

**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**

JUSSARA ELLEN MORAIS FRAZÃO

2008

JUSSARA ELLEN MORAIS FRAZÃO

**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**

Tese 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 “Doutor”.

Orientadora:

Profa. Dra. Janice Guedes de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

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

Frazão, Jussara Ellen Morais.

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. – Lavras : UFLA, 2008.

68 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Janice Guedes de Carvalho.

Bibliografia.

1. Zingiberaceae. 2. Diagnose visual. 3. Planta ornamental. 4. Solução nutritiva. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.93421

JUSSARA ELLEN MORAIS FRAZÃO

**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**

Tese 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 “Doutor”.

APROVADA em 7 de março de 2008

Pesq. Dra. Ana Rosa Ribeiro Bastos	UFLA
Prof. Dr. Carlos Alberto Silva	UFLA
Pesq. Dra. Elka Fabiana Aparecida Almeida	EPAMIG
Pesq. Dra. Schirley Fátima N. S. C. Alves	UFLA

Profa. Dra. Janice Guedes de Carvalho
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

DEDICATÓRIA

A *Deus*, causa primeira de tudo.

Aos meus pais *José Frazão* (In memorian) e *Elza Morais Frazão*, que não pouparam esforços para a concretização do meu ideal, com afeto e ternura são seus os louros destas conquistas; À minha avó *Maria Áurea Sobral* (in memorian), o mais singelo exemplo de vida, por todo amor proporcionado; Ao meu único e querido irmão *Jefferson Frazão*, pelo apoio e incentivo durante a realização deste trabalho e com muito amor ao meu filho *Gustavo*, que impulsiona a minha vontade de viver e vencer.

Co-autores da minha História de quem me orgulho tanto.

A minha eterna gratidão

Dedico

AGRADECIMENTOS

A *Deus*, por ter me conduzido durante toda a minha vida, dando-me forças em todos os momentos...

Aos *meus pais*, que com amor e dedicação de tudo fizeram para a conquista de minha maior herança: Educação.

De um modo especial à minha orientadora, *Prof. Dra. Janice Guedes de Carvalho*, pela orientação, amizade, paciência, confiança, disponibilidade dentro e fora da Universidade que sempre me concedeu, meus eternos agradecimentos.

Ao *Departamento de Ciência do Solo* da Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade da realização do Doutorado e à FAPEMIG pela concessão da Bolsa de Estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, na pessoa do *Prof. Dr. Carlos Alberto Silva* e demais professores do Departamento pela paciência e dedicação com que nos atendeu.

Aos membros da banca examinadora: *Dra. Ana Rosa Ribeiro Bastos, Dra. Elka Fabiana Aparecida Almeida, Dra. Schirley Fátima N. S. C. Alves e ao Prof. Dr. Carlos Alberto Silva.*

Ao *Adalberto Ribeiro*, pela amizade e realização das análises químicas. Muito Obrigada.

Ao **Prof. Dr. Djail Santos**, pela orientação na Graduação e no Mestrado, pelo incentivo e pela amizade.

Aos colegas e amigos: **Nilma, Sinara, Viviane, Paulo Pinho, Guilherme, Rodrigo, Shigueto, Henrique, Fábio Ono e Eric**, pelo auxílio durante a condução do experimento e pela agradável convivência.

À turma de Pós-Graduação em especial: **Josinaldo, Gláucia, Krisle, Amanda, Adriana, Bruno Dias, Euzelina, Évio, Lucélia, Evaldo, Fabrício, Regla e Geila**, pela amizade e companheirismo.

As minhas queridas amigas e irmãs de república: **Daniela Zuliane, Maraisa Gonçalves, Pâmela Nakada, Karina Kaminura e Fernanda Machado**, pela convivência e companheirismo.

E a todos aqueles que de forma direta e indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus eternos agradecimentos

SUMÁRIO

<i>RESUMO</i>	<i>i</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>ii</i>
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1 Aspectos gerais da cultura	4
2.2 Funções e sintomas de deficiência dos nutrientes minerais	5
Nitrogênio	6
Fósforo	7
Potássio	8
Cálcio	8
Magnésio.....	9
Enxofre.....	10
2.3 Função dos micronutrientes	10
Boro.....	10
Cobre.....	11
Ferro	12
Manganês	12
Zinco	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1 Sintomas de deficiência	15
Deficiência de nitrogênio	16
Deficiência de fósforo	19
Deficiência de potássio	22
Deficiência de cálcio	25
Deficiência de magnésio	28

Deficiência de enxofre	30
Deficiência de boro	32
4.2 Efeitos das omissões de macronutrientes e do B no desenvolvimento das plantas.	36
4.3 Produção de matéria seca	40
4.4 Teores e acúmulos	42
Teor e acúmulo de macronutrientes	42
Teor e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio	42
Teor e acúmulo de cálcio, magnésio e enxofre	47
Teor e acúmulo de micronutrientes	51
Teor e acúmulo de boro, cobre e ferro	51
Teor e acúmulo de manganês e zinco.....	56
4.5 Acúmulo total e seqüência de absorção de nutrientes pelo bastão-do-imperador	59
5 CONCLUSÕES	61
6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	62

RESUMO

Frazão, Jussara Ellen Morais. **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.** 2007. 68p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.¹

Os objetivos deste trabalho foram caracterizar os sintomas típicos e individuais de deficiência nutricional de macronutrientes e do B e avaliar o efeito dessas deficiências na composição mineral das plantas do bastão-do-imperador, mediante análise de macronutrientes e micronutrientes. O experimento foi realizado em casa-de-vegetação da área experimental do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (Lavras, MG). O experimento foi conduzido de janeiro de 2007 a janeiro de 2008. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições e oito tratamentos. Os tratamentos consistiram de: solução 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) e solução nutritiva com omissão de B (-B). Todas as plantas sob deficiência dos nutrientes manifestaram sintomas visíveis e característicos. A manifestação dos sintomas de deficiência ocorreu primeiro nos tratamentos com omissão de B, N, S e K. Depois, nos tratamentos com omissão de P, Mg e Ca. Observou-se que o bastão-do-imperador foi mais exigente em B, K, N, P e S na fase inicial de crescimento do que em Ca e Mg. A redução da matéria seca total das plantas foi influenciada na seguinte ordem: B > K > N > P > S > Mg > Ca. Os teores dos macronutrientes encontrados nas folhas do bastão-do-imperador no tratamento completo foram (g kg⁻¹): N 26,92; P 2,44; K 22,80; Ca 13,70; Mg 3,30; S 1,98, e os teores dos micronutrientes encontrados nas folhas do bastão-do-imperador no tratamento completo foram (mg kg⁻¹): B 38,25; Cu 4,58; Fe 174,62; Mn 138,87; Zn 34,64. As deficiências de macronutrientes e do B causaram alterações nos teores e nos acúmulos de macronutrientes e de micronutrientes nas diferentes partes da planta.

Palavras-chave: *Zingiberaceae*, diagnose visual, floricultura.

¹ Orientador: Profa. Janice Guedes de Carvalho - UFLA

ABSTRACT

Frazão, Jussara Ellen Morais. **Diagnosis of nutritional deficiency and growth of torch ginger (*Etilingera elatior* Jack R.M. Smith) by using the missing element technique in nutrient solution.** 2007.68 p. Thesis (Doctor in Soil Science and Plant Nutrition) Federal University of Lavras – Lavras, MG¹

This work was carried out with the objective of characterizing typical and individual symptoms of both B and macronutrients nutritional deficiency, as well as evaluating their effect on the mineral composition of torch ginger plants through micro and macronutrient analyses. The experiment was conducted from January 2007 till January 2008 under greenhouse conditions at the Soil Science Department of Federal University of Lavras (Lavras, MG, Brazil), using a randomized block design with four replications and eight treatments. The treatments consisted in: i) a complete Hoagland & Arnon Solution (1950); ii) a nutrient solution without N (-N); iii) a nutrient solution without P (-P); iv) a nutrient solution without K (-K); v) a nutrient solution without Ca (-Ca); vi) a nutrient solution without Mg (-Mg); vii) a nutrient solution without S (-S); and, viii) a nutrient solution without B (-B). Visible and characteristic symptoms were observed in all plants under nutrient deficiency. Deficiency symptoms first occurred in treatments where B, N, S, and K were absent, followed by treatments without P, Mg, and Ca. The torch ginger plants demanded more B, K, N, P, and S than Ca and Mg at the beginning of the growth period. Reduction in plant dry matter production occurred mostly associated with the following order of nutrient deficiency: B >K> N> P> S> Mg> Ca. Macronutrient contents in torch ginger leaves of plants growing in the complete Hoagland & Arnon solution were as follows (g kg⁻¹): N 26.92; P 2.44; K 22.80; Ca 13.70; Mg 3.30; S 1.98. Micronutrient contents found in torch ginger leaves for the aforementioned solution were as follows (mg kg⁻¹): B 38.25; Cu 4.58; Fe 174.62; Mn 138.87; Zn 34.64. Both macronutrient and B deficiencies were found to change the content and the accumulation of macro and micronutrients in different plant parts.

