

Composição mineral e sintomas visuais de deficiências de nutrientes em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.)

Ismael de Jesus Matos VIÉGAS¹, Gizele Odete de SOUSA¹, Adélia Fernandes da SILVA¹, Janice Guedes de CARVALHO², Martinha Moura LIMA¹

RESUMO

A pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) é uma das principais fontes alternativas para a produção de safrol empregado como matéria prima na fabricação de inseticidas naturais e aromatizantes. O objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito da omissão dos macronutrientes e micronutrientes, sobre a composição mineral de plantas de pimenta-longa, e caracterizar os sintomas de deficiências decorrentes dessa limitação, utilizando-se da técnica do elemento faltante. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com quatro repetições e doze tratamentos, completo e omissão individual de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn em delineamento inteiramente ao acaso. Os valores dos teores foliares nos tratamentos com omissão dos nutrientes foram inferiores àqueles obtidos no tratamento completo. As omissões individuais dos nutrientes promoveram alterações na composição mineral de macro e micronutrientes. Os teores de macronutrientes (g kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}) obtidos nas folhas sem (completo) e com sintomas de deficiências (omissões) foram, respectivamente: N = 18,32; P = 7,02; K = 22,17; Ca = 15,75; Mg = 8,25; S = 5,12; B = 42,25; Fe = 325,00; Mn = 100; Zn = 61,50, com deficiência: N = 8,98; P = 2,52; K = 8,57; Ca = 10,20; Mg = 1,85; S = 0,90; B = 15,50; Fe = 234,00; Mn = 55; Zn = 53.

PALAVRAS CHAVE: nutrição de plantas, sintomas de deficiência, piperácea.

Mineral composition and visual symptoms of nutrients deficiencies in long pepper plants (*Piper hispidinervum* C. DC.)

ABSTRACT

The long pepper (*Piper hispidinervum* C. DC.) is one of the main alternative sources for the production of safrol used as raw material in the manufacture of insecticides and natural flavoring. The objective of this research was to evaluate the effect of omission macronutrients and micronutrients, on the mineral composition of long pepper plants, and featuring the symptoms of deficiencies resulting from this limitation, using the missing element technique. The experiment was conducted in a greenhouse, with four replicates and twelve treatments, complete and individual omission of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn in a completely randomized design. Foliar levels in treatments with the omission of nutrients were lower than those obtained in the complete treatment. The omission of individual nutrients promotes changes in the mineral composition of macro and micronutrients. The levels of macronutrients (g kg^{-1}) and micronutrients (mg kg^{-1}) achieved in the leaves without (complete) and with symptoms of deficiencies (omissions) were, respectively: N = 18,32; P = 7,02; K = 22,17; Ca = 15,75; Mg = 8,25; S = 5,12; B = 42,25; Fe = 325,00; Mn = 100; Zn = 61,50, with deficiencies: N = 8,98; P = 2,52; K = 8,57; Ca = 10,20; Mg = 1,85; S = 0,90; B = 15,50; Fe = 234,00; Mn = 55; Zn = 53.

KEYWORDS: mineral nutrition, deficiency symptoms, piperaceae.

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: ismael.viegas@ufrpa.edu.com; gizelesousa@ig.com.br; mariposaad@hotmail.com; tinha_7@hotmail.com.

² Universidade Federal de Lavras. E-mail: jgc@ufla.com.br.

INTRODUÇÃO

A Amazônia Brasileira é um reservatório rico em espécies vegetais, pouco pesquisada e explorada economicamente. Dentre estas, destaca-se a pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.), que ocorre no Estado do Acre e se desenvolve normalmente em áreas de pousio, que por conter óleos essenciais para a produção de safrol, não possui processo de exploração destrutiva, como acontece com outras espécies produtoras desse óleo essencial, onde o estabelecimento de um sistema de produção é de fundamental importância. A pimenta-longa possui em suas folhas teores que variam de 90 a 94% do óleo essencial safrol (Santiago *et al.* 2001).

De modo geral, estudos sobre nutrição e adubação de plantas produtoras de óleo de origem amazônica e de interesse econômico, ainda são bastante incipientes, sendo poucas as informações sobre exigências nutricionais das espécies da região, como é o caso da pimenta-longa. Na literatura são encontrados trabalhos desenvolvidos por Brasil e Viégas (1998), que avaliaram o efeito da adubação mineral na produção de matéria seca de pimenta-longa, e Sousa *et al.* (2001), que estudaram o efeito da adubação e do calcário na produção de matéria seca e de óleo essencial de pimenta-longa. Nesse contexto, há necessidade de pesquisas, em várias áreas, visando compor um sistema de produção sustentável para o cultivo de pimenta-longa, dentre as quais as de fertilidade e nutrição de plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da limitação dos macro e micronutrientes, sobre a composição mineral de plantas de pimenta-longa e caracterizar os sintomas de deficiências decorrentes dessa limitação, baseando-se na técnica do elemento faltante, sob condições de casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém-PA, com sementes de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.), provenientes do Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre.

A semeadura ocorreu em bandejas, contendo mistura de terra preta e serragem na proporção de 1:1, com germinação 10 dias após a semeadura.

