

**DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS NO
MORANGUEIRO: CARACTERIZAÇÃO DE
SINTOMAS VISUAIS, PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO
MINERAL**

CLEBER LÁZARO RODAS

2008

CLEBER LÁZARO RODAS

**DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS NO MORANGUEIRO:
CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS VISUAIS, PRODUÇÃO E
NUTRIÇÃO MINERAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora
Prof^ª. Dr^a. Janice Guedes de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Rodas, Cleber Lázaro.

Deficiências nutricionais no morangueiro: caracterização de
sintomas visuais, produção e nutrição mineral / Cleber Lázaro Rodas. –
Lavras: UFLA, 2008.

86 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientadora: Janice Guedes de Carvalho.

Bibliografia.

1. Deficiências nutricionais. 2. Morango. 3. Nutrição mineral. 4.
Desenvolvimento. 5. Produção. 6. Caracterização de sintomas visuais. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.04575

CLEBER LÁZARO RODAS

**DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS NO MORANGUEIRO:
CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS VISUAIS, PRODUÇÃO E
NUTRIÇÃO MINERAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 25 de julho de 2008.

Prof. Dr. Rovilson José de Souza - UFLA

Pesq. Dr^a. Ana Rosa Ribeiro Bastos - UFLA

**Prof^a. Dr^a. Janice Guedes de Carvalho
UFLA
(Orientadora)**

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

Ofereço,

À minha bisavó Brígida Dolores Rodas Martins (*in memoriam*), pela presença constante, pelos ensinamentos cristãos que me acompanharão por toda a vida e por ser um exemplo de mulher digno de ser seguido. Sei que a homenagem prometida por mim e esperada por ti era por outra ocasião, mas Deus, em sua infinita sabedoria, nos guia aos caminhos que especialmente fomos designados, por Ele, a seguir.

À minha tia Escolástica Sanches Martins (*in memoriam*), pela saudade e em agradecimento aos desejos de “bastante, bastante, bastante inteligência”, que me eram dirigidos durante sua amável presença entre nós e que me impulsionaram até aqui.

Ao meu avô Sebastião Bernardo Lázaro (*in memoriam*), pela saudade que nos deixou e em agradecimento ao carinho, confiança, amor e pelo “ele merece”, quando do anúncio de mais uma vitória em minha vida, a finalização dessa etapa e início de meu doutorado.

Aos meus pais, Antônio Rodas Martins e Nadir Lázaro Martins,

À minha irmã Cléia, meu cunhado Wagner e meu sobrinho Lucas,

Aos meus avós Joversina, Teófilo e Elza,

À minha bisavó Genoefa,

Aos meus tios, tias, primos e primas,

Aos meus amigos,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por conceder-me a felicidade de viver este momento.

Especialmente aos meus pais, pelo amor, dedicação e por não medirem esforços para que eu pudesse estudar, deixando, muitas vezes suas vontades de lado para que as minhas fossem atendidas.

A toda minha família, pelo carinho, confiança, apoio e incentivo.

Ao meu sobrinho Lucas, pela alegria que me proporciona e pelo estímulo de lutar por um futuro melhor.

À professora Janice Guedes de Carvalho, pela orientação, amizade e confiança e por nunca ter se negado a dividir seu tempo, seu conhecimento e sua atenção, dando todo o apoio que necessitei.

À Universidade Federal de Lavras, por proporcionar-me, durante seis anos, condições de ampliar meus conhecimentos.

Ao Departamento de Ciência do Solo, pela confiança e credibilidade durante meu mestrado e agora, doutorado.

Ao CNPq, pela concessão de minha bolsa de estudos.

Ao professor Rovilson José de Souza, pela orientação e amizade durante meus seis anos de UFLA.

À pesquisadora, Dr^a Ana Rosa Ribeiro Bastos, pela amizade, por gentilmente aceitar fazer parte da banca de defesa e pelo enriquecimento de meu trabalho.

A Adalberto Ribeiro, pela amizade e pela valiosa ajuda durante a fase laboratorial de minhas pesquisas.

Aos professores, funcionários e estudantes do Departamento de Ciência do Solo, pelo convívio e amizade.

À Daniela, secretária do programa de pós-graduação em Ciência do Solo, pela amizade, ajuda e infinita atenção para com todos.

Ao amigo e irmão Lauro, pela amizade e pela ajuda durante a condução desse e de outros trabalhos nesses anos de parceria.

Ao amigo, Dr. Jony Eishi Yuri, pela amizade, orientação e ensinamentos.

À AGRICHEM do Brasil pela confiança nesses cinco anos e pela oportunidade de realização de inúmeras pesquisas na área de nutrição mineral de plantas.

Aos pesquisadores Jaime Duarte Filho (EPAMIG) e Luis Eduardo Antunes (EMBRAPA), pela atenção, interesse e fornecimento das mudas de morangueiro para a realização desse trabalho.

Aos amigos do laboratório de nutrição mineral de plantas, Guilherme, Núbia, Paulo, Jussara, Nilma, Léo Shigueto, Rodrigo, Alisson, Gabriel, Viviane, Thiaguinho, Tiago, Henrique e Livia, pelo auxílio nas pesquisas e pela agradável convivência.

Aos irmãos de república durante minha pós-graduação, João Paulo e Fernando, pela valiosa amizade e pelos momentos de convivência.

Aos amigos e irmãos da época de graduação, José Rafael, Roberson, Stephania, Felipe, Henrique, Juliana, Ariana, Júlia, Débora, Glasiana e Rafaella e tantos outros pela saudade dos nossos valiosos momentos.

Aos antigos amigos e inúmeros outros que fiz durante esses anos em Lavras, por todos nossos momentos de convívio. Não citarei nomes, pois para isso gastaria mais que uma simples página, porém saibam que sempre estarão guardados em meu coração e pensamento e serão lembrados, principalmente, em meus momentos de orações.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos, o meu sincero agradecimento!

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO I – IMPORTÂNCIA ECONÔMICA, BOTÂNICA E NUTRIÇÃO MINERAL DO MORANGUEIRO.....	1
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	2
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Características da planta do morangueiro.....	3
2.2 Panorama mundial do cultivo do morangueiro.....	4
2.2.1 Panorama brasileiro do cultivo do morangueiro.....	5
2.3 Importância sócio-econômica do cultivo do morangueiro.....	6
2.4 Nutrição mineral do morangueiro.....	7
2.4.1 Efeitos dos nutrientes em plantas.....	7
Nitrogênio.....	8
Fósforo.....	8
Potássio.....	9
Cálcio.....	10
Magnésio.....	10
Enxofre.....	11
Boro.....	11
Cobre.....	11
Ferro.....	12
Manganês.....	12
Zinco.....	12
2.4.2 Avaliação do estado nutricional.....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS NO MORANGUEIRO.....	17
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
1 INTRODUÇÃO.....	20
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
3.1 Deficiência de nitrogênio.....	23
3.2 Deficiência de fósforo.....	26
3.3 Deficiência de potássio.....	29
3.4 Deficiência de cálcio.....	32
3.5 Deficiência de magnésio.....	35
3.6 Deficiência de boro.....	37
3.7 Deficiência de ferro.....	40
3.8 Deficiência de zinco.....	42
4 CONCLUSÕES.....	45
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

CAPÍTULO III – PRODUÇÃO DE PARTE AÉREA, RAIZ E INFRUTESCÊNCIAS E NUTRIÇÃO MINERAL DO MORANGUEIRO SOB OMISSÃO DE NUTRIENTES.....	49
RESUMO.....	50
ABSTRACT.....	51
1 INTRODUÇÃO.....	52
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
3.1 Efeito da omissão nutricional no desenvolvimento e produtividade das plantas de morangueiro.....	56
3.1.1 Produção de matéria fresca da parte aérea.....	57
3.1.2 Produção de matéria seca da parte aérea.....	58
3.1.3 Produção de matéria seca do sistema radicular.....	59
3.1.4 Produtividade do morangueiro cultivado sob deficiência nutricional.....	60
3.2 Teor e acúmulo de nutrientes.....	60
3.2.1 Teor e acúmulo de macronutrientes.....	61
3.2.1.1 Teor e acúmulo de nitrogênio.....	61
3.2.1.2 Teor e acúmulo de fósforo.....	63
3.2.1.3 Teor e acúmulo de potássio.....	65
3.2.1.4 Teor e acúmulo de cálcio.....	66
3.2.1.5 Teor e acúmulo de magnésio.....	68
3.2.1.6 Teor e acúmulo de enxofre.....	70
3.2.2 Teor e acúmulo de micronutrientes.....	72
3.2.2.1 Teor e acúmulo de boro.....	72
3.2.2.2 Teor e acúmulo de cobre.....	74
3.2.2.3 Teor e acúmulo de ferro.....	76
3.2.2.4 Teor e acúmulo de manganês.....	78
3.2.2.5 Teor e acúmulo de zinco.....	80
4 CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

RESUMO

Rodas, Cleber Lázaro. **Deficiências nutricionais no morangueiro:** caracterização de sintomas visuais, produção e nutrição mineral. 2008. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O morangueiro vem ganhando espaço em área e importância econômica no Brasil. Entretanto, são poucos os trabalhos sobre essa cultura no país. Sendo assim, a realização de estudos relacionados à nutrição mineral do morangueiro contribuirá para um melhor entendimento dessa cultura. O objetivo desse trabalho foi caracterizar os sintomas visuais e os efeitos de deficiências nutricionais no crescimento, desenvolvimento, produtividade e na nutrição mineral da planta. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, Lavras-MG. O experimento foi iniciado em abril de 2007, com a duração de cinco meses. Utilizou-se um DIC, com cinco repetições e 15 tratamentos, sendo eles: Solução Hoagland & Arnon completa, soluções nutritivas com omissões simples de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn e soluções com omissões conjuntas de Ca x B, B x Zn e K x B. Após o início dos tratamentos as plantas foram observadas, verificando-se as alterações decorrentes das omissões de nutrientes, sendo os sintomas caracterizados e fotografados à medida que ocorriam durante o período experimental. Avaliaram-se também, matérias fresca e seca da parte aérea, matéria seca da raiz, produtividade e teor e acúmulo nutricional na parte aérea das plantas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias avaliadas pelo teste Skott & Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio do programa computacional Sisvar. A maior parte das omissões nutricionais mostram sintomas visuais de deficiência na cultura do morangueiro. Os teores e acúmulos são alterados na omissão de nutrientes.

¹ Comitê Orientador: Prof^a. Janice Guedes de Carvalho - UFLA (Orientadora);
Prof. Rovilson José de Souza - UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

Rodas, Cleber Lázaro. **Nutritional deficiencies in strawberry plant:** visual symptoms characterization, yield and mineral nutrition. 2008. 86 p. Dissertation (Master in Soil Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

Strawberry crop comes showing its importance in area and economy in Brazil. Research works about this plant are few in the country. And thus, it is very important the realization of studies about the mineral nutrition of the strawberry plant. The objective of this work was to characterize nutritional deficiencies visual symptoms and the effect of nutritional deficiencies on the growth, development, yield and plant mineral nutrition. The experiment was carried out under greenhouse conditions at Soil Science Department at UFLA, Lavras, MG, Brazil, from April 2007 during five months, using a randomized blocks design, with five replications and 15 treatments: complete Hoagland & Arnon solution, nutritional solutions with simple omissions of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn and solutions with multiple omissions of Ca x B, B x Zn and K x B. After the treatments beginning the plants had been observed, verifying the visual alterations due of nutrients omissions, being the symptoms characterized and photographed during the experimental period. Other evaluates had been done, natural and dry matters of the shoot, dry matter of the root, yield and nutritional content and accumulation from plants shoot. This dates had been submitted to the variance analysis and the averages evaluated by Skott & Knott test with 5% of probability. With Sisvar computational program help the analyses were realized. The majority of the nutritional omissions show visual symptoms in strawberry plants. Nutritional contents and accumulations are disturbed due nutrients omissions.

¹ Guidance Committe: Prof. Janice Guedes de Carvalho - UFLA (Advisor);
Prof. Rovilson José de Souza – UFLA (Co-advisor).

CAPÍTULO I

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA, BOTÂNICA E NUTRIÇÃO MINERAL DO MORANGUEIRO

1 INTRODUÇÃO GERAL

Originário da América do Norte e do Chile, o morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é cultivado em várias partes do globo, sendo as regiões temperadas as mais propícias à obtenção de sua máxima produtividade. Dentre os maiores produtores dessa olerícola destacam-se os Estados Unidos como maior produtor e Espanha como maior exportador.

No Brasil, o início de seu cultivo foi por volta da década de 1950 no Rio Grande do Sul, hoje o terceiro maior produtor do país, ficando atrás somente de São Paulo e Minas Gerais. Em todo o país, seu cultivo se encontra em franca expansão. O sul de Minas Gerais é a principal região produtora de morangos do país.

Como a maior parte das olerícolas, seu cultivo requer a utilização de muita mão-de-obra, principalmente no plantio e colheita, pois os trabalhos são realizados manualmente, gerando para a região produtora grande número de empregos. Devido a esse fato, trata-se de uma cultura que apresenta grande importância social.

Quando se trata do aumento da produtividade, qualidade e conservação pós-colheita, a adubação é uma das práticas de maior importância na cultura do morangueiro, porém, no Brasil, pouca ênfase tem sido dada às pesquisas referentes à nutrição mineral nessa cultura, apesar de sua expansão nos últimos anos. Por isso, torna-se necessária a realização de trabalhos científicos que visem a estudar a influência dos nutrientes nessa cultura.

