>3</sup>, Pedro Maranhã Peche<sup>4</sup>, Filipe Bittencourt Machado de Souza<sup>4</sup>, Givago Coutinho<sup>4</sup>, Caio Morais de Alcantra Barbosa<sup>5</sup>, Ana Izabella Freire<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Submetido em 08-10-2016 e aprovado em 30-10-2017

<sup>2</sup>Doutorando, Departamento de Ciência do Solo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP), Piracicaba-SP, CEP: 13400-970; E-mail: bruno\_moschini@hotmail.com

<sup>3</sup>Doutora, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG, CEP: 37200-000; E-mail: vivianeatc@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Doutor, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG, CEP: 37200-000; e-mail: pedmpeche@hotmail.com; fbmsouza@yahoo.com.br; givago\_agro@hotmail.com

<sup>5</sup>Doutorando, Departamento de Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP), Piracicaba-SP, CEP: 13400-970; E-mail: caio\_seven@yahoo.com.br

<sup>6</sup>Doutoranda, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, CEP: 36570-900; E-mail: anabellafr1987@yahoo.com.br

**Resumo** - O cultivo de *Physalis peruviana* L., popularmente conhecido como fisális, apresenta grande potencial econômico e está sendo aos poucos incorporado aos plantios do grupo de pequenas frutas no Brasil. Entretanto, ainda há necessidade de se aprimorar o manejo cultural, principalmente em questões relativas às necessidades nutricionais, bem o estabelecimento de parâmetros de diagnose visual de deficiência nutricional. Objetivou-se com este trabalho descrever os sintomas visuais de deficiências nutricionais, bem como avaliar o efeito da omissão de nutrientes no crescimento e nutrição mineral de fisális. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições e oito tratamentos, em solução nutritiva baseada em solução de Hoagland e Arnon com os seguintes tratamentos: omissões individuais de Ca, Mg, B, Zn, Mn, Fe e múltiplas de CaB e MgMn. Avaliou-se o número médio de folhas por planta (NF); altura (ALT); diâmetro do caule (DC); produção de matéria seca da parte aérea (PMPA), das raízes (PMR) e total (PMT); relação parte aérea/raízes (PA/R); o crescimento relativo da parte aérea e das raízes; bem como a diagnose visual. As deficiências dos nutrientes nas mudas de fisális se traduziram por sintomas típicos, com exceção da omissão do Zn que não manifestou nenhum sintoma de carência. As omissões de Fe e CaB foram as mais limitantes para o crescimento vegetativo dessa espécie.

**Palavras-chave:** Pequenos frutos; Solução nutritiva; Fisális.

## Nutritional deficiency and growth of *Physalis peruviana* L.

**Abstract** - The *Physalis peruviana* L. cultivation, popularly known as 'golden berry', has a great economic potential and is being gradually incorporated into the crops of the small fruits group in Brazil. However, there is still a need to improve management practices, especially in matters relating to the nutritional needs such as the establishment of visual diagnosis parameters of nutritional deficiencies, which would make it possible to achieve higher productivities. This study aimed to describe the visual symptoms of nutritional deficiencies and evaluate the effect of the omission of nutrients on the growth and nutrition of golden berry. The experiments were conducted in a greenhouse of the Department of Soil Science of the Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil. The experimental design was completely randomized with three replications and eight treatments in nutrient solution based on Hoagland and Arnon solution with the following treatments: individual omission of Ca, Mg, B, Zn, Mn, Fe and multiple omissions for CaB and MgMn. This study evaluated the number of leaves; plant height; stem diameter; dry matter weight of aerial parts; dry matter weight of roots; total dry matter weight; dry matter weight aerial:roots ratio; and the visual diagnosis of nutritional deficiencies. The observations of the nutritional deficiencies showed typical symptoms, with exception of the omission of Zn that did not show any deficiency symptom. The omissions of Fe and CaB were the most limiting for the vegetative growth of golden berry.