Key words: Zingiberaceae, visual diagnosis, flower shop

¹ Orientador: Profa. Janice Guedes de Carvalho - UFLA

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de flores e plantas ornamentais vem ganhando destaque no mercado nacional, nos últimos anos, com um PIB estimado em US\$ 1,5 bilhão. A atividade é caracterizada como grande geradora de emprego, ocupação e renda e praticada, principalmente, em áreas de pequenos e médios produtores, proporcionando alto rendimento por área cultivada (Anefalos & Guilhoto, 2003).

Em relação às exportações brasileiras de produtos florícolas, apenas no primeiro semestre de 2007, o Brasil exportou US\$ 17,28 milhões, superando, em 5,38%, os resultados do primeiro período do ano anterior e 16,45% os do primeiro semestre de 2005. No cômputo geral, as vendas externas no segmento de flores fecharam o ano de 2007 na marca de US\$ 35,28 milhões. Esses resultados foram aquém das médias de crescimento dos anos anteriores, o que evidencia a potencialidade de crescimento dessa cadeia produtiva. Os maiores valores exportados foram para a Holanda (45%), seguida da Itália (16%), EUA (10%), Japão (10%), Reino Unido (4%), Dinamarca (3%), Bélgica (3%) e Alemanha (2%) entre outros treze países (Junqueira e Peetz, 2007a; Junqueira e Peetz, 2007b).

O Brasil se consolida no cenário mundial da floricultura, tanto na produção de espécies temperadas quanto na de tropicais. Nos últimos anos, a floricultura tropical tem despontado como uma das atividades agrícolas sustentáveis mais promissoras dentro do largo espectro da moderna agricultura tropical. E é no desenvolvimento da floricultura tropical que o país mostra suas mais promissoras possibilidades ecológicas, produtivas e comerciais (Terao, et al., 2005).

O cultivo de flores tropicais já ocupa uma área imensa no Brasil, especialmente na região de mata úmida do Nordeste, com destaque para os

estados de Pernambuco, Alagoas, Ceará, Bahia e Sergipe (Loges et al., 2005; Terao et al., 2005). No Nordeste brasileiro, além da grande extensão de clima semi-árido, existem também regiões com condições que possibilitam o cultivo de diversas espécies ornamentais. Na última década do século XX, a floricultura apresentou marcante desenvolvimento naquela região. O mercado consumidor regional era abastecido pela produção de outras regiões produtoras de flores de clima temperado e hoje, passou a ser abastecido, principalmente, pela produção local. Além disso, houve o ingresso de grandes quantidades de espécies ornamentais tropicais (Brainer & Oliveira, 2006).

Em Minas Gerais, o mercado de produção e de comercialização de flores, tanto de clima temperado quanto de clima tropical, é bastante promissor, devido à sua diversidade climática. A produção está distribuída em todas as regiões do estado, porém, para as flores tropicais, duas se destacam, a região Norte e a Zona da Mata (Luz et al., 2007; Landgraf & Paiva, 2005).

As flores tropicais apresentam características favoráveis à comercialização, como beleza, exotismo, diversas cores e formas, resistência ao transporte e durabilidade pós-colheita. As características atrativas que as plantas tropicais apresentam têm proporcionado significativo aumento no consumo destas no Brasil e no mundo. As principais espécies cultivadas são: helicônias, alpínias, abacaxis ornamentais, estrelícias, bastões-do-imperador e gengibres ornamentais, entre outras. (Luz et al., 2005). A maioria dessas espécies pertencem ao grupo da Floricultura Tropical de Campo que, diferente da Floricultura Tropical de Alta Tecnologia, que inclui as orquídeas e os antúrios, não possui ainda padrões de produção tão rígidos, nem recomendações de adubação seguras, e as ofertas são mais diversificadas e inconstantes. Porém, no mercado internacional, essas flores são muito apreciadas (Terao et al., 2005).

Para atingir um melhor padrão de qualidade, é necessário o balanço adequado de nutrientes, uma vez que esses estão diretamente relacionados com:

a formação de hastes vegetativas e floríferas, o maior pegamento da florada, a proteção contra doenças e a melhora na qualidade do produto (Malavolta, 2006). Dessa forma, a deficiência de um deles pode causar deformação nas folhas e flores, alterando a qualidade e a vida de prateleira do produto.

Embora a literatura sobre floricultura seja vasta, a parte relativa à nutrição das espécies ainda deixa grandes lacunas de informações quanto às exigências nutricionais e à identificação de problemas na produção e na qualidade do produto decorrentes de estresse nutricionais, de deficiências ou de excessos (Furlani & Castro, 2001).

O estado nutricional do bastão-do-imperador pode ser avaliado por meio da diagnose visual, que caracteriza deficiências ou toxicidade de algum nutriente, comparando o aspecto da amostra com o padrão (Malavolta et al., 1997). Os sintomas visuais de deficiência ou excesso podem ser considerados como o fim de uma seqüência de eventos que começa com uma lesão em nível molecular, continua com alteração subcelular, depois celular e, quando um conjunto de células ou tecidos é afetado, aparece o sintoma visual (Malavolta, 2006).

A diagnose torna-se mais eficiente com a indispensável caracterização dos sintomas visuais de deficiência ou toxicidade de um ou vários nutrientes, quando acompanhada com fotos coloridas, constituindo em valioso instrumento de diagnose (Carvalho & Viégas, 2004).

O uso da diagnose visual tem duas grandes vantagens: a primeira é que a técnica pode ser aplicada no campo e a segunda, é que não depende de equipamentos de laboratório. É importante reconhecer que o uso da diagnose visual é um diagnóstico preliminar, cujos resultados precisam ser confirmados pelo uso de outros métodos, como a análise da planta (Grundon et al., 1997). Essa análise é utilizada juntamente com a análise do solo para fins de recomendações de adubação e calagem. Utilizando-se uma seqüência de análises

da planta durante o seu ciclo e considerando a disponibilidade no solo, pode ser definida a necessidade de fertilização suplementar (Jones et al., 1991). Entretanto, são escassos os trabalhos nesse sentido para as plantas ornamentais, implicando que a adubação é feita de forma empírica.

Sintomas de deficiência de certos elementos podem diferir tão grandemente entre as culturas que o conhecimento da síndrome da deficiência em uma espécie fornece pouca ajuda na identificação da mesma deficiência em outra espécie (Epstein & Bloom, 2004).

Com base no exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar os sintomas típicos e individuais de deficiência nutricional de macronutrientes e do B e avaliar o efeito dessas deficiências na composição mineral das plantas do bastão-do-imperador, mediante análise de macronutrientes e micronutrientes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura

A espécie *Etilingera elatior* (Jack) R.M. Smith, também conhecida como bastão-do-imperador, flor da redenção e gengibre de tocha, é uma planta herbácea rizomatosa e robusta, originária da Malásia e pertencente à ordem *Zingiberales* e à família *Zingiberaceae*, com mais de 1.300 espécies, distribuídas em 49 gêneros (Lamas, 2002).

Segundo Terao et al., (2005), o bastão-do-imperador tem sido cultivada como flor de corte, mas é explorada também no paisagismo. Apresenta inflorescências cônicas, formadas em hastes diretamente do solo, que podem atingir até 2 m de altura. As hastes vegetativas apresentam folhagem grande e vistosa, com coloração que varia de verde a marrom-avermelhada, com porte de 3 a 6 m de altura (Figura 1).



FIGURA 1 *Etilingera elatior*. Planta inteira (A); folha (B); botão floral (C); inflorescência (D, E e F). Fonte Terao et al. (2005).

No Nordeste brasileiro são cultivadas e comercializadas quatro cultivares: uma de inflorescência de brácteas vermelhas (cultivar Red Torch), duas de brácteas rosadas (cultivares Pink Torch e Porcelana), e uma de brácteas rubras (em formato de tulipa). A demanda interna pelo bastão-do-imperador tem sido crescente, com excelentes perspectivas no mercado (Lamas, 2002).

2.2 Funções e sintomas de deficiência dos nutrientes minerais

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).

Portanto, o entendimento da função de cada nutriente nos processos fisiológicos das plantas 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 cadeiras orgânicas, formando ácido glutâmico, este por sua vez incluindo 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 das plantas, tendo, assim, uma função mais estrutural. Além disso, o nitrogênio participa da composição da molécula da clorofila (Raj, 1991). Na formação da colheita, o nitrogênio é o maior responsável pela produção de gemas vegetativas e floríferas (Malavolta, 2006). 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).

Segundo Epstein & Bloom (2004), nenhuma deficiência é tão dramática em seus efeitos quanto à de nitrogênio, como clorose generalizada, crescimento retardado e lento. As partes mais velhas das plantas são as primeiras a se tornarem afetadas, devido à sua alta mobilidade, pois o nitrogênio transloca-se de regiões mais velhas para as mais jovens.