Assim, o objetivo geral dessa pesquisa foi caracterizar os sintomas visuais de deficiências nutricionais simples e múltiplas e seus efeitos no crescimento, desenvolvimento, produtividade e na nutrição mineral do morangueiro em solução nutritiva sob condições de casa de vegetação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características da planta do morangueiro

O cultivo do morangueiro, segundo estudos históricos, foi iniciado nas cidades indígenas da América Pré-Colombiana. Tanto a espécie *Fragaria chiloensis*, quanto a *Fragaria virginiana* foram, provavelmente, cultivadas pelos índios (Seelig, 1975). Após o descobrimento da América, várias espécies de *Fragaria* foram retiradas de seu estado selvagem e cultivadas em jardins europeus com finalidade ornamental e medicinal. Em 1714, o oficial do exército francês Amédée François Frezier levou para a França cinco plantas da espécie *F. chiloensis*, coletadas em sua missão ao Chile. Plantas da espécie silvestre *F. virginiana*, procedentes da América do Norte, também foram levadas à Europa e introduzidas na França em 1624. A hibridação natural ocorrida na Europa, no século XVIII, entre essas duas espécies, ambas do continente americano, originou o morangueiro cultivado (*Fragaria x ananassa* Duch.), modificando a situação da cultura (Passos, 1999). Data do século XIX o início de sua exploração em caráter comercial (Rebelo & Balardin, 1997).

O morangueiro pertencente à família *Rosaceae* produz uma pequena planta herbácea, rasteira, perene, porém, cultivada como anual. O sistema radicular é fasciculado e muito superficial, sendo que a maior parte das raízes concentra-se nos primeiros cinco centímetros de solo (Filgueira, 2003).

A parte que sobressai da terra, denominada coroa, origina o eixo caulinar. Durante o crescimento da coroa ocorre a formação de folhas em cujas axilas originam-se gemas, nas quais podem, ainda, originar coroas secundárias, estolhos (formação de novas mudas) e inflorescências, visto que essa sequência é função do fotoperíodo exigido pela cultivar. A folha do morangueiro pode ser constituída de três, quatro ou cinco folíolos. As flores estão agrupadas em

inflorescências do tipo cimeira, com cálice na maioria das vezes, pentâmero. O processo de florescimento é extremamente dependente dos fatores ambientais. A temperatura, o fotoperíodo e a interação entre ambos destacam-se com grande relevância. Normalmente, o processo de polinização ocorre pela intervenção de insetos e pelo vento (Silva et al., 2007).

A parte comestível é constituída por um receptáculo carnoso e succulento, de coloração vermelho-viva, constituindo um pseudofruto. Os verdadeiros frutos, os aquênios, são estruturas escuras, diminutas, que contêm as sementes e se prendem ao receptáculo. A utilização dessas sementes botânicas interessa ao fitomelhorista, para o desenvolvimento de novas cultivares (Filgueira, 2003). Atualmente a indústria cosmética vem utilizando os frutos verdadeiros do morangueiro para a fabricação de produtos de beleza.

2.2 Panorama mundial do cultivo do morangueiro

O morango é cultivado em vários países, especialmente nos de clima temperado, que favorecem a obtenção de boa produtividade. Em relação ao produto *in natura* os Estados Unidos ocupam a liderança nos volumes correspondentes à produção, ao processamento e ao consumo. O Canadá posiciona-se como principal país importador e a Espanha como principal exportador (Agrianual, 2008).

A produção mundial de morango na safra 2005/ 2006 foi estimada em 2.562.449 toneladas de morangos frescos e 503.200 toneladas de morangos congelados. Os maiores produtores de morangos nessa safra foram Estados Unidos (39,8%), China (25,2%), Espanha (11,5%), Japão (7,3%) e Polônia (6,2%). No caso de morangos congelados, os maiores produtores foram Estados Unidos (47,7%), China (16,4%), Polônia (14,9%), México (10,4%) e Espanha (7,9%) (Agrianual, 2008).

2.2.1 Panorama brasileiro do cultivo do morangueiro

A cultura comercial do morangueiro no Brasil é relativamente nova, não existindo registro exato de seu início. As poucas informações existentes na literatura relatam que se deu na década de 1950, na região da encosta da serra do sudeste do Rio Grande do Sul, de onde se expandiu para o restante do país (Duarte Filho, 2006).

No ano de 2006, o Brasil importou 1.483 toneladas de morangos, desses, 1.230 toneladas vieram da Argentina, 229 toneladas do Chile, 24 toneladas do Uruguai e 0,3 toneladas da Bélgica (Agrianual, 2008).

O Brasil, apesar de não figurar entre os principais produtores mundiais, apresenta uma área representativa de pelo menos 3.500 ha plantados em todo o território (Duarte Filho et al., 2007). A produção nacional está em torno de 100 mil toneladas, e concentrada, principalmente, nas regiões sudeste e sul. Os estados que mais produzem morango no Brasil são Minas Gerais, produzindo cerca de 40 mil toneladas, São Paulo, com 29 mil toneladas e Rio Grande do Sul, com 11 mil toneladas. A produtividade média nos principais estados produtores é de 34 toneladas ha⁻¹ em São Paulo, 32,7 toneladas ha⁻¹ no Rio Grande do Sul e 25,2 toneladas ha⁻¹ em Minas Gerais (Antunes et al., 2005; Carvalho, 2006).

Randmann et al. (2006) citam que além desses três estados, outros como Goiás, Paraná, Santa Catarina, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Distrito Federal também são expressivos na produção do morango nacional.

Atualmente, o morangueiro é cultivado em grande parte do território nacional, com destaque para a região sul mineira, principal região produtora do país (Duarte Filho, 2006). Nesta região, um número aproximado de 3.000 produtores, distribuídos em cinco municípios, cultiva mais de 1.000 ha e geram uma produção anual de cerca de 30 mil toneladas, equivalentes a mais de R\$ 23 milhões por safra (Antunes et al., 2005). Além disso, a cultura vem se

expandindo em função dos bons resultados econômicos obtidos e da localização privilegiada, próxima aos grandes centros, o que estimula o incremento da área plantada e a adesão de novos produtores (Duarte Filho et al., 2007).

2.3 Importância sócio-econômica do cultivo do morangueiro

A cultura do morango se caracteriza pela utilização de mão de obra familiar, em pequenas áreas de cultivo, podendo gerar um incremento significativo de renda e ocupação de mão-de-obra no campo, conferindo uma elevada importância sócio-econômica (Botelho, 1999).

Essa cultura tem um caráter eminentemente social, pois absorve um elevado contingente de mão de obra em praticamente todas as suas operações. Por outro lado, ela corresponde a um alto ônus financeiro, estimado por Camargo Filho (1994) em mais de 60% das despesas de cultivo, devido a pouca utilização de trabalho mecânico, principalmente nas operações de plantio e colheita.

Na última década, verificou-se um interesse crescente pela implantação da cultura, justificado, segundo Ronque (1998), pela grande rentabilidade (224%), quando comparada a outros cultivos, como, por exemplo, o milho (72%).

A cultura do morangueiro permite um bom retorno econômico aos produtores mais tecnificados. Por isso, a pesquisa procura desenvolver técnicas para melhorar tanto a qualidade quanto a produtividade da cultura (Baldini, 1997).

2.4 Nutrição mineral do morangueiro

A adubação do morangueiro é uma das principais práticas responsáveis pelo aumento da produtividade, qualidade e conservação pós-colheita. Entretanto, poucos são os trabalhos de pesquisa sobre a nutrição da cultura no Brasil, apesar da expansão da área plantada (Prezotti, 2006).

De acordo com a literatura, pode-se observar que existem diferenças na absorção de macro e micronutrientes entre as cultivares de morangueiro, porém, desconsiderando as diferenças entre as cultivares, o nitrogênio e o potássio destacam-se entre os macronutrientes, enquanto, entre os micronutrientes, os mais exportados são o ferro e o zinco (Castellane, 1993).

Segundo Filgueira (2003), aplicações de nitrogênio e de fósforo elevam, significativamente, a produtividade do morangueiro, inclusive em solos considerados férteis, já o potássio é o macronutriente que mais favorece o aprimoramento na qualidade do morango, melhorando o sabor, o aroma, a coloração e a consistência, bem como os teores de vitamina C.

A literatura mostra que quanto à nutrição e adubação do morangueiro, ainda existem grandes lacunas de informações quanto às exigências nutricionais e à identificação de problemas na produção decorrentes de estresses nutricionais, deficiências ou excessos.

2.4.1 Efeito dos nutrientes em plantas

As plantas retiram quantidades de nutrientes do solo, do adubo, do ar e de outros meios de cultivo para suprir suas necessidades. Esses nutrientes podem ser exigidos em maiores quantidades (macronutrientes) ou em menores quantidades (micronutrientes) e são definidos como elementos essenciais para a vida das plantas. A diferença das quantidades exigidas não significa que um

macronutriente seja mais importante que qualquer um dos micronutrientes, devido às funções específicas de cada um deles (Malavolta, 2006).

Sendo assim, o entendimento da função de cada nutriente nos processos fisiológicos da planta auxilia na definição e na caracterização dos sintomas de deficiência.

Nitrogênio

O nitrogênio é o mais importante macronutriente, tanto em uso de fertilizantes, em âmbito mundial, como em conteúdo nas culturas e nas colheitas. Na planta, é reduzido à forma amoniacal e combinado nas cadeias orgânicas, formando ácido glutâmico, esse, por sua vez, incluído em mais de uma centena de diferentes aminoácidos. Desses, cerca de 20 são usados na formação de proteínas. As proteínas participam, como enzimas, nos processos metabólicos da planta, tendo, assim, uma função mais estrutural. Além disso, o nitrogênio participa da composição da molécula de clorofila (Raij, 1991). Malavolta (2006) observa que, na formação da colheita, o nitrogênio é o maior responsável pela produção de gemas vegetativas e floríferas. A quantidade relativa de nitrogênio nas plantas está relacionada com a quantidade de proteínas e carboidratos estocados e também com o tipo e a qualidade de crescimento e de florescimento (Marschner, 1995).

Fósforo

Embora o fósforo seja classificado como um macronutriente primário e de grande importância na adubação, os seus teores nas plantas são bem mais baixos do que os de nitrogênio e potássio, aproximando-se mais dos teores dos macronutrientes secundários. É absorvido, preferencialmente, como H_2PO_4^- , consequência não só do efeito do pH na abundância dessa espécie iônica em solução, mas também de um marcante decréscimo da disponibilidade de fósforo

com a elevação do pH da solução. Após a absorção, o fósforo é quase que imediatamente incorporado em compostos orgânicos (Raj, 1991).

Raj (1991) observa também que o fósforo participa de um grande número de compostos que são essenciais em diversos processos metabólicos na planta. O elemento está presente, também, nos processos de transferência de energia. O seu suprimento adequado, desde o início do desenvolvimento vegetal, é importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas. Segundo Malavolta (2006), a participação do fósforo na produção está relacionada com a aceleração na formação das raízes, juntamente com o nitrogênio no aumento do perfilhamento, na influência de um maior pegamento da florada e, conseqüentemente, numa maior frutificação. Por ser regulador da maturação, auxilia na viabilidade das sementes.

Potássio

O teor de potássio nas plantas só é inferior, em geral, ao de nitrogênio. A maior parte do potássio é absorvida pelas plantas durante a fase de crescimento vegetativo. As altas taxas de absorção implicam em uma forte competição com a absorção de outros cátions. O potássio é absorvido como K^+ pelas plantas e o nutriente mantém-se nessa forma, sendo o mais importante cátion na fisiologia vegetal. Não fazendo parte de compostos específicos, a função do potássio não é estrutural. Destaca-se o papel de ativador de funções enzimáticas e de manutenção da turgidez das células (Raj, 1991).

O potássio é o grande construtor da qualidade e a sua deficiência afeta significativamente a produção das plantas (Joiner et al., 1983). O papel do potássio na formação da colheita está relacionado com maior vegetação e perfilhamento e aumento no teor de carboidratos, gorduras e armazenamento de proteínas. Além disso, estimula o enchimento de grãos, promove o armazenamento de açúcares e amido, tem efeito no crescimento das raízes e, por

isso, ajuda na fixação biológica de nitrogênio e aumenta a utilização da água (Malavolta, 2006).

Cálcio

O cálcio é um nutriente consumido em quantidades muito variadas, em diferentes culturas (Raij, 1991). É essencial para manter a integridade estrutural e funcional das membranas e da parede celular, na sua deficiência as membranas permitem o vazamento do conteúdo citoplasmático, a compartimentalização celular é comprometida e fica afetada a ligação do cálcio com a pectina da parede celular. O efeito do cálcio é muito diversificado no crescimento e no desenvolvimento vegetal, podendo atrasar o amadurecimento e a senescência, melhorar a qualidade dos frutos, alterar a fotossíntese e outros processos como a divisão celular e movimentos citoplasmáticos. Um papel recentemente estudado é o envolvimento do cálcio na morte celular programada (MCP), ou seja, na deficiência desse nutriente a célula morre. Essa morte, provavelmente, resulta da desorganização de funções críticas, como a permeabilidade seletiva da membrana e a não operação dos mecanismos de sinalização em que o cálcio opera como mensageiro. A morte da célula se inicia pela perda da compartimentalização do cálcio, que leva a um aumento irreversível no seu teor no citosol (Malavolta, 2006).

Magnésio

As exigências de magnésio pelas culturas são relativamente modestas e uma das suas funções mais importantes é ser o elemento central da molécula de clorofila (Raij, 1991). O magnésio também é ativador de várias enzimas. Quase todas as enzimas fosforilativas dependem da presença de magnésio e a absorção de H_2PO_4^- é máxima na sua presença. Além disso, na sua ausência a fixação de CO_2 é inibida (Malavolta, 2006).

Enxofre

O enxofre participa de dois aminoácidos essenciais, a cistina e a metionina e a sua deficiência interrompe a síntese de proteínas (Raij, 1991). Os principais aspectos da formação da colheita relacionados com o enxofre são: absorção iônica (membranas), vegetação e frutificação (proteínas e fotossíntese), formação de óleos, gorduras, açúcar e aumento na fixação biológica de nitrogênio (Malavolta, 2006).

Boro

Segundo Malavolta (2006), o boro é o quebra-cabeças dos fisiologistas de plantas, pois o seu papel exato no crescimento é ainda matéria para discussão. Existem algumas funções atribuídas ao boro, como alterações em reações enzimáticas, mudanças metabólicas e uma relação entre a parede celular e a nutrição com boro (até 90% do boro da célula está na sua parede), entre outras funções, tais como fotossíntese, metabolismo e transporte de carboidratos. Os diferentes papéis na vida das plantas convergem para o seu efeito geral no processo da formação da colheita. Dentre eles, vale ressaltar absorção e transporte de água e nutrientes, maior vegetação e pegamento das floradas, fixação biológica de nitrogênio, proteção contra doenças e melhora na qualidade. Marschner (1995) cita que o boro tem papel importante no crescimento do tubo polínico.