**Keywords:** Small fruits; Nutrient solution; Golden berry.

## 1 Introdução

As espécies do gênero *Physalis* spp., pertencentes à família Solanaceae, constituem um grupo de plantas anuais e perenes que são cultivadas para obtenção de frutos e para decoração. Os frutos de algumas espécies de fisális são comestíveis, têm tamanho similar ao tomate-cereja e são revestidos por um cálice concrecido. *Physalis peruviana* L., popularmente conhecido como fisális, é um cultivo de grande importância devido ao alto valor nutricional, sabor e potenciais benefícios para a saúde humana. Os frutos podem ser consumidos frescos ou utilizados para produção de geléias (EL-TOHAMY et al. 2009).

No Brasil, o fisális é comercializado como fruta exótica, sendo praticamente inexistente a produção em grande escala. Porém, os frutos de fisális tem grande aceitação pelos consumidores, apresentando um consumo equivalente ou até superior às demais culturas do segmento de pequenas frutas. Entretanto, sua popularidade é restrita ao centro-sul do Brasil. Nas demais regiões, a fruta é relativamente desconhecida. Apresenta valores interessantes do ponto de vista econômico, no entanto, os gastos com o cultivo são elevados, como por exemplo, elevada demanda por mão-de-obra, tempo investido, impostos, embalagem e rotulagem, logística e transporte (MUNIZ; MOLINA; MUNIZ, 2015).

No Brasil, os aspectos técnicos para recomendação de adubação no cultivo do fisális são escassos. Recomendações estas, são realizadas com base em resultados de pesquisa de outras regiões ou, através das indicações para o cultivo do tomateiro (IANCKIEVICZL et al. 2013). Desta forma, os aspectos nutricionais desta planta devem ser mais bem estudados, quantificando assim suas exigências e consequentemente seu crescimento, tornando-se viável determinar o momento mais adequado para iniciar o cultivo, a adubação e os tratamentos culturais, obtendo-se melhores colheitas de frutos.

Uma ferramenta relevante para o manejo adequado das culturas é avaliação do estado nutricional das plantas. Dentre as formas de avaliação do estado nutricional destaca-se a diagnose visual. Essa diagnose consiste em comparar o aspecto da amostra com o aspecto apresentado por um padrão predeterminado (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

A diagnose visual baseia-se em sinais característicos apresentados pelas plantas, sinais estes normalmente observados nas folhas, denominados sintomas. Os sintomas podem caracterizar deficiência ou excesso de determinado nutriente, sintomas estes que diferem dependendo da espécie. Desta maneira, a descrição visual utilizando-se fotografias coloridas, é uma ferramenta de diagnose relevante (CARVALHO, 2001).

Este estudo objetivou avaliar o desenvolvimento vegetativo, bem como caracterizar sintomas de deficiência nutricional e foliar de fisális cultivadas em solução sob omissão de nutrientes.

## 2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solos da Universidade Federal de Lavras, em Lavras-MG, entre fevereiro e agosto de 2013. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwb, mesotérmico ou tropical de altitude, com inverno seco e verão chuvoso, conforme descrito por Souza et al. (2013).

As plantas de fisális utilizadas, foram propagadas via sementes e a germinação ocorreu em bandeja de polietileno expandido de 128 células preenchidas com vermiculita, em condições de telado com sombrite de 50% por um período de 15 dias. Após a germinação e terem atingido tamanho de aproximadamente 10 cm, as mudas foram transferidas para a solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon (1950), com 10% da sua força iônica para aclimatização por 14 dias. Posteriormente, aumentou-se para 100% durante a condução do experimento, as quais permaneceram com aeração constante até o final do período de condução experimental (45 dias).

Após o período de adaptação, ocorreu a individualização das plantas em vasos de cinco litros, aplicando-se os tratamentos sob a técnica do elemento faltante. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, compostas por três vasos com uma planta cada e oito tratamentos: solução de Hoagland e Arnon completa (controle) e com omissões individuais de Cálcio (-Ca), Magnésio (-Mg), Boro (-B), Ferro (-Fe), Manganês (-Mn) e Zinco (-Zn) e,

com omissões múltiplas de Cálcio e Boro (-CaB) e Magnésio e Manganês (-MgMn).