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^- , conseqüência 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 (Raij, 1991).

O fósforo participa de um grande número de compostos que são essenciais em diversos processos metabólicos das plantas. 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 (Raij, 1991). A participação do fósforo na formação da colheita está relacionada com: (1) a aceleração na formação das raízes; (2) o aumento do perfilhamento juntamente com o nitrogênio; (3) a influência no maior pegamento da florada e, por isso, mais frutificação; (4) é regulador da maturação, mais viabilidade das sementes e (5) quando deficiente causa menor vegetação, produção, qualidade e senescência precoce (Malavolta, 2006).

Sintomas característicos da deficiência de fósforo incluem crescimento reduzido em plantas jovens e coloração verde-escura das folhas, as quais podem encontrar-se malformadas e conter pequenas manchas de tecido morto, chamadas de manchas necróticas (Taiz & Zeiger, 2004). O crescimento é reduzido e, sob condições de deficiência severa, as plantas tornam-se atrofiadas (Epstein & Bloom, 2004).

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 (Raij, 1991).

O potássio é absorvido como K^+ pelas plantas e o nutriente mantém-se nesta forma, sendo o mais importante cátion na fisiologia vegetal. Não fazendo parte de compostos específicos, a função do potássio não é estrutural. Destacam-se o papel de ativador de funções enzimáticas e de manutenção da turgidez das células (Raij, 1991). O potássio é o grande construtor da qualidade e a sua deficiência afeta significativamente a produção das plantas (Joiner, 1983). O papel do potássio na formação da colheita está relacionado com maior vegetação e perfilhamento e aumento no teor de carboidratos, gorduras e 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 N (FBN) e aumenta a utilização da água (Malavolta, 2006).

O primeiro sintoma da deficiência de potássio é a redução da taxa de crescimento. Posteriormente, ocorrem clorose e necrose das folhas mais velhas, iniciando-se nas margens e nas extremidades. Com o decréscimo no turgor sob estresse hídrico e flacidez, há deformação de xilema e de floema, além do colapso nos cloroplastos e mitocôndrias (Mengel & Kirkby, 1987).

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: quando há deficiência as membranas permitem o vazamento do conteúdo citoplasmático; a

compartimentação 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, movimentos citoplasmáticos e a divisão celular. Um papel recentemente estudado é o envolvimento do Ca na morte programada (MCP). A morte da célula é um sintoma da deficiência de cálcio. Esta, provavelmente, resulta da desorganização de funções críticas, como a permeabilidade seletiva da membrana e a não operação dos mecanismos de sinalização em que o Ca opera como mensageiro. A morte da célula se inicia pela perda da compartimentalização do Ca, que leva a um aumento irreversível no seu teor no citosol (Malavolta, 2006).

Segundo Epstein & Bloom (2004), os sintomas de deficiência de cálcio aparecem mais cedo e mais severamente nas regiões meristemáticas e folhas jovens. As demandas de cálcio parecem ser altas nesses tecidos e o cálcio contido em tecidos mais velhos tende a se tornar imobilizado. Dessa forma, pode haver morte dos pontos de crescimento. Outro sintoma característico do cálcio é que o crescimento das raízes é severamente afetado.

Magnésio

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

Os sintomas de deficiência de magnésio ocorrem, primeiramente, nas folhas mais velhas com clorose internerval e, sob deficiência severa, ocorre

necrose. As folhas tornam-se rígidas e quebradiças e as nervuras intercostais torcidas (Mengel & Kirkby, 1987). Segundo Epstein & Bloom (2004), a variedade de sintomas em diferentes espécies é tão grande que uma descrição generalizada dos sintomas desse nutriente é ainda mais difícil do que para outras deficiências.

Enxofre

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

Como o enxofre é constituinte essencial das proteínas, a deficiência desse nutriente resulta na inibição da síntese de proteína. As deficiências de enxofre e nitrogênio possuem algumas semelhanças, como os teores reduzidos de clorofila e de proteína, além de aumento de compostos solúveis de N nas folhas, decorrentes da redução na síntese de proteína. Devido a pouca mobilidade do enxofre na planta, os sintomas visuais de deficiência se manifestam nas folhas novas e o nitrogênio nas folhas velhas com clorose gradual, cujo tamanho é reduzido (Marschner, 1995).

2.3 Função dos micronutrientes

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 estreita relação entre a parede celular e a nutrição com o 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, que pode ser assim resumido: (1) absorção e transporte de água e de nutrientes; (2) maior vegetação; (3) maior pegamento das floradas; (4) fixação biológica do nitrogênio; (5) proteção contra doenças e (6) melhora na qualidade.

A deficiência de boro aparece, primeiramente, como crescimento anormal ou retardamento da região apical da planta. As folhas mais novas são deformadas, encarquilhadas e são, freqüentemente, mais grossas e de uma coloração verde azulada, folhas e caules tornam-se quebradiços, ocorre inibição na formação de flores e frutos. Também afeta a formação de tubo polínico, a germinação do pólen e a formação do fruto, a ocorrência de partenogênese, inibição da raiz e necrose no ápice da raiz (Mengel & Kirkby, 1987).

Cobre

As principais funções do cobre nas plantas são a enzimática e a estrutural. O cobre participa de vários processos vitais para a 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: crescimento e produção, resistência à doenças, estrutura do grão de pólen e maturação uniforme (Malavolta, 2006).

O sintoma inicial da deficiência de cobre é a produção de folhas verdes escuras, que podem conter manchas necróticas. As manchas necróticas aparecem primeiro nos ápices das folhas jovens e, então, se estende em direção à base da

folha, ao longo das margens. As folhas podem também ficar retorcidas ou malformadas. Sob deficiência extrema de cobre, há a possibilidade das folhas caírem prematuramente (Taiz & Zeiger, 2004).

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 fotossíntese, respiração, fixação biológica de nitrogênio, assimilação de nitrogênio e enxofre, síntese de lignina e suberina e metabolismo de auxina (Malavolta, 2006).

Clorose geral de folhas jovens é o sintoma mais evidente de deficiência de ferro. Primeiro, as nervuras podem permanecer verdes, mas, na maioria das espécies em que a deficiência foi observada, elas também se tornam cloróticas no final (Epstein & Bloom, 2004).

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).

Epstein & Bloom (2004) descrevem que os sintomas de deficiência de manganês variam grandemente de uma espécie para outra. Desse modo, as folhas freqüentemente apresentam clorose entre as nervuras, produzindo desenho verde em um fundo amarelo ou verde-claro, assemelhando-se muito com a deficiência de ferro.

Zinco

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

A deficiência do zinco é caracterizada pela redução do crescimento internodal e, como resultado, a planta apresenta um hábito de crescimento rosetado. As folhas podem apresentar pequenas e retorcidas, com margens de aparência enrugada (Taiz & Zeiger, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento Ciência do Solo, na Universidade Federal de Lavras (Lavras, MG). As coordenadas geográficas são 21°14'30" de latitude Sul e 45°00'10" de longitude Oeste, altitude de 918 m e precipitação média anual de 1.529,7 mm (Brasil, 1992). O estudo foi conduzido de janeiro de 2007 a janeiro de 2008.

As plantas do bastão-do-imperador, variedade porcelana, utilizadas no experimento, foram propagadas via sementes; foram imersas em solução de hipoclorito de sódio a 1%, por 5 minutos e germinadas em bandeja com vermiculita. Quinze dias após a germinação, as mudas com 20 cm de altura foram transferidas para a solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon (1950), com 20% da sua força iônica (período de adaptação), as quais permaneceram por mais 25 dias com aeração constante.

Após o período de adaptação, as plantas foram transplantadas para vasos com capacidade para 2 litros e aplicaram-se os tratamentos empregados sob a técnica do elemento faltante, em que foram omitidos os nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S e B). Após três meses, as plantas foram transferidas para vasos com

capacidade de 5L, onde permaneceram durante todo o período experimental. Os vasos foram pintados, em sua superfície externa, com tinta alumínio e foi colocada uma tampa de isopor com pequeno orifício no centro, para a fixação da planta. As soluções foram trocadas quinzenalmente e a sua força iônica foi sendo aumentada gradativamente, a cada 30 dias, até chegar a 100% de sua força total.

As soluções estoques dos nutrientes foram preparadas com reagentes p.a. e água destilada. As soluções nutritivas foram preparadas com água deionizada e, durante o intervalo de renovação das soluções, o volume dos vasos foi completado, sempre que necessário, utilizando-se água deionizada.

As plantas foram cultivadas sob 50% de sombreamento proporcionado por tela sombrite[®] disposta dentro de casa de vegetação.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições e oito tratamentos, representados por solução de Hoagland & Arnon, (1950) completa (controle), solução nutritiva menos N (-N), solução nutritiva menos P (-P), solução nutritiva menos K (-K), solução nutritiva menos Ca (-Ca), solução nutritiva menos Mg (-Mg), solução nutritiva menos S (-S) e solução nutritiva menos B (-B). Cada parcela foi constituída por uma planta por vaso.