Quando as plantas estavam com quatro folhas maduras expandidas (aproximadamente 10 cm de comprimento) ou 60 dias de idade, foram selecionadas e transplantadas, colocando-se uma muda por vaso, com capacidade para 3 litros. Foi utilizado como substrato o quartzo moído, e as plantas foram irrigadas diariamente com solução nutritiva de Bolle-Jones (1954), Tabela 1, utilizando sais PA (para análise), modificada para a concentração de 0,5 M para 1 M para o K_2SO_4 e de 1 M para 0,5 M para o $Mg(NO_3)_2$, na proporção de 1:10, com

água destilada, durante 30 dias, transcorridos mais 25 dias, a solução nutritiva foi substituída para a proporção de 1:5. Aos 60 dias após o plantio, iniciaram-se os tratamentos com solução nutritiva na proporção de 1:1 (carga total), a qual era drenada no fim da tarde, sendo renovada quinzenalmente, tendo-se o cuidado de verificar diariamente o nível da solução nos frascos coletores, completando-se o volume para um litro, pela adição de água destilada, ocasião em que era procedida a determinação do pH, onde o mesmo era mantido em torno de 5,5.

Os tratamentos utilizados no experimento foram os seguintes: Completo, -N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S, -B, -Cu, -Fe, -Mn e -Zn.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com 12 tratamentos e quatro repetições.

A evolução dos sintomas de deficiências dos nutrientes foi acompanhada e descrita desde seu início até sua definição, sendo fotografadas. As plantas de cada tratamento foram coletadas à medida que os sintomas visuais se definiram. Estas foram divididas em folhas, caules e raízes, lavadas em água destilada e colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C, até obtenção de peso constante. Posteriormente, foi procedida a moagem do material em moinho Willey de peneira de 20 mesh, para posterior análise química das amostras.

Foram realizadas as determinações analíticas dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco nas folhas. O N foi determinado após digestão sulfúrica, pelo método de Kjeldahl. O P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn através da digestão nitro-perclórica; sendo P dosado por colorimetria do molibdato-vanadato; K por fotometria de chama; Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica; S por turbidimetria; Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; e B por colorimetria (Azometina-H).

Os dados obtidos de teor foliar foram submetidos à análise de variância através do programa Assisat, e as médias dos tratamentos com omissão dos nutrientes foram comparadas com o tratamento completo utilizando-se o teste bilateral de Dunnett, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas de deficiências de nutrientes

Nitrogênio

Os primeiros sintomas de deficiência a se manifestarem foram os de nitrogênio, 13 dias após o início dos tratamentos, indicando ser esse nutriente, limitante para a pimenta-longa. Os sintomas iniciais surgiram nas folhas mais velhas com coloração verde-amarelada, seguida por clorose generalizada e evoluindo para necrose (Figura 1). Veloso e Muraoka