As soluções estoque dos nutrientes foram preparadas com água destilada e reagentes puros (P.A.) e as soluções nutritivas foram preparadas com água deionizada, onde foi completado o volume dos vasos, quando necessário, com a mesma água deionizada. No decorrer do experimento, foram realizadas avaliações visuais para diagnosticar a deficiência de nutrientes e, após a manifestação dos sintomas visuais de deficiência, as plantas dos tratamentos foram colhidas, visando, reduzir perdas de material para análise. Por ocasião da colheita, as plantas foram avaliadas quanto à altura, ao diâmetro e número de folhas. Em seguida, as plantas foram separadas em parte aérea e raízes.

Para a definição da massa de matéria seca da parte aérea e raízes, foram fracionados e separados o sistema radicular e a parte aérea de cada planta, preservando esses fragmentos em sacos de papel, mantidos em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 horas. Na sequência, foi realizada a moagem do material vegetal em moinho tipo Willey, com peneira de 20 mesh, para as determinações da composição mineral (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

O cálculo da relação parte área: raízes (PA/R) foi executado pela divisão da massa da parte aérea, folhas e caules, pela massa das raízes. Através do método de produção relativa ou porcentagem de suficiência, obteve-se o efeito relativo, que segundo Raij (1991), pode ser adaptado para definição do crescimento relativo (CR), pela fórmula:  $CR = (\text{Tratamento com nutriente omitido} / \text{Tratamento completo}) \times 100$ .

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott & Knott ( $p \leq 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas com o software Sisvar (FERREIRA, 2011).

### 3 Resultados e Discussão

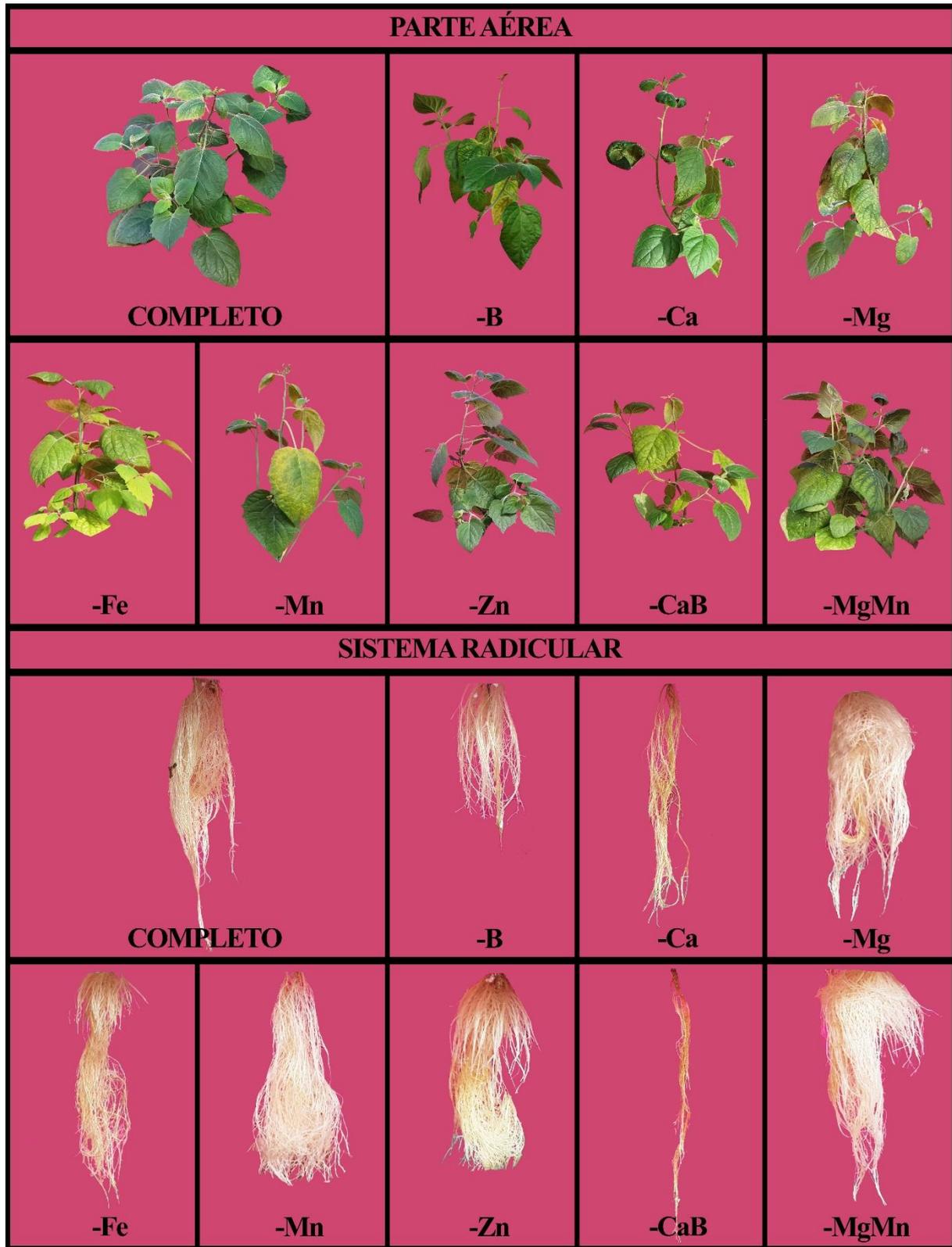
#### 3.1 Alterações morfológicas decorrentes da falta de nutrientes