Durante todo o experimento, os sintomas foram observados, descritos e fotografados. Após a manifestação dos sintomas visuais de deficiência, durante o período experimental, os tratamentos foram colhidos, visando, com isso, reduzir perdas de material para análise. Por ocasião da colheita dos tratamentos, as plantas foram avaliadas quanto à altura, ao diâmetro das hastes, ao número de folhas emitidas por haste, ao número de hastes e ao volume de raiz. Em seguida, as plantas foram divididas em folhas, hastes, rizoma e raiz. A determinação do volume da raiz foi realizada colocando-se as raízes em proveta graduada,

contendo um volume conhecido de água. Pela diferença, obteve-se a resposta direta do volume de raízes segundo metodologia descrita por Basso (1999).

As diferentes partes da planta foram lavadas em água corrente, depois em água destilada e secas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°-70°C, por 72 horas, ou até que apresentasse peso constante.

O material vegetal primeiramente foi pesado em balança de precisão para a determinação do peso de matéria seca e, depois, moído em moinho tipo Wiley, para a determinação de macro e micronutrientes.

Os teores de N foram determinados por micro Kjeldahl, segundo metodologia descrita por Malavolta et al., (1997). No extrato, obtido por digestão nitroperclórica, foram dosados os teores totais de P, por colorimetria; K, por fotometria de chama; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, por espectrofotometria de absorção atômica e os de S total por turbidimetria (Malavolta et al., 1997).

A relação parte aérea:raiz (PA/R) foi calculada dividindo-se o peso seco da parte aérea (folhas + hastes) pelo peso seco da raiz. O efeito relativo foi calculado pelo método de porcentagem de suficiência ou produção relativa (Raij, 1991), adaptado para a determinação do “crescimento relativo” (CR), segundo a fórmula:

$$CR = \text{Tratamento com o nutriente omitido} \times 100 / \text{Tratamento completo}$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias avaliadas pelo teste Skott & Knott, a 1% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional Sisvar (Ferreira, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Sintomas de deficiência

As plantas foram colhidas, após a manifestação dos sintomas visuais de deficiência, conforme o nutriente omitido. Os primeiros sintomas de deficiência

após a implantação do experimento ocorreram nas plantas submetidas à omissão de boro (60 dias), nitrogênio (80 dias), enxofre (85 dias), potássio (110 dias), fósforo (220 dias), magnésio (285 dias) e cálcio (300 dias).

Deficiência de nitrogênio

As plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de N, inicialmente, apresentaram clorose generalizada, seguida por necrose nas margens das folhas mais velhas (Figuras 2 e 3 A e B).



FIGURA 2 Sintomas visuais de deficiência de nitrogênio no bastão-do-imperador: clorose das folhas mais velhas.



FIGURA 3 Sintomas visuais de deficiência de nitrogênio no bastão-do-imperador: variação da intensidade dos sintomas de deficiência de nitrogênio (A) e detalhe do sintoma em folha deficiente com necrose nas margens (B).

Com a evolução dos sintomas, as folhas mais novas também ficaram cloróticas (Figura 4), as quais entraram em senescência mais rapidamente, quando comparadas com folhas do tratamento completo, sem omissão de nutrientes. As plantas apresentaram crescimento lento, folhas pequenas, hastes finas e cloróticas em relação ao tratamento completo. Os sintomas de deficiência de nitrogênio que se manifestaram em plantas do bastão-do-imperador foram semelhantes aos descritos por Pinho (2007), em plantas de bananeira ornamental.



FIGURA 4 Sintomas visuais de deficiência de nitrogênio no bastão-do-imperador: evolução dos sintomas atingindo as folhas mais novas.

Mengel & Kirkby (1987) explicam por que ocorre clorose primeiro nas folhas mais velhas: com o suprimento inadequado de N para as raízes, o nutriente que está nas folhas mais velhas é mobilizado para partes mais novas da planta. 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 no amarelecimento das folhas mais velhas.

O menor desenvolvimento, sob deficiência de nitrogênio, é explicado pelo papel que o nutriente desempenha no metabolismo vegetal. O nitrogênio é constituinte de todas as proteínas e ácidos nucleicos da planta, sendo, portanto, essencial para o seu crescimento (Marschner, 1995).

Os sintomas do nitrogênio se assemelham aos da deficiência de enxofre, a qual se caracteriza por folhas amareladas e pálidas. Entretanto, os sintomas ocorrem primeiro nas folhas mais novas, no caso do enxofre (Mengel & Kirkby, 1987).

Deficiência de fósforo

As plantas sob carência de fósforo apresentaram crescimento reduzido, folhas verde-escuras e pequenas, hastes pequenas e pouco espessas, quando comparadas às do tratamento completo (Figura 5 A). Os sintomas de deficiência de P, inicialmente não são tão nítidos como os dos outros nutrientes e, por isso, foi um dos últimos a serem identificados. Observou-se também diminuição do crescimento do sistema radicular com coloração escura (Figura 5 B). Esses sintomas são característicos da deficiência de fósforo. Mengel & Kirkby (1987) caracterizam plantas com deficiência em fósforo com crescimento lento e folhas mais velhas com coloração verde escura. A tonalidade verde-escura das folhas mais velhas pode ser explicada pelo crescimento reduzido das folhas, não afetando, inicialmente, a síntese de clorofila. Dessa forma, ocorre aumento da

concentração de clorofila por unidade de área foliar, proporcionando uma cor mais escura (Bergmann, 1992).



FIGURA 5 Sintomas visuais de deficiência de fósforo no bastão-do-imperador: tamanho reduzido das folhas (direita) e folhas do tratamento completo (esquerda) (A) e aspecto das raízes sob omissão de P (direita) e raízes do tratamento completo (esquerda) (B).

Com a evolução dos sintomas, nas margens das folhas mais velhas, ocorreu uma leve clorose marginal seguida de necrose e, depois, secamento generalizado das folhas, porém, elas, permaneceram presas às hastes. O aspecto de murcha foi devido à diminuição do ângulo dos dois lados do limbo foliar em relação à nervura central (Figura 6 e 7). Pinho (2007) também verificou, em folhas de bananeira ornamental, clorose nas margens das folhas mais velhas que evoluíram para necrose. 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 com queda de folhas mais velhas.



FIGURA 6 Sintomas visuais de deficiência de fósforo no bastão-do-imperador: necrose das folhas mais velhas.



FIGURA 7 Sintomas visuais de deficiência de fósforo no bastão-do-imperador: variação da intensidade dos sintomas de deficiência de P.

Deficiência de potássio

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de K, inicialmente, apresentaram redução drástica do crescimento, quando comparadas às plantas do tratamento completo. Com a evolução da deficiência de K, as folhas mais velhas apresentaram clorose nas margens e nas pontas, que evoluíram para necrose (Figuras 8 (A e B) e 9). O crescimento do sistema radicular também foi afetado. Sintomas semelhantes foram descritos por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite e por Pinho (2007), em bananeira ornamental.

De acordo com Mengel & Kirkby (1987), a deficiência de K não apresenta resultados imediatos nos sintomas visuais. Primeiramente, causa redução da taxa de crescimento. E, sob condições severas de deficiência, ocorrem cloroses, seguidas de necroses nas folhas mais velhas, iniciando-se em suas margens e extremidades. Os sintomas aparecem, inicialmente, nas folhas mais velhas, devido à mobilidade do potássio para as folhas mais jovens (Taiz & Zeiger, 2004).

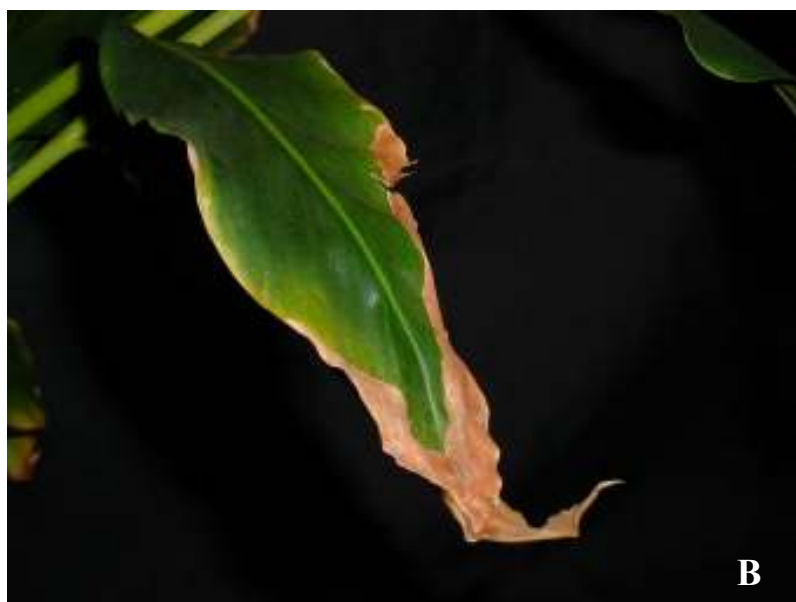


FIGURA 8 Sintomas visuais de deficiência de potássio no bastão-do-imperador: variação da intensidade dos sintomas de deficiência de K (A) e detalhe do sintoma em folha deficiente (B).