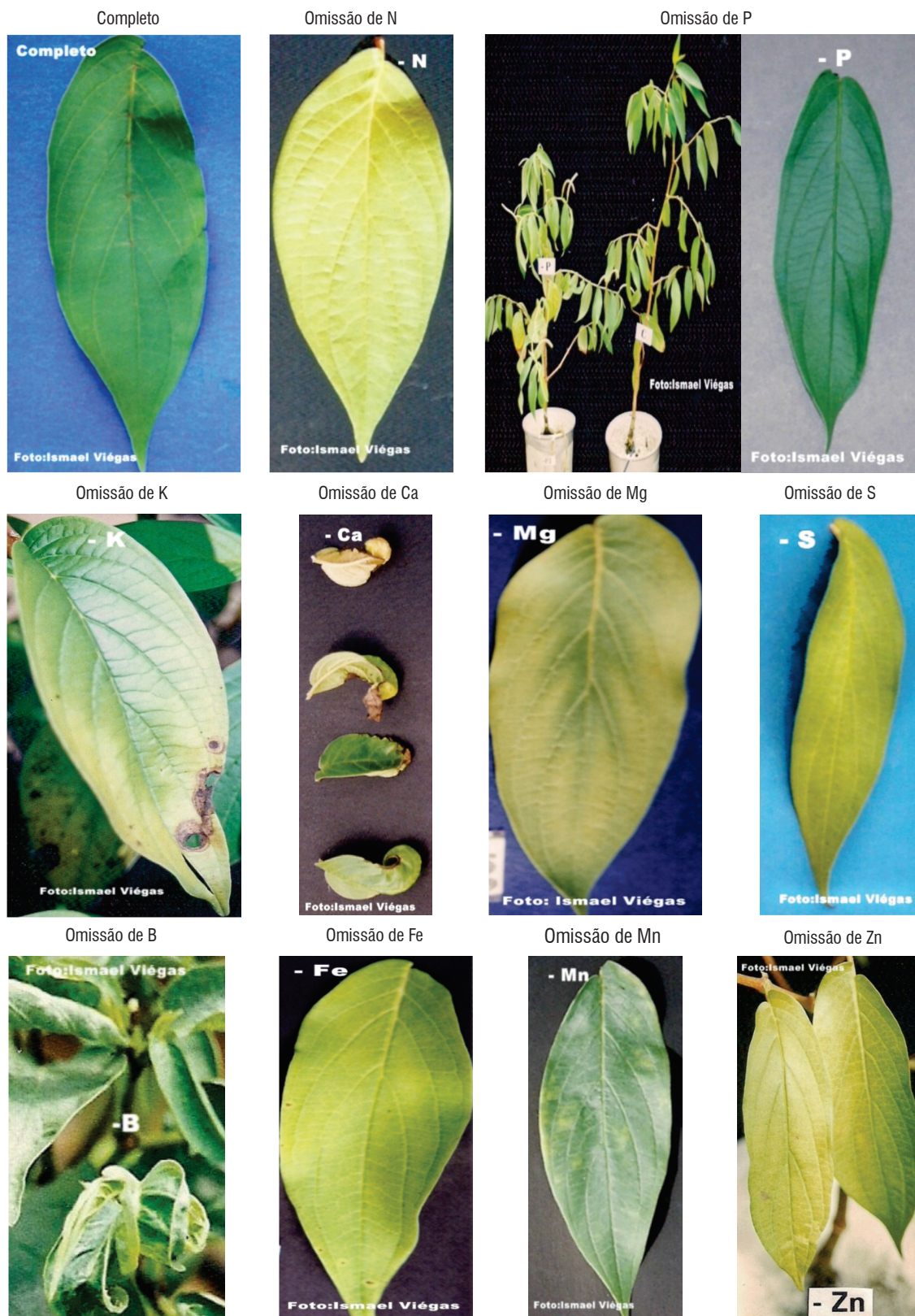


Figura 1 - Sintomas de deficiência nutricional em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) submetidas aos tratamentos em solução nutritiva completa e com omissão de macro e micronutrientes.

Tabela 1- Composição química das soluções nutritivas estoques, em molar (M), e dos tratamentos, em mL.L⁻¹, utilizadas no experimento (Bolle-Jones, 1954).

Solução Estoque	Concentração (M)	Tratamentos (mL.L ⁻¹)						
		Completa	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S
NaH ₂ PO ₄	1	1	1	-	1	1	1	1
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	1	2	-	2	2	-	2	2
KNO ₃	1	1	-	1	-	1	3	1
K ₂ SO ₄	1	2	2	2	-	2	3	1
MgSO ₄	0,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	1	1,5	-	1,5	2	2,5	2	-
CaSO ₄ .2H ₂ O	0,01	-	200	-	-	-	-	-
KH ₂ PO ₄	1	-	1	-	-	-	1	1
Mg(NO ₃) ₂	0,5	-	-	-	-	-	-	2,5
NaNO ₃	1	-	-	1	-	-	-	-
Sol.A*	-	1	1	1	1	1	1	1
Sol.Fe-EDTA**	-	1	1	1	1	1	1	1

*Composição química da solução A: 412 mg de H₃BO₃; 1750 mg de MnSO₄; 250 mg de CuSO₄.5H₂O; 43,1 mg de MoO₃; 287 mg de ZnSO₄.7H₂O, por litro de solução.

**Composição química da solução de Fe-EDTA: 26,1 g de Na₂-EDTA, 89,2 mL de NaOH N; 24 g de FeSO₄.7H₂O, por litro de solução.

(1993) descrevem sintomas semelhantes em plantas de pimenta-do-reino, assim como Maffei *et al.* (2000) em *Eucalyptus citriodora*, Gonçalves *et al.* (2006), em mudas de umbuzeiro, Silva *et al.* (2009), em plantas de pinhão-mansão, e Benedetti *et al.* (2009), em plantas de espinheira-santa. A coloração amarelada das folhas está associada com a menor produção de clorofila e com modificações na forma e na degradação de cloroplastos (Epstein e Bloom 2006; Malavolta 2006). Importância do nitrogênio para pimenta-longa foi constatada por Brasil e Viégas (1998), ao verificarem aumento na produção de matéria seca, com a aplicação deste macronutriente na presença de fósforo e potássio.

Fósforo

Para o fósforo, os sintomas de deficiências surgiram nas folhas mais velhas, aos 85 dias, com coloração verde-escura e brilhosa, quando comparadas com as do tratamento completo (Figura 1). Esses sintomas de deficiência de fósforo em pimenta-longa são semelhantes aos descritos por Veloso e Muraoka (1993), em plantas de pimenta-do-reino, Lavres Júnior *et al.* (2005), em mamona cultivar Íris, e por Silva *et al.* (2011), em plantas de nim.

Plantas com deficiência em fósforo têm o crescimento retardado, por serem afetados por processos como síntese protéica, ácidos nucléicos, atraso no florescimento e crescimento, gemas laterais dormentes, número reduzido de frutos e sementes, ou seja, com a deficiência de fósforo há redução dos compostos armazenadores de alta energia, como o ATP (Trifosfato de Adenosina). É através da utilização dessa energia, que a semente germina, a planta efetua a fotossíntese, absorve de forma ativa os nutrientes do solo e sintetiza vários compostos orgânicos (Viégas *et al.* 2011). O elemento está envolvido em funções essenciais do metabolismo celular,

atuando na síntese de metabólitos e moléculas complexas como o DNA, RNA e fosfolipídeos, na cadeia de transporte de elétrons, reações redoxes promovendo a regulação da taxa de diversas reações enzimáticas e processos metabólicos, como respiração e fotossíntese.