As plantas de fisális sob omissão de B apresentaram folhas novas verde-intenso, reduzidas com deformações e engrossamento do limbo foliar e morte da gema apical (Figura 1). Os resultados corroboram com Souza et al. (2015),

que observou na omissão de B brotações laterais e morte prematura do meristema apical, além de clorose em folhas novas e seu encarquilhamento, na parte superior da folha, em amoreira-preta (*Rubus* spp.). Em relação ao B, sua principal função está relacionada às estruturas primárias da parede celular, mais especificamente na síntese de pectina, celulose e lignina (MORAES et al. 2002). Malavolta; Vitti; Oliveira (1997) relataram que a deficiência de boro afeta negativamente a ação e o transporte dos reguladores de crescimento, além de causar distúrbios no desenvolvimento da planta.

A omissão de Ca provocou irregularidades nítidas nas folhas mais novas. Apresentando encurvamento para baixo, com clorose seguida por necrose nas pontas das folhas. As plantas com deficiência de Ca também apresentaram raízes menos desenvolvidas e mais espessas, com poucas raízes laterais e de coloração escura. A carência de cálcio caracteriza-se pelo baixo crescimento de tecidos meristemáticos, observando-se primeiro nas extremidades em crescimento e em folhas jovens. Características de sintomas de deficiência de cálcio podem incluir a necrose de meristemas jovens, como ponta de raízes ou folhas jovens, onde a divisão celular é mais rápida (MACHADO et al., 2014). As regiões da planta de maior expansão celular foram as mais afetadas pela deficiência de cálcio devido à baixa translocação deste nutriente na planta, de maneira que o aparecimento dos sintomas ocorreu em zonas de crescimento (FAQUIN, 2005).

Ao contrário do que ocorre com o Ca e semelhante ao K, o Mg é móvel no floema, por isso, os sintomas manifestam-se primeiro nas folhas mais velhas. Os sintomas observados foram semelhantes aos descritos por Martinez et al. (2009) estudando sintomas de deficiência de macronutrientes em fisális. A função mais conhecida do Mg é compor a molécula de clorofila (VITTI; LIMA; CICARONE, 2006). Assim, a deficiência de Mg reduz a taxa fotossintética, provocando clorose, seguida do bronzeamento das folhas velhas. Segundo Taiz e Zeiger (2009), esse padrão de clorose ocorre porque a clorofila nos feixes vasculares mantém-se inalterada por períodos mais longos do que a clorofila nas células entre os feixes, e se a deficiência é intensa, as folhas podem tornar-se amareladas ou brancas, seguidas de necrose.