FIGURA 9 Sintomas visuais de deficiência de potássio no bastão-do-imperador: necrose das folhas mais velhas.

Os sintomas de potássio manifestados nas plantas do bastão-do-imperador foram sintomas típicos observados por vários autores em diversas culturas (Epstein & Bloom, 2004; Taiz & Zeiger, 2004; Bergmann, 1992; Marschner, 1995).

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 descarboxilação de aminoácidos, como putrescina, N-carbamilputrescina e agmatina, sendo esta última

responsável pelas manchas necróticas que aparecem em folhas com deficiência de potássio (Epstein, 1975; Marschner, 1995).

Deficiência de cálcio

Os sintomas de deficiência de cálcio na parte aérea das plantas foi um dos últimos a aparecer, concordando com Almeida (2007), que verificou manifestação tardia em plantas de copo-de-leite, sob omissão de cálcio. Inicialmente, observou-se plantas com porte e folhas grandes e de coloração semelhante às das plantas do tratamento completo (Figura 10).



FIGURA 10 Sintomas visuais de deficiência de Ca no bastão-do-imperador: aspecto geral da haste sob deficiência.

O crescimento do sistema radicular foi inibido rapidamente sob a deficiência do cálcio, mostrando-se acastanhado curto e bastante ramificado (Figura 11). Essas características do sistema radicular estão de acordo com as descritas por Taiz & Zeiger (2004).



FIGURA 11 Sintomas visuais de deficiência de Ca no bastão-do-imperador: aspecto das raízes de plantas sob omissão de Ca (direita) e de plantas do tratamento completo (esquerda).

Com a evolução da deficiência, as folhas jovens apresentaram clorose marginal seguida de manchas necróticas localizadas no limbo (Figura 12 A e B). Além disso, apresentaram aparência de murcha. Segundo Mengel & Kirkby (1987), um dos sintomas característicos da deficiência de cálcio é o de folhas jovens que se tornam cloróticas e nos estágios mais avançados, ocorre necrose das margens das folhas e os tecidos afetados tornam-se menos tenros, devido, provavelmente, à dissolução da parede celular. Isso porque o cálcio é



FIGURA 11 Sintomas visuais de deficiência de Ca no bastão-do-imperador: detalhe da folha deficiente com clorose e manchas necróticas (A) e variação da intensidade dos sintomas de deficiência de Ca (B).

fundamental para a permeabilidade das membranas e a manutenção da integridade celular, sendo requerido para a divisão e 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 deste nutriente, conforme a deficiência progride (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).

Sintomas semelhantes foram descritos por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite; por Pinho (2007), em bananeira ornamental e por Lima Filho e Malavolta (1997), em plantas de estévia.

Deficiência de magnésio

As plantas sob omissão de magnésio também não apresentaram redução no crescimento e foram um dos últimos sintomas a se manifestar, juntamente com o cálcio.

Os sintomas da carência de magnésio surgiram nas folhas mais velhas e, inicialmente, se caracterizaram por perda gradativa da cor verde entre as nervuras. No entanto, as margens e as nervuras mantiveram-se com coloração verde (Figura 12 A). Com o progredir da carência de magnésio a nervura central, também apresentou perda gradativa da cor verde, esse amarelecimento foi progredindo para as margens, deixando a folha quase toda clorótica (Figura 12 B). Neste estágio, as folhas se desprendiam das plantas, permanecendo somente as folhas novas, de aspecto e coloração normal.

Sintomas semelhantes, também, foram observados por Batista et al. (2003), em gravioleira, em que a deficiência provocou o aparecimento de uma



FIGURA 12 Sintomas visuais de deficiência de Mg no bastão-do-imperador: aspecto geral da haste sob deficiência (A) e variação da intensidade dos sintomas de deficiência de Mg (B).

clorose internerval que começou ao lado da nervura central e avançou progressivamente até as margens das folhas.

Os sintomas de deficiência de magnésio manifestados nas plantas do bastão-do-imperador são explicados por Taiz & Zeiger (2004). Segundo esses autores, o magnésio faz parte da estrutura em anel da molécula da clorofila. Desse modo, o sintoma característico de deficiência de magnésio é a clorose entre as nervuras foliares, ocorrendo, primeiro, nas folhas mais velhas, por causa da mobilidade do elemento. Esse padrão de clorose ocorre porque a clorofila nos feixes vasculares permanece inalterada por períodos mais longos que a clorofila nas células entre os feixes. Se a deficiência é muito grande, as folhas podem tornar-se amarelas ou brancas, e a abscisão foliar prematura é um sintoma adicional da deficiência de magnésio.

Deficiência de enxofre

Na ausência de enxofre, as plantas apresentaram leve clorose generalizada das folhas mais novas, tornando-as verde-claras distinguindo-se nitidamente das demais, semelhante ao amarelecimento que ocorre no início do sintoma de nitrogênio (Figura 13 A). O crescimento da parte aérea e das raízes das plantas sob deficiência de enxofre foi reduzido quando comparado ao tratamento completo. As raízes apresentaram-se mais finas e em menor quantidade. Além disso, com o progredir da deficiência as novas hastes já eram emitidas totalmente cloróticas (Figura 13 B). Sintomas semelhantes foram descritos por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite e por Pinho (2007), em bananeira ornamental.

De acordo com Epstein & Bloom (2004), os sintomas de deficiência de enxofre, geralmente, relembram os de deficiência de nitrogênio. Plantas cloróticas e de crescimento reduzido. Isso ocorre devido ao fato de o enxofre e o nitrogênio serem constituintes de proteínas. A clorose causada pela deficiência



FIGURA 13 Sintomas visuais de deficiência de S no bastão-do-imperador: variação da intensidade dos sintomas de deficiência de S (A) e aspecto geral da planta sob deficiência (B).

de enxofre, entretanto, geralmente surge, inicialmente, nas folhas mais jovens, ao contrário do que ocorre na deficiência de nitrogênio, pois, diferente do nitrogênio, o enxofre não é redistribuído para as folhas jovens na maioria das espécies.

A clorose surge nas folhas deficientes em enxofre porque é resultado de distúrbios do metabolismo de proteínas nos cloroplastos e diminuição da síntese de proteínas Bergmann (1992).

Deficiência de boro

O primeiro sintoma da deficiência de boro foi uma drástica redução no crescimento das plantas, tanto na parte aérea como no sistema radicular. Inicialmente, as plantas apresentavam folhas mais velhas de tamanho normal, com coloração verde-escura e mais espessas. As raízes apresentavam-se escuras, entremeadas por raízes brancas (Figura 14).



FIGURA 14 Sintomas visuais de deficiência de B em bastão-do-imperador: aspecto das raízes de plantas sob omissão de B (esquerda) e de plantas do tratamento completo (direita).

Com o progredir da deficiência, as folhas mais novas eram lançadas com o limbo foliar totalmente deformado de coloração verde-escura, cada vez menores, espessas e quebradiças, com pontos necróticos nas margens (Figuras 15 (A e B) e 16).



FIGURA 15 Sintomas visuais de deficiência de B em bastão-do-imperador detalhe da folha deficiente lançada totalmente deformada (A) e detalhes das folhas deficientes com pontos necróticos (B).



FIGURA 16 Sintomas visuais de deficiência de B em bastão-do-imperador: tamanho reduzido das folhas.

Observou-se, ainda que, em algumas folhas, praticamente não existia a lâmina foliar, mas apenas a nervura central (Figura 17). As plantas apresentaram também morte dos pontos de crescimento (Figura 18). Os sintomas de deficiência de B que se manifestaram em plantas do bastão-do-imperador são muito semelhantes aos já descritos para outras espécies, tais como mamoneira (Lange et al., 2005) e cupuaçuzeiro (Muraoka et al., 1994).

Devido à limitada mobilidade do boro, os sintomas de deficiência aparecem, primeiramente, em órgãos mais novos e em regiões de crescimento com redução do tamanho e deformação das folhas mais novas, morte da gema terminal e menor crescimento das raízes (Malavolta, 1980).

A deficiência de B surge, primeiramente, como um crescimento anormal ou retardado de pontos em crescimento (Mengel & Kirkby, 1987), devido, provavelmente, ao seu envolvimento no metabolismo de fenóis e AIA, que pode

causar até a morte dos pontos de crescimento e necrose em folhas novas (Römheld, 2001).

As folhas e os ramos de plantas sob deficiência de boro podem tornar-se quebradiças, devido ao baixo conteúdo de água nesses órgãos, resultando em distúrbios na transpiração (Mengel & Kirkby, 1987).