Cobre

As principais funções do cobre nas plantas são a enzimática e a estrutural. O cobre participa de vários processos vitais à planta, como fotossíntese, respiração, regulação hormonal, fixação de nitrogênio (efeito indireto) e metabolismo de compostos secundários. Os papéis principais do cobre no processo de formação da colheita são o crescimento e produção,

resistência a doenças, estrutura do grão de pólen e maturação uniforme (Malavolta, 2006).

Ferro

O ferro é um importante constituinte ou ativador de enzimas e possui também função estrutural e participa de importantes processos, entre os quais estão a fotossíntese, respiração, fixação biológica de nitrogênio, assimilação de nitrogênio e enxofre, síntese de lignina e suberina e metabolismo de auxina (Malavolta, 2006).

Manganês

O manganês é ativador de diversas enzimas e participa de sínteses diversas (carboidratos, gorduras, proteínas, produtos secundários), entre outros processos, tais como, absorção iônica, fotossíntese, respiração, controle hormonal e resistência a doenças (Malavolta, 2006).

Zinco

O zinco, além de apresentar função estrutural, é constituinte ou ativador de enzimas, participa no processo da fotossíntese, respiração, síntese de proteínas e amido, no controle hormonal e resistência a doenças (Malavolta, 2006).

2.4.2 Avaliação do estado nutricional

Os sintomas de deficiências nutricionais tornam-se claramente visíveis quando uma deficiência se apresenta em um estágio agudo e a taxa de crescimento e produção é distintamente diminuída (Marschner, 1995).

A diagnose visual então consiste meramente em comparar o aspecto da amostra com o do padrão. Na maior parte dos casos compara-se o de um órgão, geralmente a folha dependendo do elemento, porém, a comparação pode ou deve ser feita usando-se outros órgãos, da raiz ao fruto. O motivo pelo qual o sintoma é típico do elemento deve-se ao fato de um dado nutriente exercer sempre as mesmas funções, qualquer que seja a espécie. Deve-se ressaltar que o sintoma visual de deficiência ou toxidez é o último passo de uma série de problemas metabólicos, irreversíveis, e que, quando aparece, a produção pode ter sido comprometida. Pode haver situações em que o crescimento e a produção são limitados sem que a sintomatologia típica se manifeste. Trata-se, então, da chamada “fome ou toxidez oculta” e ocorre quando a carência ou excesso são mais leves (Malavolta et al., 1997).

Epstein & Bloom (2004) mencionam três fatos que tornam a diagnose visual de difícil aplicação tendo apenas a sintomatologia como base. Segundo os autores, os sintomas de certo elemento podem diferir tão grandemente em diferentes culturas que o conhecimento desses sintomas em uma espécie oferece pouca ou nenhuma ajuda na determinação da mesma deficiência em outra. Além disso, sintomas idênticos ou similares podem resultar de deficiências de diferentes nutrientes. Deficiências múltiplas podem ocorrer em campo dificultando a diagnose, visto que, em sua maioria é descrita de forma isolada. E, por fim, outros fatores podem ocasionar sintomas semelhantes aos descritos para deficiências nutricionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - AGRIANUAL . São Paulo: FNP, 2008. p. 417-419.

ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, L. et al. **Sistemas de produção do morango**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de Produção, 5). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 02 jul. 2007.

BALDINI, E. M. **Vernalização de duas cultivares de morango: produção e análise econômica**. 1997. 54 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu.

BOTELHO, J. S. Situação atual da cultura do morangueiro no estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 22-23, maio/jun. 1999.

CAMARGO FILHO, W. P. de. **Estacionalidade da produção e dos preços de morango no Mercosul**. São Paulo: IEA, 1994. 5 p.

CARVALHO, S. P. Histórico, importância socioeconômica e sazonalidade da produção de morango no estado de Minas Gerais. In: CARVALHO, S. P. (Coord.) **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 9-13.

CASTELLANE, P. D. Nutrição e adubação do morangueiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal. **Anais ...** Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 261-279.

DUARTE FILHO, J. Cultivares de morango. In: CARVALHO, S. P. de (Coord.). **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 15-22.

DUARTE FILHO, J.; ANTUNES, L. E. C.; PÁDUA, J. G. Cultivares. In: Morango: conquistando novas fronteiras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236. p. 20-23, jan./ fev. 2007.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants**. Sunderland: Sinauer Associates, 2004. 392 p.

FILGUEIRA, F. A. R. Rosáceas - morango: um frutinho rasteiro. In: _____. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2003. p. 378-385.

JOINER, J. N.; POOLE, R. T.; CONOVER, C. A. Nutrition and fertilization of ornamental greenhouse crops. **Horticultural Reviews**, New York, v. 5, p. 366-403, 1983.

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

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

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

PASSOS, F. A. Melhoramento do morangueiro no Instituto Agronômico de Campinas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 1., 1999, Pouso Alegre. **Morango: tecnologia de produção e processamento**. Caldas: EPAMIG/FECD, 1999. p. 259-264,

PREZOTTI, L. C. Nutrição mineral do morangueiro. **In: BALBINO, J. M. de S. (Ed.). Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de morangueiro**. 2. ed. Vitória: Incaper, 2006. p. 37-40.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/ POTAFOS, 1991. 343 p.

RANDMANN, E. B.; BIANCHI, V. J.; OLIVEIRA, R. P. de; FACHINELLO, J. C. Caracterização e diversidade genética de cultivares de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 84-87, jan./ mar. 2006.

REBELO, J. A.; BALARDIN, R. S. **A cultura do morangueiro**. 3. ed. Florianópolis: EPAGRI, 1997. 44 p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 46).

RONQUE, E. R. V. **Cultura do morangueiro: revisão e prática**. Curitiba: EMATER-PR, 1998. 206 p.

SEELIG, R. A. **Strawberries**. 3. ed. Washington: United Fresh Fruit & Vegetable Association, 1975. 24 p.

SILVA, A. F.; DIAS, M. S. C.; MARO, L. A. C. Botânica e fisiologia do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG. v. 28, n. 236. p. 7-13, jan./ fev. 2007.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS NO MORANGUEIRO

RESUMO

Rodas, Cleber Lázaro. Caracterização de sintomas visuais de deficiências nutricionais no morangueiro. **In:** _____. **Deficiências nutricionais no morangueiro:** caracterização de sintomas visuais, produção e nutrição mineral. 2008. Cap. 2, p. 17-48. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Os desarranjos metabólicos causados por deficiências nutricionais eventualmente se manifestam em anormalidades visíveis. O objetivo desse trabalho foi caracterizar os sintomas visuais de deficiências nutricionais na cultura do morangueiro. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, Lavras-MG. O experimento foi iniciado em abril de 2007, com duração de cinco meses. Utilizou-se um DIC, com cinco repetições e 12 tratamentos, sendo eles: Solução Hoagland & Arnon completa, soluções nutritivas com omissões de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Após o início dos tratamentos as plantas foram observadas, verificando-se as alterações decorrentes das omissões de nutrientes, sendo os sintomas caracterizados e fotografados à medida que ocorriam durante o período experimental. De maneira geral, as deficiências nutricionais foram traduzidas em sintomas visuais, a maioria, nas folhas, porém, nas ausências simples de B e de Zn, os sintomas foram verificados somente na infrutescência. Nas omissões de S, Cu e Mn não foram verificados sintomas visuais durante o período experimental.

¹ Comitê Orientador: Profª. Janice Guedes de Carvalho - UFLA (Orientadora);
Prof. Rovilson José de Souza - UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

Rodas, Cleber Lázaro. Visual symptoms characterization of nutritional deficiencies in strawberry plant. In: _____. **Nutritional deficiencies in strawberry plant:** visual symptoms characterization, yield and mineral nutrition. 2008. Chap. 2, p. 17-48. Dissertation (Master in Soil Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

Metabolic disturbs caused by nutritional deficiencies eventually are showed like visible abnormalities. Objective of this work was to characterize nutritional deficiencies visual symptoms. The experiment was carried out under greenhouse conditions at Soil Science Department at UFLA, Lavras, MG, Brazil, from April 2007 during five months, using a randomized blocks design, with five replications and 12 treatments: complete Hoagland & Arnon solution, nutritional solutions with simple omissions of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn. After the treatments beginning the plants had been observed, verifying the visual alterations due of nutrients omissions, being the symptoms characterized and photographed during the experimental period. The majority of the deficiencies showed visual symptoms, mainly in leaves, however, under omissions of B and Zn, the symptoms had only been verified in the fruits. Under omissions of S, Cu and Mn the plants did not show visual symptoms during the experiment conduction.

¹ Guidance Committee: Prof. Janice Guedes de Carvalho - UFLA (Advisor);
Prof. Rovilson José de Souza - UFLA (Co-advisor).

1 INTRODUÇÃO

Apesar de ser uma cultura econômica e socialmente interessante e da expansão da área plantada, poucos são os trabalhos de pesquisa sobre a nutrição mineral do morangueiro no Brasil, principalmente sobre a descrição de sintomas de deficiências nutricionais.

O estado nutricional das plantas pode ser determinado por meio de procedimentos indiretos e diretos. Os indiretos são aqueles em que a concentração de determinado nutriente na planta é estimada por meio de uma característica cujos valores sejam correlacionados com as concentrações dos nutrientes nas plantas. Por sua vez, os procedimentos diretos são aqueles em que as concentrações aparentes e, ou, reais, são determinadas.

A diagnose do estado nutricional pela análise visual, determinado por meio direto, consiste meramente em comparar o aspecto da amostra com o do padrão (Malavolta et al., 1997).

Entretanto, é de conhecimento geral que algumas espécies demonstram sintomas de deficiências nutricionais com algumas peculiaridades, às vezes não sendo regra um sintoma descrito para a maioria das plantas.

Os sintomas visuais de deficiência ou excesso podem ser considerados como o fim de uma sequência de eventos que começa com uma lesão em nível molecular, continua com alteração subcelular, depois celular e, quando um conjunto de células ou tecido é afetado, aparece o sintoma visual (Malavolta, 2006).

Os sintomas de deficiências nutricionais tornam-se claramente visíveis quando uma deficiência se apresenta em um estágio agudo e a taxa de crescimento e produção é distintamente diminuída. A diagnose visual pode ser especialmente complicada no caso de plantas crescendo no campo de produção

quando, um ou mais nutrientes minerais estão em níveis inadequados ou quando a deficiência desse nutriente ocorre simultaneamente com a toxidez de outro nutriente, além da presença de pragas e doenças ou outras injúrias mecânicas (Marschner, 1995).

O objetivo desse trabalho foi caracterizar os sintomas visuais de deficiências na cultura do morangueiro em solução nutritiva.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, localizado no município de Lavras, sul de Minas Gerais. O município está situado a 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste de Greenwich, a altitude de 918 m (Brasil, 1992).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições e 12 tratamentos, representados por: Solução de Hoagland & Arnon (1950) completa, solução nutritiva com omissão de N (-N), solução nutritiva com omissão de P (-P), solução nutritiva com omissão de K (-K), solução nutritiva com omissão de Ca (-Ca), solução nutritiva com omissão de Mg (-Mg), solução nutritiva com omissão de S (-S), solução nutritiva com omissão de B (-B), solução nutritiva com omissão de Cu (-Cu), solução nutritiva com omissão de Fe (-Fe), solução nutritiva com omissão de Mn (-Mn) e solução nutritiva com omissão de Zn (-Zn). A parcela foi composta por um vaso plástico com volume de três litros contendo uma planta por vaso.

A cultivar de morango utilizada foi a Oso Grande por representar mais de 80% da área plantada no sul de Minas Gerais. As mudas, oriundas de

estolões, foram formadas em bandejas plásticas tendo como substrato a fibra de coco.

As mudas foram transferidas para uma bandeja plástica contendo 36 L de solução referente a Hoagland & Arnon completa, com aeração constante, nas concentrações de 25, 50 e 100% da sua força iônica, as quais ficaram um período de sete dias em cada concentração. Após o período de adaptação, as plantas foram individualizadas em vasos plásticos com capacidade para três litros, com aeração constante. Foram utilizadas placas de isopor de quatro centímetros de espessura como suporte para as plantas. As soluções eram trocadas quinzenalmente durante o período experimental.

Na preparação de todas as soluções estoques dos nutrientes empregaram-se reagentes P.A.. As soluções nutritivas foram preparadas utilizando-se água deionizada e, durante o intervalo de renovação das soluções, o volume dos vasos foi completado, sempre que necessário, utilizando-se água deionizada.

Pelo fato de a polinização do morangueiro ser realizada por insetos e esses não estarem presentes durante a condução do experimento (condições de casa de vegetação) a polinização foi realizada de forma manual diariamente, com o auxílio de um pincel de pintura número seis.

À medida que ocorriam as manifestações dos sintomas visuais de deficiências nutricionais, todas as alterações na planta que distinguiam as plantas sob omissão de nutrientes das plantas cultivadas em solução completa foram fotografadas e anotadas. Dessa forma foi possível acompanhar a evolução dos sintomas visuais de deficiências durante o período experimental.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Deficiência de nitrogênio

As plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de nitrogênio, inicialmente apresentaram uma clorose generalizada, acentuada em folhas mais velhas (Figura 1B). Com o avanço dos sintomas, a clorose foi substituída por um tom avermelhado, seguido por necrose das bordas em direção ao centro dos folíolos (Figura 1A e 1C). As folhas do tratamento sob omissão de nitrogênio entraram em senescência mais rapidamente, quando comparadas com folhas do tratamento Completo, sem omissão de nutrientes. Os mesmos sintomas foram verificados nos pecíolos das folhas. As plantas sob deficiência desse nutriente apresentaram crescimento e desenvolvimento retardados. Seu sistema radicular também foi afetado pela carência em nitrogênio.