**Figura 1** Sintomatologia das deficiências nutricionais em parte aérea e sistema radicular (raízes) de plantas de fisális mantidas em solução nutritivas completas e com omissões de B, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, CaB e MgMn.

A omissão de Fe nas plantas apresentaram redução do porte vegetal tanto da parte aérea quanto do sistema radicular em relação ao

tratamento controle e duração drástica no número de folhas. Em um primeiro momento, verifica-se sobre a superfície das folhas mais novas um tom

amarelado, ainda sim a coloração verde manteve-se nas nervuras, estes sintomas são parecidos aos observados por Lange et al. (2005). De acordo com Raij (1991), na planta em desenvolvimento e na adulta, entretanto, não ocorre redistribuição do Fe, causando um amarelecimento da lâmina foliar, enquanto podem manter-se verdes as nervuras por algum tempo, destacando-se como um reticulado muito fino. Em casos extremos, as folhas podem apresentar coloração próxima ao branco.

As folhas mais novas do tratamento com omissão de Mn apresentaram necrose nas pontas das folhas e clorose internerval com aparência de reticulado grosso, ou seja, as nervuras e áreas adjacentes tornaram-se verde-escuras, enquanto o restante do limbo foliar apresentava-se amarelado, estes sintomas são semelhantes aos apresentados por Lange et al. (2005), em mamoneiro cultivar 'Iris'. Um distúrbio na estrutura do cloroplasto, é uma possível causa de sintomas de clorose, como consequência da inibição na síntese de lipídios (ROMHELD, 2001). Hocking e colaboradores (1977), concluem que o sintoma típico de deficiência é a clorose internerval em folhas jovens, pois o manganês é pouco móvel na planta. Rosolem e Bastos (1997) notaram clorose marginal em folhas jovens de algodoeiro, que apresentavam aparência enrugada e limbo com bordas voltadas para baixo.

Na deficiência de MgMn ocorreu clorose internerval com aparência de retículo grosso, clorose seguida de bronzeamento das folhas velhas e o sistema radicular pouco afetado. Os resultados corroboram com Pinho (2007), em plantas de bananeira ornamental em solução nutritiva sob omissão conjunta de MgMn, inicialmente observaram sintomas visuais típicos da carência de Mg e o crescimento também não foi afetado devido a omissão conjunta desses nutrientes.

A omissão de CaB as folhas novas apresentaram cor verde-pálidas e recurvadas para baixo, reduzidas com deformações. Além disso, as raízes mostraram-se menos desenvolvidas e mais espessas, com poucas raízes laterais e de coloração escura. De acordo com Petrazzini et al. (2014), a falta simultânea de Ca e B em alface também mostrou crescimento mais lento em relação ao controle, juntamente com várias

anormalidades morfológicas nas folhas. Na primeira, as folhas mais jovens mostraram clorose nas fronteiras (típicos de deficiência Ca), que evoluiu para necrose com o progresso da escassez. Deficiência B levou à morte precoce de gemas apicais, espessamento das folhas e as pontas de raízes necróticas levando, portanto, a interrupção do crescimento radicular.

Sob omissões de Zn não manifestaram sintomas característicos de deficiência, o que pode ser explicado pelo fato de que no período de adaptação (em que são fornecidos todos os nutrientes) as plantas podem ter adquirido concentrações adequadas para o seu pleno desenvolvimento, visto que esses micronutrientes são necessários em pequenas quantidades. Outra explicação é a de que as plantas de fisális podem apresentar menor exigência desse nutriente, sendo que, as concentrações mais baixas podem ser suficientes para o desenvolvimento da planta.

O crescimento em altura, diâmetro do caule, produção de folhas, acúmulo de matéria seca na parte aérea, nas raízes, produção total de biomassa seca e relação entre massa seca da parte aérea e raízes de fisális foram afetados ( $p < 0,05$ ) pelas omissões de B, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, CaB e MgMn (Tabela 1).