FIGURA 17 Sintomas visuais de deficiência de B em bastão-do-imperador: detalhes da folha apenas com a nervura central.



FIGURA 18 Sintomas visuais de deficiência de B em bastão-do-imperador aspecto geral da planta sob deficiência, com morte dos pontos de crescimento.

4.2 Efeitos das omissões de macronutrientes e do B no desenvolvimento das plantas.

Os resultados referentes a altura (cm), número de hastes, diâmetro da haste (mm), número de folhas por hastes e volume da raiz (ml) das plantas de bastão-do-imperador, nos diferentes tratamentos, são apresentados na Tabela 1. Conforme análise estatística dos dados, verificou-se que a omissão dos nutrientes (N, P, K, P, Ca, Mg, S e B) proporcionou diferenças significativas entre as variáveis avaliadas.

TABELA 1 Altura (cm), número de hastes, diâmetro da haste (mm), número de folhas por hastes e volume da raiz (ml) das plantas de bastão-do-imperador em função dos tratamentos.

Tratamentos	Altura	Número de hastes	Diâmetro da haste	Número de folhas/haste	Volume da raiz
Completo	112,27a	41,00a	2,08a	12,97a	483,25a
-N	84,53c	19,25c	1,39c	12,56a	452,50a
-P	73,45c	30,75b	1,23d	10,91a	356,75a
-K	82,28c	8,25d	1,37c	11,81a	160,00b
-Ca	95,84b	48,00a	1,64c	10,75a	256,00b
-Mg	98,93b	35,00b	2,34a	11,66a	453,25a
-S	92,58b	37,66b	1,80b	11,16a	366,50a
-B	37,39d	20,00c	0,96d	6,75b	120,00b

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

Pode-se verificar que o tratamento com omissão de B, seguido dos tratamentos com omissão de P, K e N, foram os que mais limitaram o desenvolvimento das plantas em altura, quando comparadas às do tratamento completo. Isso parece indicar maior exigência desses nutrientes na fase inicial de desenvolvimento da espécie, já que a ausência deles foi limitante ao crescimento em altura.

Salvador et al., (1999) também verificaram menor crescimento em plantas de goiabeira sob omissão de B; Prado & Leal (2006) em plantas de girassol; Batista et al., (2003), em plantas de gravioleira e Utum et al., (1999),

em plantas de estévia, verificaram que, sob omissão de N, P e K, houve reduzido crescimento em altura nessas espécies.

Segundo Taiz & Zeiger (2004), o crescimento reduzido é um dos sintomas característicos da deficiência de fósforo, pois ele é componente integral de compostos importantes das células vegetais e está presente, também, nos processos de transferência de energia.

O potássio é ativador de funções enzimáticas envolvidas na respiração e fotossíntese e regula a manutenção da turgidez das células. Portanto, sob condições severas de deficiência, o potássio inibe rapidamente o crescimento vegetal, deixando o crescimento abaixo do normal (Taiz & Zeiger, 2004; Epstein & Bloom, 2004).

A deficiência de nitrogênio também inibe o crescimento vegetal, pelo fato de ser constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos e ácidos nucleicos (Taiz & Zeiger, 2004).

Quanto ao boro, as células novas de plantas com deficiência desse nutriente não se diferenciam, resultando em redução do crescimento e de deformações ou morte nos pontos de crescimento (Mengel & Kirkby, 1987).

As omissões de B, K e N foram as que mais prejudicaram o desenvolvimento das plantas, em relação ao número de hastes vegetativas. Resultados semelhantes foram encontrados por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite, nos quais a omissão de N e K proporcionou o menor número de brotos. Esse resultado deve estar relacionado com o papel do potássio que, juntamente com o nitrogênio e o boro, são responsáveis pelo maior crescimento vegetativo e perfilhamento. Quando deficientes em B, K e N causam menor crescimento, produção e qualidade do produto colhido (Malavolta, 2006).

Em relação ao diâmetro, as plantas cultivadas com omissão de B, K, N e Ca apresentaram hastes menos espessas. E essa característica, juntamente com a menor altura de plantas para os tratamentos com omissão de B, K e N, pode

identificar, possivelmente, uma expressão característica de sintoma visual de deficiência, observada particularmente neste trabalho. Gonçalves et al., (2006) observaram que as omissões de Ca, N e K foram as que mais afetaram o diâmetro do caule em plantas de umbuzeiro. Marschner (1995) descreve que quando o suplemento de N e K é deficiente o crescimento das plantas é retardado, caracterizando sintoma de deficiência nutricional. Segundo Bergmann (1992), as anomalias causadas por desordens nutricionais podem afetar praticamente todos os órgãos, incluindo folhas, hastes, inflorescências, frutos, sementes e raízes.

Quanto ao número de folhas por haste, o tratamento com omissão de B foi o único que apresentou diferença significativa entre os tratamentos. A omissão de B afetou negativamente o número de folhas por hastes. Comportamento semelhante foi observado por Maffeis et al., (2000), em plantas de eucalipto e por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite em que a omissão de B causou efeito depressivo na produção de folhas. Segundo Bergmann (1992), a deficiência de boro provoca o crescimento reduzido em todas as partes da planta.

O volume da raiz foi afetado negativamente pelas omissões de B, K e Ca. Esses resultados concordam com os encontrados por Rosolem & Bastos (1997) em plantas de algodão, em que a omissão de B, K e Ca limitou o desenvolvimento do sistema radicular. Segundo Malavolta (2006), Dechen & Nachtigall (2006) e Taiz & Zeiger (2004), um dos sintomas característicos de plantas deficientes em Ca e B é o crescimento reduzido nas raízes. E segundo Malavolta (2006), a ausência do K também tem efeito negativo no crescimento das raízes.

4.3 Produção de matéria seca

Os resultados de produção de matéria seca das folhas, hastes, rizoma, raiz, matéria seca total, relação parte aérea/raiz e do índice de crescimento relativo, em função dos tratamentos, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 Produção de matéria seca (g) das folhas, hastes, rizoma, raiz, matéria seca total, relação parte aérea/raiz (PA/R) e índice de crescimento relativo (CR) em porcentagem, em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas	Hastes	Rizoma	Raiz	Total	PA/R	CR
Completo	137,71a	173,86a	56,66a	41,96a	410,20a	7,42b	100
-N	33,28d	44,25e	16,14c	22,67b	116,35d	3,43c	28
-P	48,92d	70,88d	14,47c	16,88c	151,16d	7,12b	36
-K	15,76e	12,91f	2,72d	5,12d	36,52e	5,65b	8
-Ca	111,03b	110,16b	33,80b	20,38b	275,37b	10,94a	67
-Mg	102,06b	120,77b	28,37b	22,76b	273,97b	9,78a	66
-S	71,25c	89,11c	18,97c	20,83b	200,18c	7,86b	48
-B	7,75e	10,66f	6,70d	2,85d	27,97e	6,54b	6

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

Pode-se observar que o efeito da omissão dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S e B) no desenvolvimento das plantas de bastão-do-imperador, refletiu em variações da produção de matéria seca, em função das partes da planta. Conforme análise estatística, verificou-se, ainda, que houve diferenças significativas entre os tratamentos.

A omissão de K seguida das omissões de B, P, N e S, ocasionaram as menores produções de matéria seca nas folhas, hastes e rizoma. Já para as raízes, a redução foi maior quando não se adicionou B, K e P. Resultados semelhantes foram obtidos por Pinho (2007), em plantas de bananeira ornamental, nas quais as omissões de K, B, P e N foram as que mais afetaram a parte aérea e as omissões de K, B e N afetaram as raízes.

As maiores produções de matéria seca das folhas, hastes, rizoma e raiz foram obtidas pelo tratamento completo, seguidas das omissões de Ca e Mg. Esse resultado se deve, provavelmente, ao fato de o Ca e Mg terem sido os últimos nutrientes a manifestarem os sintomas visuais de deficiência (exceto para o Ca nas raízes) do bastão-do-imperador na fase inicial de crescimento, indicando serem pouco exigidos pela espécie em estudo.

Os efeitos das deficiências dos macronutrientes e do B, na produção de matéria seca total, obedeceram à seguinte ordem de redução: $B > K > N > P > S > Mg > Ca$, deduzindo-se, dessa maneira, que o desenvolvimento das plantas do bastão-do-imperador, durante sua fase inicial de crescimento, foi menos afetado pela carência de Ca e Mg, com redução de 32% e 33%, respectivamente, da matéria seca total e mais afetado pela carência de B, K, N, P e S, com redução de 93%, 91%, 72%, 63% e 51%, respectivamente. Resultados similares foram encontrados por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite, nas quais as omissões dos nutrientes, com exceção da omissão do magnésio reduziram significativamente a produção de matéria seca, quando comparada ao tratamento completo.