Esses mesmos sintomas, porém, em menor intensidade, foram verificados por Pacheco et al. (2006) em trabalho realizado no norte de Minas Gerais. Johanson & Walker (1963) descreveram também que o desenvolvimento de uma coloração vermelha a partir das margens internas dos folíolos é o sintoma típico de deficiência de nitrogênio em morangueiro.



FIGURA 1. Sintomas visuais de deficiência de nitrogênio em morangueiro: aspecto geral da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita) (A), clorose das folhas mais velhas (B) e avermelhamento e necrose das folhas antes com clorose (C). UFLA, Lavras, MG, 2008.

A clorose generalizada (Mengel & Kirkby, 1987; Marschner, 1995; Epstein & Bloom, 2004; Malavolta, 2006) e hábito estiolado (Mengel & Kirkby, 1987; Epstein & Bloom, 2004;) são os sintomas mais característicos da deficiência de nitrogênio. Dos nutrientes, o nitrogênio é o único que as plantas podem translocar e redistribuir imediatamente (Bergmann, 1992). Dessa forma, Epstein & Bloom (2004) explicam que as folhas mais velhas são as primeiras a se tornarem afetadas, devido à redistribuição, e as folhas mais novas continuam a crescer ativamente.

A ocorrência do sintoma visual de deficiência de nitrogênio caracterizado pela clorose das folhas mais velhas é explicada por Mengel & Kirkby (1987) onde, quando o suprimento de nitrogênio para as raízes é inadequado, o nutriente de folhas mais velhas é mobilizado para partes mais novas das plantas. As proteínas das folhas mais velhas sofrem proteólise, sendo hidrolisadas e resultando em aminoácidos que são então redistribuídos para folhas e tecidos novos. A proteólise resulta no colapso dos cloroplastos e assim ocorre um declínio dos teores de clorofila, culminando num amarelecimento das folhas mais velhas.

Entretanto, a desmontagem dos complexos pigmentos-proteínas causa a liberação de clorofilas que são potencialmente perigosas às plantas, podendo causar danos foto-oxidativos. As clorofilas devem então ser degradadas até formas não-reativas (Hostensteiner & Feller, 2002). Desse modo, a degradação das clorofilas não tem por objetivo mobilizar nutrientes, mas sim detoxificar os compostos de clorofila altamente reativos que são liberados dos complexos proteína-pigmentos constituintes das membranas tilacóides dos cloroplastos (Souza & Fernandes, 2006).

Taiz & Zeiger (2004) mencionam que a coloração arroxeadada ou avermelhada apresentada por algumas espécies sob deficiência de nitrogênio é

devida a um acúmulo de carboidratos, que, por não poderem ser utilizados na síntese de aminoácidos ou de outros compostos nitrogenados, podem ser usados na síntese de antocianina, levando ao acúmulo desse pigmento na planta.

O nitrogênio exerce grande influência no desenvolvimento vegetativo, na produtividade e na qualidade do morango. A deficiência diminui o vigor das plantas e a produtividade, mas melhora a qualidade organoléptica do morango (Passos, 1999).

3.2 Deficiência de fósforo

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de fósforo, inicialmente apresentaram crescimento retardado, quando comparadas às plantas do tratamento completo (Figura 2A). As plantas apresentaram folhas menos desenvolvidas. Com o aumento da intensidade dos sintomas verificou-se roxeamento do limbo foliar e dos pecíolos das folhas mais velhas (Figura 2B). A planta apresentou um grande desenvolvimento do sistema radicular, quando comparado ao tratamento Completo.

Johanson & Walker (1963), citando esse tom verde escuro, mencionam que, na deficiência de fósforo, desenvolve-se uma coloração azulada em pequenas nervuras e, posteriormente, atinge toda a superfície da folha. A intensificação da tonalidade verde-escura das folhas de morangueiro também foi verificada por Pacheco et al. (2006). Porém, ambos os trabalhos não mencionam o aparecimento de tom arroxeado no limbo foliar nem o aumento do volume do sistema radicular.



FIGURA 2. Sintomas visuais de deficiência de fósforo em morangueiro: aspecto geral da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento Completo (direita) (A) e tonalidade verde escura da planta com roxeamento da área foliar das folhas mais velhas (B). UFLA, Lavras, MG, 2008.

Os sintomas de deficiência de fósforo não são tão marcantes como os dos outros nutrientes, e seus efeitos mais evidentes são uma redução do crescimento como um todo. Mesmo assim, pode-se observar em plantas deficientes uma coloração verde-escura nas folhas mais velhas (Araújo & Machado, 2006). Essa característica de folhas mais velhas com tonalidade verde-escura é explicada pelo reduzido crescimento das folhas, não afetando inicialmente a síntese de clorofila. Assim, há um aumento da concentração de clorofila por unidade de área foliar proporcionando uma cor mais escura (Bergmann, 1992).

De acordo com Goor & Lune (1980), os elementos considerados relativamente móveis no floema têm um gradiente de aumento das folhas mais velhas para as mais novas. Sendo assim, os sintomas de deficiência surgem nas folhas mais velhas caso o nutriente seja móvel, como é o caso do fósforo. Segundo Bergmann (1992), plantas sob deficiência prolongada de fósforo podem apresentar manchas necróticas marrom escuras nas folhas velhas, lesões necróticas nas margens das folhas e morte e queda de folhas mais velhas.

Taiz & Zeiger (2004) observam que da mesma forma que na deficiência de nitrogênio, algumas espécies podem produzir antocianinas em excesso, conferindo às folhas uma coloração levemente arroxeadada. Em comparação com a deficiência de nitrogênio, a coloração púrpura gerada pela deficiência de fósforo não está associada à clorose. Na verdade as folhas podem apresentar uma coloração roxa fortemente esverdeada.

O baixo suprimento de fósforo diminui a área foliar, em consequência principalmente da redução do número de folhas e, secundariamente, da limitação da expansão da folha (Lynch et al., 1991; Rodríguez et al., 1998).

Contudo, em contraste com o crescimento da parte aérea, o crescimento de raízes é muito menos inibido sob deficiência de fósforo, acarretando numa

típica diminuição da relação da matéria seca da parte aérea/ raiz (Marschner, 1995). Grant et al. (2001) explicam que as plantas apresentam alguns mecanismos de adaptação para melhorar seu acesso aos estoques de fósforo em condições de deficiência desse elemento, um deles é o aumento do sistema radicular, desenvolvendo rapidamente raízes laterais com abundantes pêlos radiculares.

3.3 Deficiência de potássio

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de potássio não apresentaram queda significativa na produção de matéria fresca da parte aérea, quando comparadas a plantas do tratamento Completo (Figura 3A). As folhas mais velhas apresentaram leve clorose. Essas áreas apresentaram escurecimento e surgiram manchas necróticas no limbo (Figura 3B e 3C). Com a intensificação dos sintomas, a necrose tomava todo o folíolo.

Os pecíolos das folhas, bem como os pedúnculos das infrutescências também apresentaram necroses, particularmente próximo à inserção na coroa. Na mesma intensidade do pedúnculo, as sépalas também apresentaram manchas necróticas (Figura 3D).

Pacheco et al. (2006) também verificaram que na deficiência de potássio, o morangueiro apresentou clorose seguida de necrose na borda do limbo, num sintoma normalmente iniciado nas folhas mais velhas. Johanson & Walker (1963) salientam ainda que antes de tomarem totalmente o folíolo, as manchas necróticas formam um triângulo que tem como centro a nervura central do órgão.



FIGURA 3. Sintomas visuais de deficiência de potássio em morangueiro: aspecto geral da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento Completo (direita) (A), planta apresentando manchas necróticas com posterior necrose total das folhas mais velhas (B), detalhe do sintoma em folíolo deficiente (C) e detalhe do sintoma no pedúnculo e sépalas da infrutescência (D). UFLA, Lavras, MG, 2008.

O potássio desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais. Esse nutriente também ativa muitas enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese. O primeiro sintoma visível da deficiência de potássio é clorose em manchas ou marginal, que, então, evolui para necrose, principalmente nos ápices foliares, nas margens e entre nervuras. Em muitas monocotiledôneas, essas lesões necróticas podem formar-se inicialmente nos ápices foliares e margens e, então, estender-se em direção à base. Como o potássio pode ser remobilizado para folhas mais jovens, esses sintomas aparecem inicialmente nas folhas mais maduras da base da planta. As folhas podem também curvar-se e secar (Taiz & Zeiger, 2004).

Em plantas com deficiência de potássio, mudanças químicas ocorrem, como acúmulo de carboidratos solúveis, decréscimo no nível de amido e acúmulo de componentes solúveis de nitrogênio, tais como: aminoácidos, amidas e amônia, além de aminas, produtos de carboxilação de aminoácidos, como putrescina, N-carbamilputrescina e agmatina, sendo essa última responsável pelas manchas necróticas que aparecem em folhas com deficiência de potássio (Epstein, 1975; Marschner, 1995).

Segundo Malavolta (2006), uma das razões possíveis para a alta exigência de potássio pelas culturas seja a necessidade de concentrações elevadas no citoplasma para garantir atividade enzimática ótima, tendo em vista, que esse nutriente é responsável pela ativação de mais de cinquenta enzimas.

3.4 Deficiência de cálcio

Devido aos intensos sintomas observados, foi necessário que esse tratamento fosse rapidamente colhido, evitando-se a morte das plantas, para obtenção do material para análises químicas.

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de cálcio, inicialmente apresentaram crescimento retardado, quando comparadas às plantas do tratamento completo (Figura 4A). Os sintomas visuais de deficiência de cálcio foram caracterizados por clorose seguida de necrose das margens das folhas mais jovens das plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão desse nutriente (Figura 4B). Com o avanço da deficiência, essa necrose marginal progrediu para manchas necróticas localizadas no limbo, tomando toda a área do folíolo e houve a morte da gema apical (Figura 4C).

O sistema radicular foi severamente afetado pela omissão do cálcio. As raízes apresentaram coloração escura.

Sintomas semelhantes foram observados por Pacheco et al. (2006) e por Johanson & Walker (1963).



FIGURA 4. Sintomas visuais de deficiência de cálcio em morangueiro: aspecto geral da planta sob deficiência (esquerda) comparada com a planta do tratamento Completo (direita) (A), necrose marginal dos folíolos das folhas mais novas (B) e avanço da necrose com senescência da folha nova e morte da gema apical (C). UFLA, Lavras, MG, 2008.

Segundo Mengel & Kirkby (1987), na deficiência de cálcio os sintomas de clorose das folhas novas com posterior necrose das margens das folhas são devidos, provavelmente, à dissolução da parede celular. Isso porque o cálcio é fundamental para a permeabilidade das membranas e a manutenção da integridade celular, sendo requerido para a divisão e a expansão das células.

O aparecimento dos sintomas nas margens das folhas pode ser atribuído ao fato de que as células dessas regiões podem ter exigências mais elevadas ou podem ser as primeiras células privadas desse nutriente, conforme o progresso da deficiência (Hewitt & Smith, 1975).

A insolubilidade dos compostos de cálcio da planta e sua localização na célula explicam, em parte, a falta de redistribuição sob condições de deficiência, o que provoca o aparecimento de sintomas de carência em órgãos mais novos (Malavolta, 1980).

Epstein & Bloom (2004) mencionam que os sintomas de deficiência de cálcio aparecem mais cedo, e, mais severamente, em regiões meristemáticas e folhas jovens. Como o nutriente não é redistribuído, os pontos de crescimento são danificados ou mortos e o crescimento das raízes é severamente afetado.

Sua imobilidade é justificada por Furlani (2004). Como o cálcio é um elemento estrutural na planta e ocorre em alta concentração na lamela média das paredes celulares e na parte externa da membrana plasmática, sua mobilidade fica restrita.

3.5 Deficiência de magnésio

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de magnésio, inicialmente apresentaram escurecimento do limbo foliar com posterior aparecimento de necrose nas margens dos folíolos (Figura 5B e 5C). Diferentemente das necroses observadas nas deficiências anteriores, essa se apresentava em formas circulares e de coloração clara. Os aportes de massa, tanto da parte aérea quanto do sistema radicular, foram prejudicados com a omissão de magnésio.

Johanson & Walker (1963) apontam esse escurecimento do limbo foliar como o desenvolvimento de uma coloração púrpuro-avermelhada sobre os folíolos do morangueiro. Pacheco et al. (2006) verificaram sob deficiência de magnésio uma clorose internerval incipiente nas folhas mais velhas, porém não verificaram decréscimo no desenvolvimento das partes aérea e radicular. Esses autores inferem que uma reserva nutritiva elevada de magnésio na fase anterior ao plantio em vaso tenha restringido sintomas mais agudos da deficiência, durante o desenvolvimento da planta em vaso.



FIGURA 5. Sintomas visuais de deficiência de magnésio em morangueiro: escurecimento do limbo foliar em folhas mais velhas (A), pontos necróticos claros na margem e no limbo foliar (B) (C). UFLA, Lavras, MG, 2008.

O magnésio tem papel específico na ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA (Taiz & Zeiger, 2004); entretanto, o seu papel mais bem conhecido é como componente estrutural da molécula de clorofila (Mengel & Kirby, 1987).

A ocorrência dos sintomas em folhas mais velhas é justificada, por Epstein & Bloom (2004), pelo fato de o magnésio ser rapidamente translocado das regiões maduras para as mais jovens da planta, com crescimento ativo. Como resultado, os sintomas visuais de deficiência surgem primeiro nas folhas mais velhas. Além disso, em relação à sua solubilidade, a fração solúvel em água é, em geral, maior que a do cálcio situando-se entre esse e o potássio. De forma geral, cerca de 70% do magnésio total são difusíveis e estão associados com ânions minerais ou orgânicos, os quais podem ser difusíveis ou não (Malavolta, 2006).

3.6 Deficiência de boro

A deficiência de boro afetou mais a produtividade que o crescimento vegetal da cultura do morangueiro.