Em relação ao número de folhas, os maiores valores foram obtidos para as plantas com deficiência de Zn, sendo superior ao tratamento completo, enquanto que os menores valores foram verificados nas plantas com deficiência de Fe, CaB e Mn, sendo inferiores em 54, 36 e 24%, respectivamente, ao controle. Na análise dos parâmetros de desenvolvimento vegetativo, os maiores valores de altura nas plantas dos tratamentos foram para as omissões de Mg, MgMn, Zn e Ca, enquanto os menores foram atribuídos aos tratamentos -Fe e -CaB, com 33,33 e 36,67% inferiores ao completo. As plantas com carência de Fe, CaB e Ca foram as que apresentaram os menores diâmetros do caule, representando 52,36, 39,43 e 26,31% inferiores ao controle. Assim sendo, verifica-se que os nutrientes que mais limitaram o crescimento do fisális foram as omissões de Fe e CaB, portanto este fato ressalta a importância da prática do uso destes nutrientes durante a adubação, pois, na ausência de um desses nutrientes podem comprometer o desenvolvimento da planta de fisális.

**Tabela 1** Média do número de folhas (NF), altura (ALT), em centímetros, diâmetro do caule (DC), em centímetros, produção de matéria seca da parte aérea (PMPA), em gramas, produção de matéria seca das raízes (PMR), em gramas, produção de matéria seca total (PMT), em gramas e relação matéria seca parte aérea/raízes (PA/R) de plantas fisális submetidas a deficiências nutricionais.

Tratamentos	NF	ALT	DC	PMPA	PMR	PMT	PA/R
Completo	50b	37,5b	0,76a	11,0b	2,3b	13,3b	4,78
-Ca	49b	41,0a	0,56b	7,1c	1,7b	8,8c	4,18
-Mg	51b	47,0a	0,70a	17,1a	3,6a	20,7a	4,75
-B	63b	33,5b	0,70a	8,5c	2,1b	10,7c	4,05
-Fe	23c	25,0c	0,36b	1,4d	0,6c	2,0d	2,33
-Mn	38c	35,3b	0,70a	7,9c	2,1b	10,1c	3,76
-Zn	80a	46,0a	0,70a	17,3a	3,2a	20,6a	5,41
-CaB	32c	26,0c	0,46b	3,2d	1,1c	4,3d	2,91
-MgMn	60b	47,0a	0,76a	13,8b	3,9a	17,7a	3,54
CV (%)	23,00	10,82	12,85	18,19	16,75	17,71	

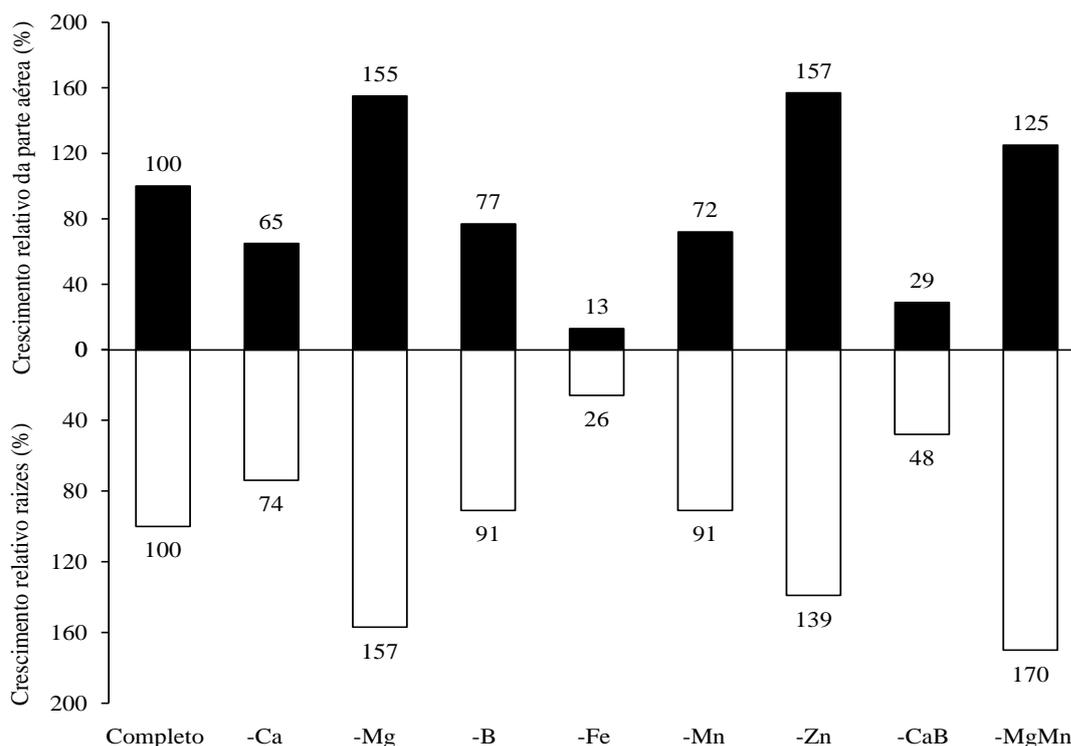
\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott & Knott a 5%.