Sousa *et al.* (2001), estudando a adubação NPK em pimenta-longa concluiu ser fósforo o nutriente de efeito mais pronunciado em aumentar a produção de matéria seca de ramos e folhas, uma evidência de sua importância para essa espécie.

Potássio

Aos 45 dias de início dos tratamentos, surgiram os primeiros sinais de deficiência de potássio, caracterizando-se, inicialmente, por uma clorose ao longo das bordas das folhas mais velhas, expandindo-se em direção à nervura central; com a intensidade da deficiência, toda a lâmina foliar ficou clorótica, surgindo, posteriormente, necrose em bordas e ápices das folhas (Figura 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Maffei *et al.* (2000), em plantas de *Eucalyptus citriodora*, Sarcinelli *et al.* (2004), em mudas de *Acacia holosericea*, Wallau *et al.* (2008a), em mudas de mogno, e Silva *et al.* (2009), em plantas de pinhão-mansão. Segundo Epstein e Bloom (2006), em plantas com deficiência em potássio, os compostos nitrogenados solúveis, inclusive as aminas putrescinas e agmatina, muitas vezes, se acumulam, sendo esta última, provavelmente, responsável pelas manchas necróticas que aparecem nas folhas deficientes nesse nutriente.

Cálcio

Os sintomas de deficiência de cálcio em pimenta-longa surgiram aos 53 dias, após iniciados os tratamentos, ocorrendo redução drástica em crescimento das plantas e número

de folhas e queima da gema apical; as folhas mais jovens apresentaram-se deformadas, enroladas para a face inferior, à semelhança de “gancho” e ápices necrosados (Figura 1). Lavres Júnior *et al.* (2005), trabalhando com mamona, cultivar Íris, Camargos *et al.* (2002), em mudas de castanheira-do-brasil, e Silveira *et al.* (2002), com clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, observaram sintomas de deficiência de cálcio em folhas mais novas, com necrose no ápice foliar, sendo similares aos sinais obtidos nesta pesquisa com pimenta-longa. Epstein e Bloom (2006) afirmam que folhas e tecidos jovens desenvolvem sintomas de deficiências, porque o cálcio não é remobilizado na planta e que a deficiência de cálcio pode causar um aspecto gelatinoso nas pontas das folhas e nos pontos de crescimento, o que se deve à necessidade de pectato de cálcio para formação da parede celular.

Magnésio

Os sintomas de deficiência de magnésio foram caracterizados por clorose entre as nervuras secundárias das folhas mais velhas e necrose no ápice foliar (Figura 1), observados 53 dias após iniciados os tratamentos. Com a severidade da deficiência, ocorreu intensa queda de folhas, redução no crescimento da planta, em comparação ao tratamento completo. Veloso e Muraoka (1993) descrevem sintomas semelhantes com a omissão de magnésio em pimenteira-do-reino, assim como Barroso *et al.* (2005), em mudas de teca. A clorose entre as nervuras, de acordo com Taiz e Zeiger (2009) ocorre porque a clorofila nos feixes vasculares permanece inalterada por períodos mais longos que a clorofila nas células entre os feixes, sendo essa sintomatologia observada, primeiramente, nos órgãos mais velhos.

Enxofre

Os sintomas de deficiência de enxofre surgiram aos 150 dias de início dos tratamentos, ocorrendo em folhas novas coloração verde-amarelada, semelhante ao ocorrido na deficiência do nitrogênio, sendo que neste caso, a clorose se iniciou nas folhas mais velhas. Com a intensidade da deficiência, todas as folhas ficaram cloróticas (Figura 1) e a altura das plantas ficou bastante reduzida. Os sintomas de carência de S observados foram concordantes com os descritos por Lavres Júnior *et al.* (2005), em plantas de mamona, cultivar Íris, e por Silva *et al.* (2009), em plantas de pinhão-manso. Conforme Malavolta (2006), a sintomatologia da carência de enxofre se deve ao fato de ser o nutriente absorvido pelas plantas, na forma SO_4^{-2} , e transportado da base da planta para cima, em direção acrópeta, com pouca mobilidade, sendo por isso observado primeiro em órgãos mais novos.

Boro

Os primeiros sintomas de deficiência de boro surgiram 15 dias após a omissão e foram caracterizados por redução no

crescimento das plantas, deformação e redução da área foliar, folhas coriáceas (acúmulo de carboidratos), com suas nervuras proeminentes, possivelmente devido ao aumento de lignina, e morte da gema terminal (Figuras 1). O boro é importante no crescimento vegetativo, um dos principais locais onde atua é na parede celular e na membrana citoplasmática, alterando suas propriedades mecânicas, principalmente na fase de crescimento. Malavolta (2006) cita haver uma relação estreita entre a nutrição de boro e a parede celular primária, visto estarem presentes nessa estrutura 90% do elemento contido na célula. Sintomas semelhantes de deficiência de boro foram observados por Silveira *et al.* (2002), em clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, e Silva *et al.* (2009), em plantas de pinhão-manso.

Cobre

Não foram observados sintomas de deficiência de cobre, possivelmente decorrente da baixa exigência da pimenta-longa nesse micronutriente; no período em que as plantas receberam a solução nutritiva completa diluída (primeiros 45 dias), antecedendo ao início dos tratamentos, devendo ter atendido boa parte de suas necessidades, não surgindo sintomas externos, ou seja, a solução forneceu quantidade suficiente do nutriente.