Os principais sintomas apareceram no período produtivo da cultura. Plantas sob omissão de boro apresentaram deformação das inflorescências. Verificou-se que as inflorescências não apresentavam os estames e, se apresentavam, esses eram pequenos e mal formados. Em algumas inflorescências houve o aparecimento do filete, porém sem a presença de anteras. O órgão feminino não apresentou sintomas visuais de deficiência (Figura 6B). Por consequência, a maioria das infrutescências nesse tratamento se mostrou mal formadas e sem valor comercial. Foi comum também o aparecimento de infrutescências sem a presença dos frutos verdadeiros do morangueiro, os aquênios (Figura 6C e 6D).

Albregts & Howard (1984) declaram que os sintomas de deficiência de boro em folhas podem ser observados ocasionalmente na cultura, já a presença de infrutescências deformadas, causada, entre outros fatores, pela deficiência desse nutriente, ocorre com maior frequência.

Na literatura, pouco se encontra sobre a deficiência do boro no morangueiro causando sintomas nas inflorescências e infrutescências dessa cultura.



FIGURA 6. Sintomas visuais de deficiência de boro em morangueiro: aspecto de uma inflorescência de planta sob condições normais de crescimento (A), aspecto de uma inflorescência de planta sob deficiência (B), infrutescência de planta sob deficiência (direita) comparada com infrutescência de planta do tratamento Completo (esquerda) (C) e planta sob deficiência em época de produção (D). UFLA, Lavras, MG, 2008.

Segundo Mengel & Kirkby (1987) a deficiência de boro surge primeiramente como um crescimento anormal ou retardado de pontos em crescimento. Devido à sua relativa imobilidade nos tecidos, a sua deficiência tem como característica comum os distúrbios do crescimento dos tecidos meristemáticos. Malavolta et al. (1997) mencionam que sob omissão de boro, as dificuldades de divisão e diferenciação celulares são as primeiras indicações da carência, resultantes da necessidade do nutriente para a síntese das bases nitrogenadas.

Quaggio & Piza Junior (2001), em trabalho de revisão, mencionam que a deficiência de boro causa mau funcionamento do tecido do cambium vascular, responsável pela multiplicação das células dos vasos condutores, provocando colapso imediato do floema e, em casos extremos, do xilema. Com isso, há a redução do crescimento das raízes, que não recebem quantidades suficientes de fotossintatos.

Epstein & Bloom (2004) comentam que sob a omissão desse nutriente, o florescimento é severamente afetado. Malavolta (2006), citando alguns autores, afirma que em muitas plantas as exigências de boro para a fase reprodutiva são muito mais altas do que as necessidades para o crescimento vegetativo (Blevins & Lukaszewski, 1998). É clássico o efeito na germinação do pólen ou no florescimento e frutificação (Lima Filho & Malavolta, 1998). Um suprimento amplo e contínuo de boro é exigido para o crescimento do tubo polínico e acredita-se que o elemento se complexa com material celular durante o processo de alongação evitando o término precoce da mesma. É possível que o boro forme complexo com a calose na interface entre o tubo polínico e o estilo da flor (Romheld & Marschner, 1991).

Segundo Phahler (1967) e Stanley & Linskens (1974), o boro interage com açúcares, formando um complexo açúcar-borato, que reage mais

rapidamente com as membranas celulares, fornecendo energia para auxiliar o processo de desenvolvimento do tubo polínico.

3.7 Deficiência de ferro

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de ferro apresentaram pequena redução do porte vegetal em relação ao tratamento Completo e seus sistemas radiculares não sofreram diminuição de volume. Inicialmente, verificou-se tom verde amarelado sobre a superfície dos folíolos, porém as nervuras continuaram com a coloração verde (Figura 7A). Com a intensificação dos sintomas, toda a área foliar dessas folhas foi tomada por esse tom, seguindo-se necrose marginal dos folíolos (Figura 7B).

Johanson & Walker (1963) também verificaram clorose internerval, permanecendo as nervuras mais internas com coloração verde intensa na deficiência de ferro.



FIGURA 7. Sintomas visuais de deficiência de ferro em morangueiro: clorose em folhas jovens no início da deficiência (A), clorose com início das manchas necróticas (B). UFLA, Lavras, MG, 2008.

Bergmann (1992) menciona que o sistema radicular de plantas sob omissão de ferro é afetado. A deficiência de ferro está associada à inibição da alongação radicular, aumentos do diâmetro das zonas apicais das raízes, formação abundante de raízes laterais e cor amarelada devido ao acúmulo de riboflavina, sendo essa uma estratégia para translocar ferro das raízes para a parte aérea (Romheld & Marschner, 1981).

Segundo Mengel & Kirkiby (1987), o ferro forma complexo de coordenação (sistema redox), ativa enzimas via complexos enzimas-substratos e participa na síntese do ácido aminolevulínico, o precursor de hemoproteínas e da clorofila. Na deficiência de ferro, as concentrações de clorofila, carotenóides, ferredoxina e ribossomos diminuem e as de ácidos orgânicos e aminoácidos livres aumentam. Havendo menos ferredoxina, a célula perde o principal fornecedor de elétrons, acarretando acúmulo de compostos oxidados.

3.8 Deficiência de zinco

Assim como na deficiência de boro, na omissão de zinco a produção e qualidade de infrutescências foram mais afetadas que o crescimento vegetativo, os sintomas visuais de deficiência apareceram na época produtiva da cultura, as infrutescências se apresentaram de tamanho reduzido, com pouca formação de massa, com os frutos bem aparentes e um aglomerado desses na ponta da infrutescência. A formação dos frutos verdadeiros não foi afetada.



FIGURA 8. Sintomas visuais de deficiência de zinco em morangueiro: infrutescência de planta sob deficiência (A) e infrutescência de planta do tratamento Completo (B). UFLA, Lavras, MG, 2008.

O zinco é essencial para a síntese do triptofano, ativador da enzima sintetase do triptofano, aminoácido precursor do AIA (Ácido Indol Acético), cujo nível é baixo em plantas deficientes em zinco, decorrente da alta atividade da AIA-oxidase (Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato - POTAFOS, 1998).

Várias evidências sugerem que a auxina esteja envolvida na regulação do desenvolvimento dos frutos. A auxina é produzida no pólen, no endosperma e no embrião de sementes em desenvolvimento e o estímulo inicial para o crescimento do fruto pode resultar da polinização. A polinização bem sucedida inicia o crescimento do rudimento seminal, o qual é conhecido como estabelecimento do fruto. Após a fertilização, o crescimento do fruto depende da auxina produzida nas sementes em desenvolvimento. O endosperma pode contribuir com auxina durante o estágio inicial do crescimento do fruto e o embrião em desenvolvimento pode ser a fonte principal de auxina durante os estágios seguintes (Taiz & Zeiger, 2004).

A infrutescência do morango é o receptáculo intumescido, no qual o crescimento é regulado pela auxina produzida pelos frutos verdadeiros (Galston, 1994). Portanto, na falta de zinco logo haverá deficiência na auxina e a infrutescência do morango não se desenvolverá.

4 CONCLUSÕES

A maior parte das omissões nutricionais mostram sintomas visuais de deficiência na cultura do morangueiro.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Não se verificou nenhum sintoma visível característico nas omissões de enxofre, cobre e manganês. Provavelmente houve uma contaminação do ar por enxofre, já que o local de condução do experimento fica próximo a laboratórios que trabalham com esse elemento, o que proporcionou uma absorção foliar do mesmo. Durante a condução do experimento foi necessária a utilização de fungicidas e outros produtos fitossanitários, produtos esses que podem ter fornecido as plantas micronutrientes via foliar, mascarando os resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBREGTS, E. E.; HOWARD, C. M. **Strawberry production in Florida**. Gainesville: University of Florida, 1984. 26 p. (University of Florida. Agricultural Experiment Station. Bulletin, n. 841).
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p 253-280
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. rev. e ampl.. Piracicaba, 1998. 117 p.
- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**: development, visual and analytical diagnosis. New York: G. Fischer, 1992. 741 p.
- BLEVINS, D. G.; LUKASZEWSKI, K. M. Boron in plant structure and function. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 49, p. 481-500, 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Meteorologia. **Normais climatológicas**: 1961-1990. Brasília, 1992. 84 p.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. Rio de Janeiro: LTC, 1975. 341 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Mineral nutrition of plants**. Sunderland: Sinauer Associates, 2004. 403 p.
- FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 40-75.
- GALSTON, A. **Life processes of plants**. New York: Scientific American Library. 1994. 245 p. (Scientific American Library, n. 49).
- GOOR, B. J. van; LUNE, P. van. Redistribution of potassium, boron, magnesium and calcium in apple trees determined by indirect method. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 48, n. 1, p. 21-26, 1980.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta.** Piracicaba: POTAFOS, 2001. 5 p. (Informações Agronômicas, 95).

HEWITT, E. J.; SMITH, T. A. **Plant mineral nutrition.** London: The English University, 1975. 298 p.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture methods for growing plants without soil.** Berkeley: University of California - The College of Agriculture, 1950. 32 p. (University of California. Agricultural Experiment Station. Circular, 347).

HOSTENSTEINER, S.; FELLER, U. Nitrogen metabolism and the remobilization during senescence. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 370, p. 927-937, Apr. 2002

JOHANSON, F. D.; WALKER, R. B. Nutrient deficiencies and foliar composition of strawberries. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Beltsville, v. 83, p. 413-419, Dec. 1963.

LIMA FILHO, O.; MALAVOLTA, E. Evolution of extraction procedures on determination of critical soil and foliar levels of boron and zinc in coffee plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 29, n. 7/8, p. 825-834, Apr. 1998.

LYNCH, J.; LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Vegetative growth of the common bean in response to phosphorus nutrition. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 2, p. 380-387, Mar./Apr. 1991.

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

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

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

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

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

PACHECO, D. D.; RIBEIRO, D. P.; DIAS, M. S. C.; ANTUNES, P. D.; LIMA, L. M. S.; PINHO, D. B.; RUAS, L. O.; MOREIRA, S. A. F.; SOUZA, F. V.; ALMEIDA JUNIOR, A. B.; SOUZA, R. P. D. Sintomas visuais de deficiências minerais em morangueiro cultivado no norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19., 2006, Cabo Frio. **Palestras e resumos...** Cabo Frio: SBF, 2006.

PASSOS, F. A. Nutrição, adubação e calagem do morangueiro. In: DUARTE FILHO, J.; CANÇADO, G. M. A.; REGINA, M. A.; ANTUNES, L. E. C.; FADINI, M. A. M. (Coord.). **Morango: tecnologia de produção e processamento**. Caldas: EPAMIG, 1999. p. 159-167

PHAHLER, P. L. In vitro germination and pollen tube growth of maize (*Zea mays* L.) pollen: calcium e boron effects. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 45, p. 839-845, 1967.

QUAGGIO, J. A.; PIZA JUNIOR, C. T. Frutíferas tropicais. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/ FAPESP/ POTAFOS, p. 459-492, 2001.

RODRÍGUEZ, D.; KELTJENS, W. G.; GOUDRIAAN, J. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growth under low phosphorus conditions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 200, n. 2, p. 227-240, Mar. 1998.

ROMHELD, V.; MARSCHNER, H. Iron deficiency stress induced morphological and physiological changes in root tips of sunflower. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 53, p. 354-360, 1981.

ROMHELD, V.; MARSCHNER, H. Function of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J. J. **Micronutrients in agriculture**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of American, 1991. p. 297-328.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 215-252.

STANLEY, R. G.; LINSKENS, H. S. **Pollen biochemistry management**. Berlin: Heidelberg, 1974. 307 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

CAPÍTULO III

PRODUÇÃO DE PARTE AÉREA, RAIZ E INFRUTESCÊNCIAS E NUTRIÇÃO MINERAL DO MORANGUEIRO SOB OMISSÃO DE NUTRIENTES

RESUMO

Rodas, Cleber Lázaro. Produção de parte aérea, raiz e infrutescências e nutrição mineral do morangueiro sob omissão de nutrientes. In: _____. **Deficiências nutricionais no morangueiro**: caracterização de sintomas visuais, produção e nutrição mineral. 2008. Cap. 3, p. 49-86. Dissertação (Mestrado Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O desenvolvimento das culturas depende de vários fatores, dentre os quais a disponibilidade de nutrientes em quantidades e em equilíbrio, pois a deficiência ou a toxidez de um determinado elemento influencia a atuação dos demais, promovendo redução na produção das culturas. Para estudar a influência da omissão nutricional no desenvolvimento, na produtividade e na composição química da parte aérea do morangueiro, foi realizado um experimento em casa-de-vegetação do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, Lavras-MG. O experimento foi iniciado em abril de 2007, com duração de cinco meses. Utilizou-se um DIC, com cinco repetições e 15 tratamentos, sendo eles: Solução Hoagland & Arnon completa, soluções nutritivas com omissões simples de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn e soluções com omissões conjuntas de Ca x B, B x Zn e K x B. Avaliaram-se, matéria fresca e seca da parte aérea, matéria seca da raiz, produtividade e teor e acúmulo nutricional na parte aérea das plantas. De modo geral as deficiências nutricionais afetaram o desenvolvimento e a produtividade do morangueiro. De acordo com as interações existentes entre os elementos, a absorção de nutrientes pelo morangueiro foi afetada. A ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes foi a seguinte: K > N > Ca > P > Mg > S. Quanto aos micronutrientes, a ordem decrescente foi a seguinte: Mn > Fe > B > Zn > Cu.

¹ Comitê Orientador: Prof^a. Janice Guedes de Carvalho - UFLA (Orientadora);
Prof. Rovilson José de Souza - UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

Rodas, Cleber Lázaro. Shoot, root and fruits yield and mineral nutrition in strawberry plant under nutrients omission. In: _____. **Nutritional deficiencies in strawberry plant: visual symptoms characterization, yield and mineral nutrition.** 2008. Chap. 3, p. 49-86. Dissertation (Master in Soil Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

Plants development depends on some factors, amongst which the availability of nutrients in amounts and balance, deficiency or toxicity of one determined element influences the others performance, promoting reduction on the crop yield. To study the influence of the nutritional omission in the development, yield and the chemical composition in strawberry plants shoot, an experiment was carried out under greenhouse conditions at Soil Science Department at UFLA, Lavras, MG, Brazil, from April 2007 during five months, using a randomized blocks design, with five replications and 15 treatments: complete Hoagland & Arnon solution, nutritional solutions with simple omissions of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn and solutions with multiple omissions of Ca x B, B x Zn and K x B. Evaluated, natural and dry matters of the shoot, dry matter of the root, yield and nutritional content and accumulation from plants shoot. In a general way nutritional deficiencies had influenced in strawberry plants development and yield. According interactions between the elements, the nutritional absorption by strawberry plant was affected. The decreasing order of accumulation of macronutrients was: K > N > Ca > P > Mg > S. Among micronutrients, the decreasing order was: Mn > Fe > B > Zn > Cu.