De acordo com os dados de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, os maiores valores foram obtidos para omissões de Zn, Mg e MgMn, sendo superiores ao tratamento completo, enquanto que os menores valores foram observados para Fe e CaB. Os mesmos resultados foram atribuídos para matéria seca total (MST), assim é notório que as omissões de Fe e CaB foram as que mais limitaram a produção de biomassa nesta espécie. O ferro é um elemento essencial e a sua ausência prejudica no crescimento e desenvolvimento das plantas (BRIAT; DUBOS; GAYMARD, 2015), essencialidade está ligada ao processo fotossintético e biossíntese da clorofila (JEONG; CONNOLLY, 2009). Já, o boro é um elemento essencial para a formação de tecidos meristemáticos radiculares e caulinares (DE SOUZA et. al., 2010), ou seja, na falta de boro o crescimento e desenvolvimento radicular e caulinar paralisam. A ausência de cálcio prejudica o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois este elemento encontra-se no processo fotossintético, na divisão celular, nos movimentos citoplasmáticos e no aumento do volume celular (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

As maiores relações PA/R foram sob omissão de Zn e Mg com 5,41 e 4,75, respectivamente, enquanto que os menores valores encontrado foram com a omissão de Fe (2,33) e CaB (2,91). Segundo Moretti et al.

(2011), a relação PA/R é menor, em ambientes com baixa fertilidade natural, pois a planta aumenta o volume de solo explorado como forma de maximizar a retirada de nutrientes nessas condições, assim, quando a relação PA/R maior do que 1, demonstra que existe diferença entre as espécies em explorar o solo na busca por nutrientes, em dados encontrados por Locatelli; Macêdo; Vieira (2007) para o cedro rosa, corroboram com estes resultados.

Na Figura 2, é apresentado o crescimento relativo (CR) em produção de matéria seca, sendo o tratamento completo a referência. Verifica-se que os tratamentos com omissão de Mg, Zn e MgMn foram semelhantes e superiores ao tratamento completo tanto para MSPA quanto MSSR. Provavelmente, a não-exteriorização de efeitos deletérios sobre a produção de matéria seca, em função da omissão de fósforo observado neste trabalho, se deva às quantidades absorvidas desse nutriente durante a fase de aclimação das plantas na solução nutritiva. A omissão dos demais nutrientes afetou a produção de MSPA e MSSR das plantas de fisális, sendo mais acentuadas as omissões de Fe e CaB, sendo inferiores em 73,91 e 52,17% (sistema radicular) e 87,27 e 70,91% (parte aérea) em relação ao controle. Portanto, a sequência do crescimento relativo (CR) nas plantas de fisális estudadas foram em ordem decrescente: Mg > Zn > MgMn > Controle > B > Mn > Ca > CaB > Fe.



**Figura 2** Crescimento relativo em matéria seca da parte aérea (MSPA), e do sistema radicular (MSSR), de plantas de fisalis, submetidas ao tratamento de elemento faltante de Ca, Mg, B, Fe, Mn, Zn, CaB, MgMn e completo.