Ferro

Sintomas de deficiência de ferro surgiram aos 200 dias de aplicados os tratamentos, com clorose em folhas novas, apresentando nervuras com reticulado fino, inicialmente de coloração verde e posteriormente verde pálida, e, com a intensificação da deficiência, clorose generalizada em todas as folhas da planta (Figura 1). Os sintomas de deficiência de ferro observados são semelhantes aos descritos por Silva *et al.* (2009), em plantas de pinhão-manso e por Lange *et al.* (2005), em mamona cultivar Íris. Garlet e Santos (2008), relatam que os sintomas de clorose observados em plantas deficientes em ferro podem ser causados por distúrbio na estrutura do cloroplasto, como consequência da inibição na síntese de lipídios.

Manganês

A omissão de manganês resultou em aparecimento de manchas amareladas entre as nervuras secundárias e terciárias, nas folhas mais novas de pimenta-longa e pequenas pontuações cloróticas nas bordas das folhas (Figura 1), observados a partir de 210 dias após iniciados os tratamentos. Estes sintomas, observados em pimenta-longa, foram semelhantes aos descritos por Lange *et al.* (2005), em mamona, cultivar Íris.

De acordo com Kirkby e Römheld (2007) o Mn atua diretamente na fotossíntese e indiretamente na formação de carboidratos, assim, deficiências leves de Mn afetam a fotossíntese e diminuem o nível de carboidratos solúveis na

planta. Já a deficiência mais severa de Mn ocasiona uma quebra na estrutura do cloroplasto que não pode ser revertida. Os cloroplastos são as mais sensíveis de todas as organelas celulares à deficiência de Mn, o que leva à desorganização do sistema lamelar e a sintomas visíveis de clorose.

Zinco

Os sintomas de deficiência de zinco surgiram aos 180 dias de iniciados os tratamentos. A omissão de zinco favoreceu a ocorrência de clorose inicial, entre as nervuras secundárias das folhas mais novas, as quais com a intensificação da deficiência perderam a coloração verde. O limbo das folhas novas não se expandiu, convenientemente, ficando estreito e alongado e, num grau mais intenso da deficiência, toda a lâmina foliar amarelou (Figura 1). Veloso *et al.* (1998) relatam que o sintoma característico de deficiência de zinco em pimenta-do-reino foi observado nas folhas novas, observação semelhante foi feita por Neves *et al.* (2004), estudando os sintomas visuais de deficiência de micronutrientes em umbuzeiro. O ácido indolacético (AIA) está intimamente relacionado com os sintomas de deficiência de zinco, portanto, quando ocorre deficiência desse micronutriente, menos AIA é sintetizado, como também, o que é produzido está sujeito a uma maior degradação oxidativa (Kirkby e Römheld 2007).

Teores de nutrientes em folhas de pimenta-longa

As omissões isoladas de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, ferro, manganês e zinco reduziram os teores desses nutrientes nas folhas das plantas de pimenta-longa, exceto o micronutriente cobre, quando comparados com o tratamento completo (Tabela 2). Redução de teores de nutrientes nas folhas em relação ao tratamento completo, também foi observado por Lange *et al.* (2005), em mamona cultivar Íris e por Silva *et al.* (2009), em plantas de pinhão-manso. Os teores de macronutrientes com base no tratamento completo apresentaram a seguinte ordem: K > N > Ca > Mg > P > S e dos micronutrientes Fe > Mn > Zn > B > Cu.

As plantas que receberam solução nutritiva completa apresentaram teores foliares de nitrogênio de 18,3 g kg⁻¹ e com sintomas visuais de deficiência, 8,9 g kg⁻¹ (Tabela 2). Como não há na literatura pesquisas sobre teores foliares sem deficiências de nutrientes em pimenta-longa, a comparação dos teores obtidos é feita com a pimenteira-do-reino, que é da mesma família e com algumas plantas aromáticas. Portanto, o teor foliar de nitrogênio, obtido nesta pesquisa, é compatível com o determinado por Veloso e Muraoka (1993), que foi de 18,9 g kg⁻¹ em mudas de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum*) em condições de casa de vegetação. Além da redução no teor foliar de nitrogênio com a omissão desse nutriente, foi observada com as omissões de fósforo, enxofre, cobre, ferro e manganês e aumento com a omissão de boro,

quando comparado ao tratamento completo. A interação entre nitrogênio e boro é citada por Malavolta (2006).

O teor foliar de fósforo nas plantas que apresentaram sintomas visuais de deficiência desse nutriente foi de 2,5 g kg⁻¹ e sem deficiência de 7 g kg⁻¹ (Tabela 2), sendo 1,7 vezes superior ao teor em erva cidreira (*Melissa officinalis*) e de 2,3 vezes em hortelã-pimenta (*Mentha piperita*) ambas, plantas aromáticas (Blank *et al.* 2006), indicando maior exigência de fósforo na pimenta-longa. Ocorreu aumento nos teores de fósforo com as omissões de potássio e cálcio e redução com as omissões de magnésio e boro, quando comparados ao completo.