¹ Guidance Committee: Prof. Janice Guedes de Carvalho - UFLA (Advisor);
Prof. Rovilson José de Souza - UFLA (Co-advisor).

1 INTRODUÇÃO

A expressão “exigências nutricionais” refere-se às quantidades de nutrientes que a planta retira do meio para atender às suas necessidades, crescer e produzir adequadamente. Assim, a quantidade de nutrientes exigida é função dos seus teores no material vegetal e do total de matéria seca produzida.

O uso de análises químicas de material vegetal é baseado na premissa de que a quantidade de certo elemento na planta é uma indicação do suprimento existente no solo para aquele nutriente específico e, conseqüentemente, diretamente relacionado com a quantidade no solo (Carvalho & Lopes, 1998). Além disso, a grande vantagem da análise química das plantas é que essa integra os efeitos do solo, planta, clima e manejo.

A concentração de nutrientes difere não somente em diferentes espécies vegetais, mas também nas diversas partes das plantas. Essa variabilidade é afetada pelo tipo de planta, idade fisiológica do tecido, posição do tecido nas plantas, disponibilidade de nutrientes no substrato, concentração de outros nutrientes e vários fatores edafoclimáticos (Jones Junior, 1991).

Plantas desenvolvidas com limitações nutricionais apresentam crescimento vegetativo reduzido e baixa produção de flores e frutos, além de deformações morfológicas (Bergmann, 1992).

Assim sendo, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos das omissões de nutrientes no crescimento, produção e no estado nutricional do morangueiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, localizado no município de Lavras, sul de Minas Gerais. O município está situado a 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste de Greenwich, a altitude de 918m (Brasil, 1992).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições e 15 tratamentos, representados por: Solução de Hoagland & Arnon (1950) completa, solução nutritiva com omissão de N (-N), solução nutritiva com omissão de P (-P), solução nutritiva com omissão de K (-K), solução nutritiva com omissão de Ca (-Ca), solução nutritiva com omissão de Mg (-Mg), solução nutritiva com omissão de S (-S), solução nutritiva com omissão de B (-B), solução nutritiva com omissão de Cu (-Cu), solução nutritiva com omissão de Fe (-Fe), solução nutritiva com omissão de Mn (-Mn), solução nutritiva com omissão de Zn (-Zn), solução nutritiva com omissão de Ca e B (-CaB), solução nutritiva com omissão de B e Zn (-BZn) e solução nutritiva com omissão de K e Zn (-KZn). A parcela foi composta por um vaso plástico com volume de três litros contendo uma planta por vaso.

A cultivar de morango utilizada foi a Oso Grande por representar mais de 80% da área plantada no sul de Minas Gerais. As mudas, oriundas de estolões, foram formadas em bandejas plásticas, tendo como substrato a fibra de coco e fornecimento adequado de nutrientes.

As mudas foram transferidas para uma bandeja plástica contendo 36 L de solução referente à Hoagland & Arnon completa, com aeração constante, nas concentrações de 25, 50 e 100% da sua força iônica, as quais ficaram um período de sete dias em cada concentração. Após o período de adaptação, as plantas foram individualizadas em vasos plásticos com capacidade para três litros, com aeração constante. Foram utilizadas placas de isopor de quatro

centímetros de espessura como suporte para as plantas. As soluções eram trocadas quinzenalmente durante o período experimental.

Na preparação de todas as soluções estoques dos nutrientes empregaram-se reagentes P.A. As soluções nutritivas foram preparadas utilizando-se água deionizada e, durante o intervalo de renovação das soluções, o volume dos vasos foi completado, sempre que necessário, utilizando-se água deionizada.

Pelo fato de a polinização do morangueiro ser realizada por insetos e esses não estarem presentes durante a condução do experimento devido às condições em que foi conduzido o experimento, a polinização foi realizada de forma manual diariamente, com o auxílio de um pincel de pintura número seis.

As colheitas das infrutescências aconteciam duas vezes por semana durante a época de produção. Após a colheita, todas as infrutescências foram pesadas individualmente em balança de precisão (0,01g), sendo anotada a massa fresca das infrutescências.

Após o período produtivo, as plantas foram colhidas e então separadas as partes aérea e radicular. Nessa ocasião foi anotada a matéria fresca da parte aérea, utilizando para isso uma balança de precisão (0,01g).

A parte aérea foi lavada em água destilada corrente. Após a lavagem, a parte aérea e a raiz foram secas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65-70°C até que o material apresentasse massa constante.

O material vegetal foi pesado em balança de precisão (0,01g) para a obtenção da matéria seca.

Após a pesagem, o material oriundo da parte aérea da planta foi moído em moinho tipo Wiley para determinação de macro e micronutrientes.

Os teores de N nas plantas foram determinados por micro Kjeldahl, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). No extrato, obtido por

digestão nitroperclórica, foram dosados o P por colorimetria, o K por fotometria de chama, os teores de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica e os de S total por turbidimetria (Malavolta et al., 1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias avaliadas pelo teste Skott & Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio do programa computacional Sisvar (Ferreira, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito da omissão nutricional no desenvolvimento e produtividade das plantas de morangueiro

As omissões simples e múltiplas de nutrientes afetaram a produção do morangueiro.

Os resultados referentes à matéria fresca da parte aérea, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e produtividade (morangos frescos) das plantas de morangueiro cultivadas sob omissão nutricional, são mostrados na Tabela 1.

TABELA 1 Matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e produtividade (PR) de plantas de morangueiro sob omissão de macro e micronutrientes de forma simples e múltipla. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamento	MFPA (g)	MSPA (g)	MSR (g)	PR (g planta ⁻¹)
Completo	47,95a	17,14a	3,55b	208,25b
-N	14,95d	6,07f	2,65d	46,12g
-P	22,95d	7,89e	4,53a	54,31g
-K	44,12a	13,03c	1,36f	67,95f
-Ca	4,98e	3,28g	0,86g	NCP*
-Mg	27,70c	14,71b	1,89e	103,01e
-S	35,79b	12,45c	2,25e	243,34a
-B	39,12b	12,60c	1,91e	90,11e
-Cu	34,79b	15,35b	2,51d	184,82c
-Fe	37,12b	16,42a	3,47b	109,02d
-Mn	33,12c	13,48c	2,98c	128,72d
-Zn	45,79a	17,14a	2,51d	87,25e
-KB	31,45c	10,66d	1,13f	7,20h
-CaB	2,87e	2,18g	0,59g	NCP*
-BZn	28,45c	9,18e	1,77e	114,28d
CV (%)	15,96	9,28	10,36	10,66

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. *Não chegou a produzir.

3.1.1 Produção de matéria fresca da parte aérea

A menor produção de matéria fresca foi observada tanto sob omissão de Ca como na interação desse nutriente com o B. Devido à intensidade dos sintomas visuais de deficiência apresentados pelas plantas sob omissão de Ca, essas foram as primeiras a serem colhidas. Sob deficiência de Ca, Malavolta

(2006) afirma que há a hidrólise da parede celular causando a morte das regiões de crescimento da planta.

Nas deficiências isoladas de K e de Zn as plantas não apresentaram queda na produção de massa verde. Provavelmente, durante a fase de adaptação das plantas à solução nutritiva, as plantas adquiriram reservas desses nutrientes e, assim, essas apresentaram comportamento semelhante às plantas do tratamento completo no que diz respeito à massa verde da planta, vale ressaltar, porém, que esses tratamentos apresentaram quedas na produtividade quando comparados com o tratamento Completo, implicando, assim, maior desgaste da planta durante a produção.

3.1.2 Produção de matéria seca da parte aérea

Assim como na massa fresca, a deficiência de Ca promoveu uma queda na produção de matéria seca da parte aérea das plantas. Resultado esse semelhante ao obtido por Pacheco et al. (2006) que, estudando a nutrição mineral do morangueiro no Norte de Minas Gerais, verificaram comprometimento da produção de matéria seca da parte aérea das plantas quando cultivadas sob deficiência de Ca.

Houve redução na produção de matéria seca da parte aérea de plantas cultivadas sob omissão de Ca de 80,86% e de 87,28% em plantas cultivadas sob a omissão conjunta de Ca x B, quando comparadas à produção do tratamento Completo.

Nas deficiências simples de Fe e Zn, não foi verificada diferença significativa na produção de matéria seca da parte aérea em relação ao tratamento Completo. Mesmo resultado encontrado por Pacheco et al. (2006) no caso da deficiência de Zn.

3.1.3 Produção de matéria seca do sistema radicular

A produção de matéria seca de raízes de plantas submetidas a omissões de nutrientes foi severamente afetada. Tal como observado para a parte aérea das plantas, a omissão de Ca, isoladamente ou em conjunto com o B, apresentou as menores médias de produção de matéria seca da raiz. Pacheco et al. (2006) comentam que plantas de morangueiro sob deficiência de Ca tiveram a produção de massa seca da raiz muito comprometida. Quando há deficiência metabólica de Ca, a planta responde com a paralisação do crescimento radicular. Nesse processo, primeiramente, há restrição na extensão celular e, em seguida, na divisão celular (Pacheco et al., 2007). A carência de Ca afeta particularmente os pontos de crescimento da raiz, causando o aparecimento de núcleos poliplóides, células binucleadas, núcleos constrictos e divisões amitóticas causando seu escurecimento e posterior morte da raiz, levando a uma paralisação do crescimento (Malavolta et al., 1997).

O tratamento em que foi omitido o Fe não apresentou diferença significativa da matéria seca do sistema radicular em relação ao tratamento Completo, supostamente pela reserva desse nutriente conseguida pela planta durante a fase de adaptação das plantas.

Plantas cultivadas sob omissão de P apresentaram produção de matéria seca de raiz maior que plantas cultivadas em solução completa. Grant et al. (2001) explicam que as plantas apresentam alguns mecanismos de adaptação para melhorar seu acesso aos estoques de P em condições de deficiência desse elemento; um deles é o aumento do sistema radicular, desenvolvendo rapidamente raízes laterais com abundantes pêlos radiculares.

3.1.4 Produção do morangueiro cultivado sob deficiência nutricional

Com exceção da omissão de S, todos os tratamentos apresentaram produções inferiores à verificada pelas plantas cultivadas em solução completa (Tabela 1). Não foi encontrada na literatura relação do S com a produtividade do morangueiro. Dentre os macronutrientes, o S é o menos requerido pela cultura do morango e, provavelmente, durante a fase de adaptação das plantas à solução nutritiva, essas adquiriram reservas de S e, assim, apresentaram esse comportamento. Outra hipótese é a contaminação do ar por S; visto que o local de condução do experimento fica próximo a laboratórios que trabalham com esse elemento, o que proporcionou uma absorção foliar do mesmo.

Os tratamentos em que foi omitido o Ca emitiram botões florais, porém, com a intensidade dos sintomas de deficiência desse elemento, as inflorescências não se desenvolveram, não produzindo infrutescências.

3.2 Teor e acúmulo de nutrientes

A seguir encontram-se os resultados dos teores e acúmulos de nutrientes na parte aérea das plantas de morangueiro. Os dados foram submetidos à comparação de médias através do teste Skott & Knott a 5% de probabilidade, nos diferentes tratamentos.

3.2.1 Teor e acúmulo de macronutrientes

3.2.1.1 Teor e acúmulo de nitrogênio

Não foram observadas diferenças significativas entre os teores de N para a maioria dos tratamentos. Entretanto, em função das diferenças na produção de matéria seca dos tratamentos, houve diferenças entre o acúmulo do nutriente nas partes aéreas (Tabela 2).

TABELA 2 Produção de matéria seca, teor e acúmulo de nitrogênio pela parte aérea de plantas de morangueiro sob omissão de macro e micronutrientes de forma simples e múltipla. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamento	Matéria seca (g)	Teor	Acúmulo
		-----g kg ⁻¹ -----	----mg planta ⁻¹ ----
Completo	17,14	21,20b	363,37a
-N	6,07	9,77c	59,30e
-P	7,89	19,07b	150,46d
-K	13,03	26,90a	350,51a
-Ca	3,28	20,90b	68,55e
-Mg	14,71	21,67b	318,76b
-S	12,45	19,43b	241,90c
-B	12,60	20,33b	256,16c
-Cu	15,35	20,63b	316,67b
-Fe	16,42	18,67b	306,56b
-Mn	13,48	19,57b	263,80c
-Zn	17,14	19,83b	339,88a
-KB	10,66	22,33b	238,04c
-CaB	2,18	20,67b	45,07e
-BZn	9,18	20,33b	186,63d
CV (%)		9,12	9,74

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O maior teor de N foi verificado nas plantas cultivadas sob omissão de K. Porém, vale ressaltar que, a produtividade das plantas sob deficiência desse nutriente foi em média 67,37% menor em relação à produtividade das plantas em solução completa. Provavelmente parte do N absorvido pelas plantas em solução completa foi exportado por ocasião da colheita das infrutescências. Há também o efeito de concentração, onde, segundo Malavolta et al. (1997), há o aumento do teor quando cai a produção de matéria seca da planta.

O tratamento em que foi omitido o N apresentou o menor teor desse elemento. A concentração externa de íons é um dos fatores que afetam a absorção iônica radicular (Marschner, 1995; Malavolta, 2006). O N é um nutriente responsável pelo aumento da área foliar e sua deficiência causa a redução no tamanho da folha. Os menores teores associados às menores produções de matéria seca culminaram nos menores acúmulos de N na parte aérea das plantas. Em função das baixas produções de matéria seca das plantas sob esse tratamento o acúmulo seguiu a mesma tendência do teor. Juntamente com o -N, os tratamentos sob omissão de Ca apresentaram os menores acúmulos em relação ao tratamento Completo.