Observou-se que a relação parte aérea/raiz foi menor no tratamento com omissão de N, indicando ter havido maior redução na produção da parte aérea em relação à produção das raízes. A maior produção da parte aérea nessa redução fica evidenciada quando se observam os valores de matéria seca produzida no tratamento completo, que diminui em, aproximadamente, 75% no

tratamento -N, enquanto, em relação às raízes, essa redução foi de 45%. Dessa forma, Feitosa et al., (1992) também observaram que a relação PA/R foi menor com a ausência do N em plantas de rami.

O crescimento relativo foi calculado em relação ao tratamento completo, no qual a produção de matéria seca total foi maior. Isso permite observar que o total de matéria seca produzida pelas plantas do bastão-do-imperador, sob as deficiências de B, K, N e S foi inferior a 50%, com reduções de 6%, 8%, 28%, 36% e 48%, respectivamente do total produzido pelo tratamento completo. Quando o Ca e Mg foram omitidos, o crescimento relativo foi acima de 65%. Pinho (2007) trabalhando com plantas de bananeira ornamental, cultivada em solução nutritiva, encontrou resultados semelhantes. Este autor observou que o total de matéria seca produzida pelas plantas dos tratamentos com omissão de B, K, N e S foi inferior a 50% do total produzido pelo tratamento completo. Nas deficiências de Ca e Mg, o crescimento relativo foi acima de 60%.

Por meio dos dados apresentados pode-se verificar que o bastão-do-imperador é menos exigente em Ca e Mg. Esse fato fica evidenciado pelos valores do índice de crescimento relativo, apresentados nos tratamentos com omissão desses nutrientes, comparados aos demais tratamentos. As plantas de bastão-do-imperador também podem ter feito reservas de Ca e Mg, durante a fase de adaptação, suficiente para o desenvolvimento vegetativo.

4.4 Teores e acúmulos

Teor e acúmulo de macronutrientes

Teor e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio

Os teores e os acúmulos de nitrogênio, fósforo e potássio, nas folhas, hastes rizoma e raiz de bastão-do-imperador, tiveram diferença significativa em função dos tratamentos e encontram-se nas Tabelas 3, 4 e 5.

Verificou-se que, em todos os tratamentos nos quais houve omissão do nutriente, os teores e os acúmulos deste nutriente, nas diversas partes da planta, foram, geralmente, menores quando comparados com os do tratamento completo.

Nitrogênio

A omissão de nitrogênio ocasionou redução no teor desse nutriente em todas as partes da planta, de modo significativo, quando comparado ao tratamento completo (Tabela 3).

Tabela 3 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de N nas folhas, hastes, rizoma e raiz de bastão-do-imperador em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas		Hastes		Rizoma		Raiz	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	26,92c	3719,75a	11,00e	1908,00b	11,40c	646,50b	19,25c	8110,50a
-N	18,80e	623,50c	7,05f	311,75d	6,35d	102,50d	8,80e	200,25d
-P	23,12d	1129,50c	15,10d	1073,25c	18,57b	260,00c	21,02b	355,50c
-K	36,40a	572,25c	26,67a	343,50d	27,37a	73,75d	25,50a	130,75d
-Ca	31,55b	3484,00a	24,30b	2667,50a	25,80a	856,50a	21,82b	443,75b
-Mg	34,50a	3560,50a	17,47d	2110,25b	20,45b	581,50b	22,45b	511,50b
-S	33,95a	2418,50b	21,20c	1885,50b	21,62b	417,50c	22,12b	460,50b
-B	31,85b	246,50c	27,52a	291,00d	27,70a	183,50d	17,07d	48,75e

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

Os maiores teores de nitrogênio nas folhas foram observados na omissão de potássio, seguido dos tratamentos com omissão de magnésio e enxofre. Este resultado, possivelmente, é explicado pela redução do efeito antagônico existente entre N x K, N x Mg e N x S (Bergmann, 1992). Resultados semelhantes foram observados por Camargos (1999), em plantas de castanheira-

do-brasil, em que os tratamentos sob omissão de potássio, magnésio e enxofre apresentaram teores de N elevados.

Os maiores teores de nitrogênio, em todas as partes da planta, foram observados quando o potássio foi omitido. Entretanto, as plantas sob omissão desse nutriente foram colhidas antes dos demais tratamentos, devido à intensidade dos sintomas visuais de deficiência. Dessa forma, a produção de matéria seca foi inferior à dos demais tratamentos. A baixa produção de matéria seca proporcionou menor acúmulo de nitrogênio, ocasionando efeito de concentração desse nutriente.

Nas hastes e rizomas, além da omissão do potássio, a omissão de boro também acarretou em maiores teores de nitrogênio em relação ao tratamento completo. Devido às baixas produções de matéria seca, os acúmulos de nitrogênio, no tratamento com omissão de B, foram inferiores aos demais tratamentos, em todas as partes da planta. Este resultado também pode ser explicado pelos efeitos antagônicos entre N e B (Malavolta, 2006). O mesmo comportamento foi observado por Pinho (2007), em plantas de bananeira ornamental, nas quais as maiores concentrações de nitrogênio foram observadas nos tratamentos sob omissão de potássio, seguida da omissão do B, quando comparados ao tratamento completo.

De modo geral, os maiores acúmulos de N foram encontrados nos tratamentos completo e sob omissão de Ca, devido, provavelmente, à maior produção de matéria seca encontrada nesses tratamentos.

Fósforo

O menor teor de fósforo nas partes da planta foi observado quando houve omissão desse nutriente da solução nutritiva, comparando-se com os demais tratamentos (Tabela 4). Já os maiores teores de fósforo nas folhas, hastes

e rizomas ocorreram no tratamento com omissão de K, devido à baixa produção de matéria seca, que acarretou em menor acúmulo de fósforo, ocasionando efeito de concentração desse nutriente. Resultados semelhantes foram obtidos por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite cultivadas sob a omissão de K.

Tabela 4 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de P nas folhas, hastes, rizoma e raiz de bastão-do-imperador em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas		Hastes		Rizoma		Raiz	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	2,44c	338,00b	2,93c	512,25a	2,06d	117,75a	2,84c	119,50b
-N	2,21c	73,75d	3,60b	155,50c	3,35b	54,00c	9,98a	225,75a
-P	1,33d	65,75d	0,86d	61,25d	0,83e	11,75d	0,98d	16,75f
-K	4,60a	72,25d	4,90a	64,25d	4,30a	11,75d	3,99b	20,50f
-Ca	3,49b	379,75a	5,09a	554,25a	3,65b	122,75a	2,65c	54,75e
-Mg	3,29b	336,75b	4,58a	500,00a	3,02c	86,25b	3,17c	72,25d
-S	3,72b	264,75c	3,93b	349,50b	3,53b	67,50b	4,65b	98,25c
-B	3,59b	28,00e	5,02a	53,50d	4,24a	28,50d	1,63d	5,00f

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

Nas hastes e rizoma, além da omissão do potássio, a omissão do boro acarretou em maiores teores de fósforo em relação ao tratamento completo. Isso ocorreu devido, provavelmente, à baixa produção de matéria seca, que acarretou menor acúmulo de fósforo nessas partes da planta, ocasionando efeito de concentração desse nutriente. Observou-se, ainda, nas hastes, elevados teores de fósforo sob omissão de cálcio. Esse resultado pode ser explicado pela redução do efeito antagônico existente entre P e Ca (Bergmann, 1992). Resultados semelhantes foram encontrados por Viégas et al., (2002), em plantas de *Annona muricata*.

De modo geral, os maiores acúmulos de P foram encontrados no tratamento sob omissão de Ca e os menores no tratamento com omissão de B, devido, provavelmente, aos maiores e aos menores valores de matéria seca, respectivamente.

Potássio

A omissão de potássio proporcionou redução no teor desse nutriente em todas as partes da planta, quando comparadas ao tratamento completo (Tabela 5).

Tabela 5 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de K nas folhas, hastes, rizoma e raiz de bastão-do-imperador em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas		Hastes		Rizoma		Raiz	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	22,80d	3157,25b	25,20b	4360,25a	23,70f	1348,00a	17,55c	738,50b
-N	30,30c	1012,50c	39,30a	1741,00d	37,50c	601,50b	44,25a	1002,00a
-P	31,35c	1533,25c	39,00a	2763,25c	36,60c	527,50b	17,85c	303,50c
-K	12,90e	202,75d	12,45c	161,25e	5,10g	14,00c	7,80d	40,00d
-Ca	34,50b	3834,00a	40,20a	4438,25a	33,75d	1141,25a	19,80c	403,25c
-Mg	34,50b	3532,00a	39,75a	4793,75a	39,75b	1137,50a	31,95b	727,25b
-S	37,95a	2695,00b	39,90a	3555,00b	29,40e	563,00b	18,00c	377,25c
-B	30,30c	235,25d	40,05a	426,75e	49,50a	334,25b	2,70e	7,50d

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

Os maiores teores de potássio nas folhas ocorreram nos tratamentos sob omissão de enxofre, cálcio e magnésio. Além disso, na ausência de Ca e Mg, os teores de potássio encontrados nas hastes e no rizoma também foram superiores, quando comparados aos do tratamento completo; na raiz, apenas sob omissão de Mg. Os teores de K encontrados sob omissão de Ca na raiz não diferiram do

tratamento completo. Esse resultado está relacionado, possivelmente, à ausência do mecanismo de inibição competitiva existente entre K x Ca x e K x Mg (Malavolta et al., 1997). Provavelmente, a absorção de potássio foi favorecida pela ausência do Ca e Mg.