Plantas que foram submetidas à omissão de potássio e que manifestaram os sintomas visuais de deficiência já descritos apresentaram teores foliares de 8,5 g kg⁻¹, enquanto sem manifestação dos sintomas de 22,1 g kg⁻¹ (Tabela 2), valor um pouco superior ao obtido em pimenteira-do-reino de 21,9 g kg⁻¹ por Veloso e Muraoka (1993) e em hortelã-pimenta de 21,2 g kg⁻¹ por Rodrigues *et al.* (2004). Foi observada redução no teor foliar de potássio com a omissão de nitrogênio e aumento com a omissão de magnésio em relação ao tratamento completo, como consequência da interação antagônica entre esses nutrientes (Wallau *et al.* 2008b).

O teor foliar de cálcio nas plantas do tratamento completo foi de 15,7 g kg⁻¹ (Tabela 2) valor um pouco inferior ao obtido por Blank *et al.* (2006) de 16,6 g kg⁻¹ em erva cidreira que recebeu a calagem. Com a omissão desse nutriente o teor foliar de cálcio foi de 10,2 g kg⁻¹ (Tabela 2), suficiente para ocorrer sintomas visuais de deficiência de cálcio. Foi constatado aumento no teor foliar de cálcio com a omissão de potássio e redução com a omissão de magnésio em relação ao tratamento completo, interação bastante conhecida entre esses nutrientes, devido à inibição competitiva, segundo Malavolta (2006).

As plantas que receberam solução nutritiva completa apresentaram teor foliar de magnésio de 8,2 g kg⁻¹ o qual é 1,2 vezes mais alto do que o determinado por Galet e Santos (2008) em *Mentha piperita*, e 1,7 vezes maior ao determinado por Amaral *et al.* (1999) em manjeriço (*Ocimum* sp). O teor foliar obtido com a omissão de magnésio foi de 1,8 g kg⁻¹ suficiente para as plantas mostrarem sintomas visuais de deficiência, já descritos. Redução nos teores foliares de magnésio, além da omissão com esse nutriente foi observada com a omissão de potássio, cálcio, enxofre e ferro em relação ao completo.

O teor foliar de enxofre no tratamento completo foi de 5,1 g kg⁻¹ (Tabela 2), sendo 2,8 vezes mais alto do que o obtido em pimenteira-do-reino por Veloso e Muraoka (1993), porém é inferior em 1,5 vezes ao determinado em plantas de *Mentha piperita* por Galet e Santos (2008). Com a omissão de enxofre o teor nas folhas foi de 0,9 g kg⁻¹. O teor foliar de enxofre aumentou com a omissão de fósforo, cálcio, cobre, ferro e manganês e reduziu além da omissão de enxofre com a

de nitrogênio, quando comparados ao tratamento completo. Segundo Malavolta (2006) o teor foliar de fósforo está relacionado com o de enxofre e vice-versa e que a causa dessa interação são as proteínas.

O teor foliar de boro nas plantas que receberam a solução nutritiva completa foi de 42,2 mg kg⁻¹ (Tabela 2) valor superior ao obtido por Veloso *et al.* (1998) de 34 g kg⁻¹, porém é inferior aos determinados em erva cidreira de 58, 434 g kg⁻¹ e em hortelã-pimenta de 54 g kg⁻¹ (Blank *et al.* 2006). Plantas que apresentaram sintomas visuais de deficiência de boro o teor foliar foi de 15,5 mg kg⁻¹. Ocorreu redução no teor foliar de boro com as omissões de fósforo, cálcio, enxofre, cobre, ferro e manganês em relação ao tratamento completo.

As plantas submetidas solução nutritiva completa apresentaram teores de ferro de 325 mg kg⁻¹, valor compatível com os observados em hortelã-pimenta por Rodrigues *et al.* (2004) e inferior aos obtidos em erva-cidreira por Blank *et al.* (2006). Com omissão de ferro o teor foliar foi de 234 mg kg⁻¹ (Tabela 2) suficiente para manifestar os sintomas visuais de deficiência. Aumento no teor foliar de ferro foi observado com a omissão de cobre e além da omissão de ferro, redução com as omissões de potássio, magnésio, boro e manganês.

Com relação ao manganês, o teor foliar no tratamento completo foi de 100 mg kg⁻¹, mesmo valor obtido por Veloso *et al.* (1998) em plantas de pimenta-do-reino, porém inferior em 1,6 vezes ao determinado por Garlet e Santos (2008) em hortelã-pimenta. O teor foliar em plantas que apresentaram deficiências visuais em manganês foi de 55 mg kg⁻¹. O teor

na folha de manganês aumentou com a omissão de potássio e reduziu com as omissões de magnésio, enxofre, boro, cobre e zinco, quando comparado ao tratamento completo.

Foi de 61,5 mg kg⁻¹ o teor foliar de zinco nas plantas do tratamento completo (tabela 2), o qual é superior em 1,1 vezes ao obtido por Veloso *et al.* (1998) em pimenteira-do-reino, 2 e 2,2 vezes nas plantas de erva-cidreira e hortelã-pimenta, respectivamente (Blank *et al.* 2006). Com a omissão de zinco, o teor foliar foi de 53 mg kg⁻¹, ocorrendo sintomas visuais de deficiência. Aumentos nos teores foliares de zinco foram observados com as omissões de fósforo, cálcio, magnésio e manganês e redução com as omissões de enxofre, boro e ferro. Resultados de pesquisas mostrando a interação fósforo e zinco tem sido, relatados comumente pela literatura e que a interação pode ser antagônica. A interação zinco e manganês variam e dependem da cultura e do manejo e, portanto a correlação pode ser positiva, negativa ou inexistente.