Os maiores acúmulos de N na parte aérea das plantas ocorreram nos tratamentos Completo, -K e -Zn. Esse fato reflete a maior produção de matéria seca pelas plantas dos tratamentos completo e sob omissão de Zn e pelo alto teor de N na omissão de K em relação aos demais, havendo, assim, efeito de concentração, função da reduzida produção de matéria seca. Os menores acúmulos foram observados nos tratamentos -N, -Ca e -CaB.

3.2.1.2 Teor e acúmulo de fósforo

Os teores e acúmulos de P na parte aérea foram afetados pela omissão dos nutrientes (Tabela 3).

TABELA 3 Produção de matéria seca, teor e acúmulo de fósforo pela parte aérea de plantas de morangueiro sob omissão de macro e micronutrientes de forma simples e múltipla. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamento	Matéria seca (g)	Teor	Acúmulo
		-----g kg ⁻¹ -----	----mg planta ⁻¹ ----
Completo	17,14	5,83a	99,93a
-N	6,07	2,74c	16,63f
-P	7,89	0,94d	7,42g
-K	13,03	6,59a	85,87b
-Ca	3,28	5,52a	18,10f
-Mg	14,71	6,41a	94,29a
-S	12,45	5,70a	70,96c
-B	12,60	6,46a	81,40b
-Cu	15,35	5,95a	91,33a
-Fe	16,42	6,17a	101,31a
-Mn	13,48	6,02a	81,15b
-Zn	17,14	5,00a	85,70b
-KB	10,66	4,28b	45,62e
-CaB	2,18	3,58b	7,80g
-BZn	9,18	6,00a	55,08d
CV (%)		12,18	9,99

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A redução da expansão foliar é o efeito mais notável de plantas sob carência de P (Freeden et al., 1989). O menor teor de P foi verificado quando se omitiu esse nutriente da solução de cultivo. A produção de matéria seca da parte aérea foi comprometida e o acúmulo seguiu a mesma tendência do teor. Tendência semelhante para o acúmulo de P foi observada em plantas cultivadas sob omissão conjunta de Ca x B.

Ao contrário do esperado, a omissão simples de Ca não diminuiu os teores de P nas plantas. Segundo Jones Junior et al. (1991), aumentos das concentrações de Ca aumentam a absorção de P, pois o Ca estimula o transporte de P nas membranas das mitocôndrias. Por esse tratamento ter apresentado baixa produção de matéria seca, houve efeito de concentração do teor de P na planta.

Os maiores acúmulos de P na parte aérea foram verificados nos tratamentos Completo, -Mg, -Cu e -Fe. Nesses tratamentos verificou-se grande produção de matéria seca e grande teor de P na sua composição, explicando esse resultado. Malavolta (2006) menciona que o Mg aumenta a absorção de fósforo porque abaixa os valores de Km; além disso, como o Mg participa de reações de fosforilação nas quais entra o trifosfato de adenosina (ATP), não seria errado admitir que o nutriente tem um efeito sinérgico mais amplo. Segundo Jones Junior et al. (1991) o Fe pode interferir na absorção, translocação e assimilação de P, devido à formação de fosfatos de ferro. Esses mesmos autores citam que P e Cu apresentam certo antagonismo, haja visto que no excesso de um, a planta apresenta deficiência do outro.

3.2.1.3 Teor e acúmulo de potássio

Os teores e acúmulos de K na parte aérea foram afetados pela omissão dos nutrientes (Tabela 4).

TABELA 4 Produção de matéria seca, teor e acúmulo de potássio pela parte aérea de plantas de morangueiro sob omissão de macro e micronutrientes de forma simples e múltipla. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamento	Matéria seca (g)	Teor		Acúmulo	
		-----g kg ⁻¹ -----	-----mg planta ⁻¹ -----		
Completo	17,14	21,60d	370,22b		
-N	6,07	17,00f	103,19g		
-P	7,89	21,00d	165,69f		
-K	13,03	6,40g	83,39g		
-Ca	3,28	26,00b	85,28g		
-Mg	14,71	34,20a	503,08a		
-S	12,45	21,20d	263,94d		
-B	12,60	20,80d	262,08d		
-Cu	15,35	19,40e	297,79c		
-Fe	16,42	20,80d	341,54b		
-Mn	13,48	23,00c	310,04c		
-Zn	17,14	19,20e	329,09c		
-KB	10,66	5,80g	61,83g		
-CaB	2,18	24,00c	52,32g		
-BZn	9,18	23,60c	216,65e		
	CV (%)	3,63	9,95		

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os maiores teores e acúmulos de K na parte aérea das plantas foram verificados nos tratamentos onde se omitiu o Mg. Com menor intensidade em

relação à omissão do Mg, porém significativamente observada, na omissão de Ca, os teores de K na parte aérea das plantas foram maiores do que no tratamento completo. A presença relativa de K, Ca e Mg influenciam a concentração de cada um dos cátions dentro da planta (Jones Junior et al., 1991). O K e o Ca são dois nutrientes importantes na nutrição de plantas. A existência de antagonismo entre esses dois cátions é de natureza fisiológica e ocorre durante os processos de absorção pelas raízes e translocação dessas para a parte aérea (Fernandes, 2000).

O K atua como ativador enzimático e participa de processos como abertura de estômatos, fotossíntese, transporte de carboidratos e respiração (Malavolta, 2006). Os menores teores de K na parte aérea das plantas foram verificados quando esse nutriente foi omitido da solução de cultivo. Seu acúmulo foi diminuído nesses e nos tratamentos onde ocorreu a omissão do Ca e do N, devido ao fato de as plantas terem seu desenvolvimento comprometido.

3.2.1.4 Teor e acúmulo de cálcio

A omissão de Ca ocasionou uma redução no teor desse nutriente na parte aérea do morangueiro, quando comparado com os demais tratamentos, tanto em omissão simples quanto em conjunto com o B. (Tabela 5). A concentração externa de íons é um dos fatores que afetam a absorção iônica radicular (Marschner, 1995; Malavolta, 2006). Os menores teores associados às menores produções de matéria seca culminaram nos menores acúmulos de Ca na parte aérea das plantas.

TABELA 5 Produção de matéria seca, teor e acúmulo de cálcio pela parte aérea de plantas de morangueiro sob omissão de macro e micronutrientes de forma simples e múltipla. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamento	Matéria seca (g)	Teor	Acúmulo
		-----g kg ⁻¹ -----	----mg planta ⁻¹ ----
Completo	17,14	14,54a	249,21a
-N	6,07	14,43a	87,59e
-P	7,89	12,76b	100,68e
-K	13,03	11,89b	154,93d
-Ca	3,28	7,00d	22,96f
-Mg	14,71	15,31a	225,21b
-S	12,45	12,11b	150,77d
-B	12,60	12,28b	154,73d
-Cu	15,35	13,71a	210,45b
-Fe	16,42	12,46b	204,59b
-Mn	13,48	13,89a	187,24c
-Zn	17,14	12,97b	222,30b
-KB	10,66	8,67c	92,42e
-CaB	2,18	6,22d	13,56f
-BZn	9,18	12,03b	110,43e
	CV (%)	5,67	9,39

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os maiores teores de Ca na parte aérea das plantas foram verificados nos tratamentos Completo, -Mg, -N, -Mn e -Cu. Mesmo não apresentando estatisticamente diferença significativa, o teor de Ca em plantas sob omissão de Mg foi em média 5% maior que no tratamento Completo. Marschner (1995) observa que a presença de Mg e N-NH₄⁺ no meio pode diminuir a absorção de Ca pelas plantas. A ausência de Mn pode ter induzido uma maior absorção de Ca

devido às relações interiônicas de inibição competitiva entre esses dois nutrientes. Malavolta (1980) menciona que o Ca compete com o Mn pelo mesmo carregador nas folhas de cana-de-açúcar em pulverizações foliares.

As plantas do tratamento Completo apresentaram os maiores acúmulos de Ca em relação aos demais tratamentos.

3.2.1.5 Teor e acúmulo de magnésio

A omissão de Mg ocasionou os menores teores desse nutriente em morangueiro. Quanto ao acúmulo, os tratamentos -Mg e - CaB apresentaram os menores valores (Tabela 6). Ao contrário do esperado, na deficiência de Ca, houve redução no acúmulo de Mg, provavelmente pelo pouco desenvolvimento das plantas sob esse tratamento.

TABELA 6 Produção de matéria seca, teor e acúmulo de magnésio pela parte aérea de plantas de morangueiro sob omissão de macro e micronutrientes de forma simples e múltipla. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamento	Matéria seca (g)	Teor	Acúmulo
		-----g kg ⁻¹ -----	----mg planta ⁻¹ ----
Completo	17,14	4,27c	73,19a
-N	6,07	3,38d	20,52e
-P	7,89	3,59d	28,32d
-K	13,03	4,91b	63,98b
-Ca	3,28	4,52c	14,82e
-Mg	14,71	0,66e	9,71f
-S	12,45	6,00a	74,70a
-B	12,60	4,35c	54,81b
-Cu	15,35	4,34c	66,62a
-Fe	16,42	3,78d	62,07b
-Mn	13,48	4,45c	59,99b
-Zn	17,14	4,18c	71,64a
-KB	10,66	3,67d	39,12c
-CaB	2,18	3,81d	8,30f
-BZn	9,18	4,17c	38,28c
	CV (%)	6,09	9,27

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O maior teor de Mg foi verificado nas plantas do tratamento -S, seguido pelo -K. A literatura não cita nenhum tipo de relação antagônica entre o Mg e o S. A presença relativa de K, Ca e Mg influenciam a concentração de cada um dos cátions dentro da planta (Jones Junior et al., 1991), assim como verificado no teor de K no morangueiro em função da omissão de Mg, devido ao antagonismo característico desses dois cátions, houve aumento do teor de Mg na

planta em função da omissão de K. Na deficiência de Ca o teor de Mg não apresentou diferença significativa em relação ao tratamento Completo.

3.2.1.6 Teor e acúmulo de enxofre

O menor teor de S foi verificado em plantas cultivadas sob omissão desse nutriente, enquanto nas omissões simples de B, K, Cu, P, Ca e Zn e nas omissões múltiplas de B x Zn e K x B verificaram-se maiores teores de S em relação ao tratamento Completo (Tabela 7).

TABELA 7 Produção de matéria seca, teor e acúmulo de enxofre pela parte aérea de plantas de morangueiro sob omissão de macro e micronutrientes de forma simples e múltipla. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamento	Matéria seca (g)	Teor	Acúmulo
		-----g kg ⁻¹ -----	----mg planta ⁻¹ ----
Completo	17,14	2,01b	34,45a
-N	6,07	1,95b	11,84e
-P	7,89	2,30a	18,15d
-K	13,03	2,32a	30,23b
-Ca	3,28	2,26a	7,41f
-Mg	14,71	1,87b	27,51b
-S	12,45	1,51c	18,80d
-B	12,60	2,40a	30,24b
-Cu	15,35	2,32a	35,61a
-Fe	16,42	1,85b	30,38b
-Mn	13,48	2,06b	27,77b
-Zn	17,14	2,23a	38,22a
-KB	10,66	2,27a	24,20c
-CaB	2,18	1,99b	4,34f
-BZn	9,18	2,60a	23,87c
CV (%)		7,42	9,30

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O menor teor de S no tratamento Completo foi devido às altas produções de matéria seca nesse tratamento refletindo um efeito diluição do nutriente. Esse fato é comprovado nos mais altos acúmulos desse nutriente no tratamento supracitado. Não diferindo do tratamento Completo, verificou-se alto acúmulo de S nos tratamentos sob omissão de Cu e Zn. Jones Junior et al. (1991)

menciona que o aumento na concentração de Zn do meio diminui a absorção de S em trabalhos realizados com plantas de beterraba açucareira.

Os menores acúmulos de S foram verificados nos tratamentos sob omissão de Ca, devido, provavelmente, aos menores valores de matéria seca produzida.

3.2.2 Teor e acúmulo de micronutrientes

3.2.2.1 Teor e acúmulo de boro

Os maiores teores de B foram observados em plantas que sofreram a omissão P e de K. Entretanto, plantas sob omissão de P apresentaram queda no acúmulo do nutriente, em função da menor produção de matéria seca, refletindo o efeito de concentração do nutriente (Tabela 8).

TABELA 8 Produção de matéria seca, teor e acúmulo de boro pela parte aérea de plantas de morangueiro sob omissão de macro e micronutrientes de forma simples e múltipla. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamento	Matéria seca (g)	Teor	Acúmulo
		-----mg kg ⁻¹ -----	---- µg planta ⁻¹ ----
Completo	17,14	105,39c	1806,38a
-N	6,07	90,92d	551,88e
-P	7,89	131,86a	1040,37d
-K	13,03	139,83a	1821,98a
-Ca	3,28	82,97e	272,14f
-Mg	14,71	96,65c	1421,72c
-S	12,45	102,10c	1271,14c
-B	12,60	48,80f	614,88e
-Cu	15,35	101,86c	1563,55b
-Fe	16,42	103,11c	1693,07a
-Mn	13,48	117,15b	1579,18b
-Zn	17,14	92,92d	1592,65b
-KB	10,66	24,30g	259,04f
-CaB	2,18	56,76f	123,74f
-BZn	9,18	80,68e	740,64e
	CV (%)	5,86	10,48

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Resultado semelhante foi encontrado por Jones Junior et al. (1991), em que trabalhos com três cultivares de morango mostraram que, sob deficiência de P, as concentrações de B nas plantas aumentaram.

De acordo com Dibb & Thompson (1985), ocorrem algumas interações entre K e micronutrientes, em que o primeiro diminui a absorção de B, Fe e Mo. Bergmann (1992) cita um efeito antagônico entre B e K.