#### 4 Conclusão

As deficiências dos nutrientes nas mudas de fisalis se traduziram por sintomas típicos e alterações morfológicas, com exceção da omissão do Zn que não manifestou nenhum sintoma de carência.

As omissões de Fe e CaB foram as mais limitantes para o crescimento vegetativo dessa espécie.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) o apoio financeiro para a condução dessa pesquisa.

#### Referências

- BRIAT, J. F.; DUBOS, C.; GAYMARD, F. Iron nutrition, biomass production, and plant product quality. **Trends in Plant Science**, v. 20, n. 1, p. 33–40, 2015.
- CARVALHO, G. C. et al. **Diagnose da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 95 p.

DE SOUZA, R. R., et al. Doses de boro no desenvolvimento de copo-de-leite em solução nutritiva. **Ciênc. Agrotecnol.** v.34, n. 6, p. 1396-1403, 2010.

EL-TOHAMY W. A et al. Response of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) to nitrogen application under sandy soil conditions. **Gesunde Pflanzen**, v. 61, p. 123–127, 2009.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FERREIRA, D.F. **SISVAR software: versão 5.1**. Lavras: DEX/UFLA, 2011. Software.

HOCKING, P.J. et al. Mn nutrition of *Lupinus* spp. especially in relation to developing seeds. **Annals of Botany**, v. 41, n. 4, p.677-688, 1977.

IANCKIEVICZL, A. et al. Produção e desenvolvimento da cultura de *Physalis* L. submetida a diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva. **Ciência Rural**, v. 43, n. 3, p. 438-444, 2013.

JEONG, J.; CONNOLLY, E. L. Iron uptake mechanisms in plants: Functions of the FRO family of ferric reductases. **Plant Science**, v. 176, p. 709-714, 2009.

- LANGE, A. et al. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 1, p. 61- 67, 2005.
- LOCATELLI, M.; MACÊDO, R.S.; VIEIRA, A.H. Avaliação de altura e diâmetro de mudas de Cedro Rosa (*Cedrela odorata* L.) submetidas a diferentes deficiências nutricionais. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 645-647, 2007.
- MACHADO, M. P. et al. Influence of calcium content of tissue on hyperhydricity and shoot-tip necrosis of in vitro regenerated shoots of *Lavandula angustifolia* Mill. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 57, n. 5, p. 636-643, 2014.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª Ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARTINEZ, E.M. et. al. Síntomas de deficiencia de Macronutrientes y boro em plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Agronomía Colombiana**, v. 27, n. 2, p. 169-178, 2009.
- MORAES, L. A. C. et al. Relação entre flexibilidade do caule de seringueira e a carência de boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 10, p. 1431-1436, 2002.
- MORETTI, B. S. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Cerne**, v.17, n. 4, p. 453-463, 2011.
- MUNIZ, J.; MOLINA A. R.; MUNIZ, J. *Physalis*: Panorama produtivo e econômico no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n.2, capa, 2015.
- PETRAZZINI, L. L et al. Nutritional deficiency in crisphead lettuce grown in hydroponics. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 310-313, 2014.
- PINHO, P.J. de. **Deficiências nutricionais em bananeira ornamental (Musa velutina H. Wendl. & Drude): alterações químicas e morfológicas e caracterização de sintomas visuais**. 2007. 147p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres Potafos, 1991. 343 p.
- ROMHELD, V. Aspectos fisiológicos dos sintomas de deficiência e toxicidade de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M. E. et al. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 71-85.
- ROSOLEM, C. A.; BASTOS, G. B. Deficiências minerais no cultivar de algodão IAC-22. **Bragantia**, v. 56, n. 2, p. 377-387, 1997.
- Souza, F. B. M. et al. Produção e qualidade dos frutos de cultivares e seleções de pessegueiro na Serra da Mantiqueira. **Bragantia**, v.72, n.2, 133-139, 2013.
- SOUZA, F. B. M. et al. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes, boro e ferro e composição mineral de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 241-248, 2015.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 719 p.
- VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 299-325.