CONCLUSÕES

As omissões individuais de nutrientes na solução nutritiva com exceção do cobre promovem a ocorrência de sintomas visuais de deficiência em plantas de pimenta-longa acompanhada da redução no teor foliar dos seus respectivos nutrientes.

Nas plantas de pimenta-longa os sintomas visuais de deficiência de nitrogênio e boro são os primeiros a se manifestarem, quando da omissão total dos nutrientes.

Tabela 2 - Teores de macro e micronutrientes (g kg⁻¹ e mg kg⁻¹) em folhas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.), em função dos tratamentos em solução nutritiva completa e com omissão de macro e micronutrientes.

TRATAMENTO	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Completo	18,3 ^{ns}	7 ^{ns}	22,1 ^{ns}	15,7 ^{ns}	8,2 ^{ns}	5,1 ^{ns}	42,2 ^{ns}	34,0 ^{ns}	325 ^{ns}	100 ^{ns}	61,5 ^{ns}
Omissão de N	8,9*	7,1 ^{ns}	8,6*	12,1*	7,4 ^{ns}	2,8*	45 ^{ns}	23*	201*	94 ^{ns}	60,7 ^{ns}
Omissão de P	13,3*	2,5*	23,9 ^{ns}	16,9 ^{ns}	8,9 ^{ns}	7,2*	35,2*	24*	315 ^{ns}	109 ^{ns}	77,2*
Omissão de K	19,8 ^{ns}	8,8*	8,5*	19,7*	2,4*	5,4 ^{ns}	47,5 ^{ns}	23*	245*	222*	61 ^{ns}
Omissão de Ca	19,2 ^{ns}	9,1*	24,2 ^{ns}	10,2*	2,1*	5,9*	32*	28,5*	267 ^{ns}	86 ^{ns}	78*
Omissão de Mg	19,7 ^{ns}	4,1*	39,2*	13,5*	1,8*	nd	38,5 ^{ns}	10*	203*	73,2*	92,7*
Omissão de S	10,9*	6,6 ^{ns}	22,3 ^{ns}	16,7 ^{ns}	3,4*	0,9*	14*	33,9 ^{ns}	295 ^{ns}	67,2*	37,2*
Omissão de B	22,6*	4,8*	22,9 ^{ns}	12,4*	8,7 ^{ns}	4,8 ^{ns}	15,5*	33,9 ^{ns}	136*	43*	51*
Omissão de Cu	14,4*	6,9 ^{ns}	25,4 ^{ns}	14,3 ^{ns}	7,9 ^{ns}	6,2*	28,2*	34 ^{ns}	385*	73,5*	67,2 ^{ns}
Omissão de Fe	13,5*	6,3 ^{ns}	23,1 ^{ns}	14,6 ^{ns}	1,8*	6,1*	34,2*	33,9 ^{ns}	234*	107 ^{ns}	50,5*
Omissão de Mn	14,1*	7,2 ^{ns}	24 ^{ns}	13,6*	8,9 ^{ns}	6,2*	35*	35 ^{ns}	245*	55*	75,7*
Omissão de Zn	17,2 ^{ns}	7,2 ^{ns}	22,6 ^{ns}	16,1 ^{ns}	9,1 ^{ns}	5,1 ^{ns}	37,5 ^{ns}	34,3 ^{ns}	337 ^{ns}	84,5*	53*
C.V (%)	9,4	9,2	6,7	6,7	9,6	8,1	7,7	7,2	10,9	7,8	6,0
DMS	3,1	1,2	3	2	1,1	0,8	5,3	4,2	59,3	14,9	7,9

* Médias seguidas por um asterisco na mesma coluna diferem significativamente do completo, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

^{ns} Médias não significativas em relação ao tratamento completo, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