No tratamento Completo e nas omissões simples de K e Fe, foram verificadas as maiores quantidades de B acumulado na parte aérea do morangueiro. Isso ocorreu devido ao alto teor verificado na omissão do K e pela alta produção de matéria seca no tratamento Completo e -Fe.

Os menores acúmulos de B nas plantas foram encontrados nos tratamentos -Ca, -CaB e -KB devido, provavelmente, aos baixos teores encontrados aliados à baixa produção de matéria seca produzida.

3.2.2.2 Teor e acúmulo de cobre

Os maiores teor e acúmulo de Cu foram observados em plantas que sofreram a omissão de Fe. Quando comparados os teores e acúmulos de Cu do tratamento -Fe ao tratamento Completo, percebe-se que, para teores, foram observados valores 33,12% superiores e que, seus acúmulos de Cu foram 27,50% superiores (Tabela 9).

TABELA 9 Produção de matéria seca, teor e acúmulo de cobre pela parte aérea de plantas de morangueiro sob omissão de macro e micronutrientes de forma simples e múltipla. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamento	Matéria seca (g)	Teor	Acúmulo
		-----mg kg ⁻¹ -----	---- µg planta ⁻¹ ----
Completo	17,14	8,51b	145,86b
-N	6,07	4,57e	27,74f
-P	7,89	5,73d	45,21e
-K	13,03	5,78d	75,31c
-Ca	3,28	6,65c	21,81f
-Mg	14,71	5,19d	76,34c
-S	12,45	4,82e	60,01d
-B	12,60	4,49e	56,57d
-Cu	15,35	2,32g	35,61e
-Fe	16,42	11,33a	186,04a
-Mn	13,48	2,82g	38,01e
-Zn	17,14	4,24e	72,67c
-KB	10,66	3,38f	36,03e
-CaB	2,18	6,81c	14,84f
-BZn	9,18	3,62f	33,23e
CV (%)		6,99	11,71

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Jones Junior et al. (1991), citando um trabalho com rosa, mencionam que a adição de Fe à solução de cultivo diminuiu o teor de Cu em folhas.

Os menores teores de Cu foram verificados nos tratamentos -Cu e -Mn. Jones Junior et al. (1991), mencionam haver uma correlação negativa entre esses dois nutrientes em soja e trigo.

Como já previsto, os menores acúmulos de Cu ocorreram nos tratamentos com menor aporte de massa seca na parte aérea.

3.2.2.3 Teor e acúmulo de ferro

O maior teor de Fe foi observado em plantas que sofreram a omissão de P e a omissão conjunta de B x Zn havendo um efeito de concentração do nutriente, pois pouca matéria seca foi produzida. Entretanto, seus acúmulos foram inferiores aos tratamentos Completo e -Zn, os quais apresentaram os maiores acúmulos do nutriente devido à alta produção de matéria seca pelas plantas desses tratamentos (Tabela 10).

TABELA 10 Produção de matéria seca, teor e acúmulo de ferro pela parte aérea de plantas de morangueiro sob omissão de macro e micronutrientes de forma simples e múltipla. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamento	Matéria seca (g)	Teor	Acúmulo
		-----mg kg ⁻¹ -----	----µg planta ⁻¹ ----
Completo	17,14	188,85b	3236,89a
-N	6,07	108,82d	660,54e
-P	7,89	263,34a	2077,75c
-K	13,03	216,54b	2821,52b
-Ca	3,28	199,79b	655,31e
-Mg	14,71	189,44b	2786,66b
-S	12,45	198,07b	2465,97c
-B	12,60	181,93b	2292,32c
-Cu	15,35	190,97b	2931,39b
-Fe	16,42	86,22d	1415,73d
-Mn	13,48	130,92c	1764,80d
-Zn	17,14	203,11b	3481,30a
-KB	10,66	141,66c	1510,09d
-CaB	2,18	174,29b	379,95e
-BZn	9,18	237,03a	2175,93c
	CV (%)	10,19	9,60

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Como já visto no teor e acúmulo de P pelo morangueiro, há uma interferência na absorção de P e Fe na presença desses dois nutrientes no meio devido à formação de fosfatos de ferro.

As plantas sob omissões simples de Fe e de N apresentaram os menores teores de Fe. Jones Junior et al. (1991) argumentam haver uma interação positiva entre a presença de nitrogênio amoniacal e a absorção de Fe pela planta,

certamente devido à característica do íon NH_4^+ em aumentar a acidez do meio, aumentando a disponibilidade de Fe (Malavolta, 2006).

Os menores acúmulos de Fe foram observados em plantas sob omissões simples de N e Ca e omissão conjunta de Ca x B.

3.2.2.4 Teor e acúmulo de manganês

Os menores teores de Mn foram verificados em plantas cultivadas sob omissão desse nutriente. Quanto ao acúmulo, os tratamentos -Ca e -CaB apresentaram os menores valores, devido, certamente, à baixa produção de matéria seca (Tabela 11).

TABELA 11 Produção de matéria seca, teor e acúmulo de manganês pela parte aérea de plantas de morangueiro sob omissão de macro e micronutrientes de forma simples e múltipla. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamento	Matéria seca (g)	Teor	Acúmulo
		-----mg kg ⁻¹ -----	----µg planta ⁻¹ ----
Completo	17,14	306,88b	5259,92a
-N	6,07	223,47e	1356,46f
-P	7,89	335,55a	2647,49e
-K	13,03	295,47b	3849,97c
-Ca	3,28	251,73d	825,67g
-Mg	14,71	210,98e	3103,51d
-S	12,45	249,94d	3111,75d
-B	12,60	274,90c	3463,74c
-Cu	15,35	315,22b	4838,63b
-Fe	16,42	336,14a	5519,42a
-Mn	13,48	108,13f	1457,59f
-Zn	17,14	288,15c	4938,89b
-KB	10,66	199,11e	2122,51e
-CaB	2,18	253,57d	552,78g
-BZn	9,18	281,46c	2583,80e
	CV (%)	4,60	9,83

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os maiores teores do nutriente foram observados em plantas cultivadas sob omissões simples de Fe e de P. Contudo, sob carência de P o acúmulo de Mn foi baixo em função da sua baixa produção de matéria seca. Quanto à deficiência de Fe, esse tratamento apresentou, juntamente com o tratamento Completo, os maiores acúmulos de Mn na parte aérea das plantas. Fe e Mn possuem relações muito próximas na nutrição mineral de plantas segundo Jones et al. (1991).

Esses mesmos autores mostram que existe uma relação antagônica entre esses dois nutrientes. Altas concentrações de Fe têm efeito sob a riboflavina que ajuda na translocação do Mn. Vários são os trabalhos citados por Jones et al. (1991) mostrando que na deficiência de P, a concentração de Mn nas plantas aumenta.

3.2.2.5 Teor e acúmulo de zinco

Os tratamentos -CaB, -K, -Ca e -P apresentaram teores de Zn na parte aérea maiores que os verificados no tratamento Completo. Por produzirem menos matéria seca que o tratamento Completo, houve o efeito de concentração do Zn. Pela baixa produção de matéria seca das plantas dos tratamentos -Ca e -CaB, nesses tratamentos foram verificados, juntamente com os tratamentos -N e -BZn, os menores valores de acúmulos em Zn (Tabela 12).

TABELA 12 Produção de matéria seca, teor e acúmulo de zinco pela parte aérea de plantas de morangueiro sob omissão de macro e micronutrientes de forma simples e múltipla. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamento	Matéria seca (g)	Teor	Acúmulo
		-----mg kg ⁻¹ -----	----µg planta ⁻¹ ----
Completo	17,14	20,30d	347,94b
-N	6,07	21,40d	129,90f
-P	7,89	25,69c	202,69e
-K	13,03	32,84b	427,90a
-Ca	3,28	32,03b	105,06f
-Mg	14,71	15,77e	231,98d
-S	12,45	22,39d	278,75c
-B	12,60	19,15d	241,29d
-Cu	15,35	21,01d	322,50b
-Fe	16,42	21,30d	349,75b
-Mn	13,48	21,37d	288,07c
-Zn	17,14	13,26f	227,28d
-KB	10,66	17,98e	191,67e
-CaB	2,18	43,91a	95,72f
-BZn	9,18	13,91f	127,69f
	CV (%)	9,00	10,04

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Feitosa et al. (1992), trabalhando com omissão de Ca em rami, também verificaram elevados teores de Zn sob omissão de Ca. Segundo Malavolta et al. (1997), esses resultados podem ser explicados pela ausência do mecanismo de inibição não competitiva existente entre esses nutrientes quando da retirada do Ca da solução de cultivo.

O tratamento -K apresentou o maior acúmulo de Zn na parte aérea das plantas, devido, certamente, ao elevado teor de K e ao bom aporte de matéria seca das plantas.

O K é um forte competidor com outros cátions por causa da alta eficiência do sistema de absorção das plantas. Em ausência de K^+ na solução, a absorção de outros cátions é aumentada, uma vez que a competição é menos severa (Rosolem, 2005).

Frazão (2008), estudando deficiências nutricionais na cultura do Bastão do Imperador, e Moreira et al. (2001), estudando a interação entre P e Zn na cultura da alface, também verificaram que na ausência do P os teores de Zn nas plantas aumentaram. A inibição não competitiva entre Zn e P na planta é bastante estudada, sendo verificado que altos teores de P induzem uma deficiência de Zn (Dechen & Nachtigall, 2006). O excesso de P pode aumentar o requerimento fisiológico de Zn, reduzindo as taxas de crescimento radicular e o transporte de Zn da raiz para a parte aérea (Loneragan & Webb, 1993).

Os menores teores de Zn na parte aérea do morangueiro foram verificados nos tratamentos sob omissão do nutriente. Esse resultado não foi refletido em seu acúmulo devido à grande produção de matéria seca nesse tratamento.

4 CONCLUSÕES

A produção de infrutescências é reduzida sob omissão de todos os nutrientes; nos tratamentos sob omissão de Ca não há produção de infrutescências.

Omissões nutricionais causam alterações nos teores e acúmulos nutricionais na cultura do morangueiro.

Os teores de macronutrientes encontrados na parte aérea do morangueiro em solução nutritiva completa são (g kg^{-1}): N - 21,20; P- 5,83; K- 21,60; Ca- 14,54; Mg- 4,27 e S- 2,01.

Os teores de micronutrientes encontrados na parte aérea do morangueiro em solução nutritiva completa são (mg kg^{-1}): B- 105,39; Cu- 8,51; Fe- 188,85; Mn- 306,88; Zn- 20,30.

A ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes na parte aérea da cultura do morangueiro em solução nutritiva é: K> N> Ca> P> Mg> S.

A ordem decrescente de acúmulo de micronutrientes na parte aérea da cultura do morangueiro em solução nutritiva é: Mn> Fe> B> Zn> Cu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**: development, visual and analytical diagnosis. New York: G. Fischer, 1992. 741 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Meteorologia. **Normais climatológicas**: 1961-1990. Brasília: SNI/INME, 1992. 84 p.

CARVALHO, J. G. de; LOPES, A. S. **Métodos de diagnose da fertilidade do solo e de avaliação do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 1998. 116 p. (Curso de pós-graduação “Lato sensu” a distância: Solos e Meio Ambiente).

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. 432 p.

DORDAS, C.; SAH, R.; BROWN, P. H.; ZENG, Q.; HU, H. Remobilização de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPEMIG/POTAFOS, p. 43-69, 2001.

FEITOSA, C. T.; HIROCE, R. BENATTI JÚNIOR, R. Omissão de macronutrientes em rami. **Bragantia**, Campinas, v. 51, n. 2, p. 185-188, 1992.

FERNANDES, A. R. **Nutrição mineral e crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.), em solução nutritiva, em função do balanço de nutrientes e níveis de salinidade**. 2000. 145 p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERREIRA, D. F. **SISVAR software**: versão 4.6. Lavras: UFLA/DEX, 2003. Software.

FRAZÃO, J. E. M. **Diagnose da deficiência nutricional e crescimento do Bastão-do-Imperador *Etilingera elatior* (Jack) R. M. Smith com o uso da técnica do elemento faltante em solução nutritiva**. 2008. 68 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FREEDEN A. L.; RAO, I. M.; TERRY, N. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in *Glicine max*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 89, p. 225-230, 1989.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Piracicaba: POTAFOS, 2001. 5 p. (Informações Agronômicas, 95).

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture methods for growing plants without soil**. Berkeley: University of California - The College of Agriculture, 1950. 32 p. (University of California. Agricultural Experiment Station. Circular, 347).

JONES JUNIOR; BENTON, J.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook**: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Athens: Micro-Macro Publishing, 1991. 213 p.

LONERAGAN, J. F.; WEBB, M. J. Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. In: ROBSON, A. D. (Ed.). **Zinc in soil and plants**. Madison: Kluwer Academic, 1993. p. 119-134

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

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

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

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

MOREIRA, M. A.; FONTES, P. C. R.; CAMARGOS, M. I. de. Interação zinco e fósforo em solução nutritiva influenciando o crescimento e a produtividade da alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 903-909, jun. 2001.

PACHECO, D. D.; DIAS, M. S. C.; ANTUNES, P. D.; RIBEIRO, D. P.; SILVA, J. J. C.; PINHO, D. B. Nutrição mineral e adubação do morangueiro. In: Morango: conquistando novas fronteiras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 40-49, jan./ fev. 2007.

PACHECO, D. D.; RIBEIRO, D. P.; DIAS, M. S. C.; ANTUNES, P. D.; LIMA, L. M. S.; PINHO, D. B.; RUAS, L. O.; MOREIRA, S. A. F.; SOUZA, F. V.; ALMEIDA JUNIOR, A. B.; SOUZA, R. P. D. Sintomas visuais de deficiências minerais em morangueiro cultivado no norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19., 2006, Cabo Frio. **Palestras e resumos...** Cabo Frio: SBF, 2006.

PINHO, P. J. de. **Deficiências nutricionais em bananeira ornamental (*Musa velutina* H. Wendl. & Drude)**: alterações químicas e morfológicas e caracterização de sintomas visuais. 2007. 147 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROSOLEM, C. R. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2005. p. 239-260.