nd = não determinado.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Amaral, J.F.T. do; Fonseca, A.F.A. da; Martinez, H.E.P.; Pereira, P.R.; Fontes, P.C.R. 1999. Deficiências de macronutrientes, Fe e B em manjeriço (*Ocimum sp.*) em cultivo hidropônico. *Revista Ceres*, 46(265): 297-308.
- Barroso, D.G.; Figueiredo, F.A.M.M. de A.; Pereira, R. de C.; Mendonça, A.V.R.; Silva, L. da C. 2005. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. *Revista Árvore*, 29: 671-679.
- Benedetti, E.L.; Wink, C.; Santin, D.; Sereda, F.; Roveda, L.F.; Serrat, B.M. 2009. Crescimento e sintomas em mudas de espinheira-santa com omissão de nitrogênio, fósforo e potássio. Curitiba, PR. *Revista Floresta*, 39(2): 335-343.
- Blank A.F.; Oliveira A.S.; Arrigoni-Blank M.F.; Faquin V. 2006. Efeitos da adubação química e da calagem na nutrição de melissa e hortelã-pimenta. *Horticultura Brasileira* 24: 195-198.
- Bolle – Jones, E.W. 1954. Cooper, its effects on the growth of rubber plant (*Hevea b rasilensis*). *Plant and soil*, 10(2): 150-178.
- Brasil, E.C.; Viégas, I.J.M. 1998. *Efeito da adubação mineral na produção de matéria seca de pimenta-longa (Piper hispidinervum)*. Belém: Embrapa – CPATU, 4pp. (Embrapa-CPATU. Pesquisa em Andamento, 180).
- Camargos, S. L.; Muraoka, T.; Fernandes, S. A. P.; Salvador, J. O. 2002. Diagnose nutricional em mudas de castanheira-do-brasil. *Revista Agricultura Tropical*, Cuiabá, 6(1):81-96.
- Epstein, E.; Bloom, A.J. 2006. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Londrina: Editora Planta. 403pp.
- Galet, T.M.B.; Santos, O.S. dos. 2008. Solução nutritiva e composição mineral de três espécies de menta cultivadas no sistema hidropônico. *Ciência Rural*, 38(5).
- Gonçalves, F.C.; Neves, O.S.C.; Carvalho, J.G. de. 2006. Deficiência nutricional em mudas de umbuzeiro decorrente da omissão de macronutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41: 1053-1057.
- Kirkby, E.A.; Römheld, V. 2007. *Micronutriente na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade*. International Plant Nutrition Institute. Informações Agronômicas, 118: 1-24.
- Lange, A.; Martines, A.M.; Silva, M.A.C.; Sorreano, M.C.M.; Cabral, C.P.; Malavolta, E. 2005. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40: 61-67.
- Lavres Junior, J.; Boaretto, R.M.; SILVA, M. L.S.; Correia, D.; Cabral, C.P.; Malavolta, E. 2005. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 40(2): 145-151.
- Maffei, A.R.; Silveira, R.L.V.A.; Brito, J.O. 2000. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. *Scientia Forestalis*, 57: 87-98.
- Malavolta, E. 2006. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 638 pp.
- Neves, O.S.C.; Sá, J.R. de; Carvalho, J.G. de. 2004. Crescimento e sintomas visuais de deficiência de micronutrientes em umbuzeiros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26: 306-309.
- Rodrigues, C.R.; Faquin, V.; Trevisan, D.; Pinto, J.E.B.P.; Bertolucci, S.K.V.; Rodrigues, T.M. 2004. Nutrição mineral, crescimento e teor de óleo essencial da menta em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo e épocas de coleta *Horticultura Brasileira*, Brasília, 22(3): 573-578.
- Santiago, E.J.A.; Pinto, J.E.B.; Castro, E.M.; Lameira, O.A.; Conceição, H.E.O.; Gavilanes, M.L. 2001. Aspectos da anatomia foliar da pimenta-longa (*Piper hispidinervum*) sob diferentes condições de luminosidade. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 25(5): 1035-1042.
- Sarcinelli, T.S.; Ribeiro Júnior, E.S.; Dias, L.E.; Lynch, L. de S. 2004. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de *Acacia holosericea* em resposta à omissão de macronutrientes. *Revista Árvore*, 28: 173-181.
- Silva, E.B.; Tanure, L.P.P.; Santos, S.R.; Resende Júnior, P.S. 2009. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-manso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 44(4): 392-397.
- Silva, R.C.B. da; Scaramuzza, W.L.M.P.; Scaramuzza, J.F. 2011. Sintomas de deficiências nutricionais e matéria seca em plantas de nim, cultivadas em solução nutritiva. *Cerne*, Lavras, 17(1): 17-22.
- Silveira, R.L.V.A.; Moreira, A.; Takashi, E.N.; Sgarbi, F.; Branco, E.F. 2002. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. *Cerne*, 8(2): 107-116.
- Sousa, M.M.M.; Léo, F.J.S.; Pimentel, F.A. 2001. Efeito da adubação e do calcário na produção de matéria seca e de óleo essencial de pimenta-longa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(3): 405-409.
- Taiz, L., Zeiger, E. 2009. *Plant physiology*. 4th edn. Artmed, Porto Alegre, 848 p.
- Veloso, C.A.C.; Muraoka, T. 1993. Diagnóstico de sintomas de deficiência de macronutrientes em pimenteiros do reino (*Piper nigrum* L.). *Scientia Agrícola*, 50(2): 232-236.
- Veloso, C.A.C.; Muraoka, T.; Malavolta, E.; Carvalho, J.C. 1998. Deficiências de micronutrientes em pimenteira do reino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33(11): 1883-1888.
- Viégas, I. de J. M.; Naiff, A.P.M.; Conceição, H.E.O.; Lobato, A.K. da S.; Frazão, D.A.C.; Cordeiro, R.A.M. 2011. Visual symptoms, growth and nutrients of *Alpinia purpurata* plants exposed to N, P, K, Ca, Mg and S deficiencies. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 9(3&4): 1048 - 1051.
- Wallau, R.L.R. de; Borges, A.R.; Almeida, D.R. de; Camargos, S.L. 2008a. Sintomas de deficiências nutricionais em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. *Revista Cerne*, Lavras, 14(4): 304-310.
- Wallau, R.L.R. de; Soares, A. de P.; Camargos, S.L. 2008b. Concentração e acúmulo de macronutrientes em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, Alta Floresta, 6(1): 1- 12.

Recebido em: 26-04-2011
Aceito em: 18-02-2012