Observou-se, ainda, nas hastes e no rizoma, elevados teores de potássio no tratamento sob omissão de boro, devido à baixa produção de matéria seca que acarretou menor acúmulo de potássio, ocasionando efeito de concentração desse nutriente. Além disso, esse resultado é, provavelmente, explicado pela diminuição do efeito antagônico existente entre K e B (Bergmann, 1992).

Resultados semelhantes foram obtidos por Pinho (2007), em plantas de bananeira ornamental, em que os tratamentos com omissão de enxofre e boro acarretaram elevados teores de potássio, e por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite, em que os tratamentos com omissão de Ca e Mg apresentaram teores elevados de K.

Os maiores acúmulos de K foram encontrados nas folhas e nas hastes dos tratamentos sob omissão de Ca e Mg.

Teor e acúmulo de cálcio, magnésio e enxofre

Os teores e acúmulos de cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes, rizoma e raiz do bastão-do-imperador apresentaram diferença significativa em função dos tratamentos e encontram-se nas Tabela 6, 7 e 8.

Verificou-se que, em todos os tratamentos nos quais houve omissão do nutriente, os teores e os acúmulos deste nutriente nas diversas partes da planta, foram, geralmente, menores, quando comparados com os do tratamento completo, exceto no tratamento com omissão de enxofre nas folhas, cujo teor foi superior ao tratamento completo.

Cálcio

A deficiência de cálcio proporcionou redução drástica no teor desse nutriente, em todas as partes da planta (Tabela 6). Entretanto, os maiores teores de Ca nas folhas, nas hastes e no rizoma foram encontrados nos tratamentos com omissão de magnésio e boro. Na raiz, apenas sob omissão de Mg.

O teor de Ca encontrado sob omissão de B na raiz só foi maior quando comparado com o do tratamento completo.

Tabela 6 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de Ca nas folhas, hastes, rizoma e raiz de bastão-do-imperador em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas		Hastes		Rizoma		Raiz	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	13,70b	1872,75a	7,73c	1347,25a	6,26b	355,00a	4,61c	193,25a
-N	7,03d	233,75e	5,63e	250,25d	4,25c	68,25d	2,90d	66,00b
-P	8,39d	411,00d	6,27e	444,25c	7,53a	110,00c	4,23c	71,00b
-K	14,67b	231,75e	5,40e	70,25e	4,86c	13,00d	4,53c	23,50c
-Ca	3,51e	288,25d	2,47f	275,50d	1,70d	57,50d	1,70d	35,00c
-Mg	15,86b	1610,25b	12,02a	1453,50a	7,66a	222,00b	9,40a	213,75a
-S	10,60c	754,50c	6,78d	605,25b	7,23a	134,25c	8,53a	179,00a
-B	23,36a	181,50e	10,20b	108,75e	7,47a	49,75d	6,21b	18,25c

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

Os elevados teores de cálcio encontrados, no tratamento com omissão de Mg, devem-se, provavelmente, à redução da competição entre Mg e Ca (Mengel & Kirkby, 1987). Esses resultados concordam com os obtidos por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite cultivadas sob omissão de Mg.

Os elevados teores de Ca encontrados nas folhas, hastes e rizoma, quando o B foi omitido, devem-se, provavelmente, ao efeito de concentração decorrido da menor produção de matéria seca, que levou ao menor acúmulo de Ca nesse tratamento. Além disso, esse resultado pode ser explicado pela ausência de inibição do boro na absorção e no metabolismo dos cátions,

principalmente do cálcio (Dechen & Nachtigall, 2006). Almeida (2007) encontrou, em plantas de copo-de-leite, teores menores de Ca nos rizomas, no tratamento com omissão de B.

De maneira geral, os maiores acúmulos de cálcio ocorreram no tratamento completo, em todas as partes da planta, devido à maior produção de matéria seca desse tratamento.

Magnésio

O teor de magnésio foi menor quando o mesmo foi omitido da solução nutritiva em todas as partes da planta (Tabela 7). Entretanto, o maior teor nas folhas, hastes e rizoma ocorreu na omissão de K. Isso pode ser uma evidência da inibição competitiva do potássio na absorção de Mg (Epstein, 1975). Além disso, pode estar relacionado ao efeito de concentração, em decorrência da menor produção de matéria seca desse tratamento, que proporcionou menor acúmulo de Mg.

Tabela 7 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de Mg nas folhas, hastes, rizoma e raiz de bastão-do-imperador em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas		Hastes		Rizoma		Raiz	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	3,30c	456,00b	3,50c	610,25a	4,90c	277,50a	5,53a	233,50a
-N	2,52d	85,00d	2,31e	101,25d	2,73e	44,00c	1,20d	27,50c
-P	2,42d	118,50d	2,17e	154,50d	4,66c	68,00c	3,13c	53,00c
-K	7,47a	117,50d	6,27a	80,75d	7,66a	20,75c	4,64b	23,50c
-Ca	5,11b	567,50a	3,79c	418,50b	3,58d	123,00b	1,33d	27,00c
-Mg	1,23e	126,25d	0,72f	87,75d	1,25f	36,00c	1,36d	31,25c
-S	3,33c	239,00c	2,98d	268,50c	6,38b	121,00b	5,38a	110,50b
-B	4,60b	36,00d	4,60b	49,25d	3,86d	25,50c	1,51d	4,0c

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

Resultados semelhantes foram obtidos por Hiroce et al., (1990), em plantas de junco (*Cyperus malaccensis* Lam.) e por Silveira et al., (2002), em eucalipto, em que o tratamento com omissão de Mg apresentou os maiores teores de K.

De modo geral, os maiores acúmulos de Mg foram encontrados no tratamento completo, e os menores no tratamento com omissão de B. Este resultado, provavelmente, se deve aos maiores e aos menores valores de matéria seca, respectivamente.

Enxofre

O menor teor de enxofre no rizoma foi encontrado no tratamento com a sua omissão; na raiz, os menores teores foram encontrados sob sua omissão e sob omissão do B; já nas folhas e hastes, foram encontrados no tratamento completo e sob omissão de P, respectivamente (Tabela 8). Entretanto, os maiores teores e acúmulos de enxofre nas folhas, hastes e rizoma foram encontrados no tratamento sob omissão de cálcio. De acordo com Malavolta (1980), a velocidade de absorção do SO_4^{2-} depende do cátion acompanhante, obedecendo à seguinte série crescente: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ .

Tabela 8 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de S nas folhas, hastes, rizoma e raiz de bastão-do-imperador em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas		Hastes		Rizoma		Raiz	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	1,98g	274,75b	0,94c	164,50b	2,65e	151,00b	4,53c	190,50a
-N	2,85e	95,00c	1,33b	59,50d	3,84d	61,75c	5,86a	132,75b
-P	2,42f	118,25c	0,43d	31,25d	4,27c	61,75c	2,95d	49,75d
-K	3,63c	57,00c	1,28b	16,50d	3,92d	10,75d	2,89d	15,00e
-Ca	5,44a	603,00a	3,10a	344,50a	5,73a	192,50a	5,19b	106,75c
-Mg	3,20d	327,00b	0,85c	104,00c	2,60e	75,50c	2,30e	52,50d
-S	4,15b	295,70b	0,87c	77,75d	0,80f	16,00d	1,42f	29,25e
-B	3,71c	28,75c	2,98a	32,00d	4,70b	31,75d	1,35f	3,75e

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

Resultados semelhantes foram obtidos por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite, em que o tratamento sob omissão de Ca proporcionou os maiores teores de S nas folhas, nos rizomas e nas raízes.

Na raiz foram encontrados elevados teores de enxofre nos tratamentos com omissão de nitrogênio e cálcio. Os elevados teores de enxofre sob omissão de N, possivelmente, são explicados pela redução do efeito antagônico existente entre N e S (Bergmann, 1992). Esse resultado foi obtido por Pinho (2007), em plantas de bananeira ornamental, em que o tratamento com omissão de N apresentou o maior teor de S na raiz.

Teor e acúmulo de micronutrientes

Teor e acúmulo de boro, cobre e ferro

Os efeitos da ausência individual de cada macronutriente e do B sobre os teores e acúmulos do boro, cobre e ferro nas folhas, hastes, rizoma e raiz de bastão-do-imperado apresentaram diferença significativa em função dos tratamentos e encontram-se nas Tabelas 9, 10 e 11.

Boro

O tratamento com omissão de B proporcionou redução no teor desse nutriente nas folhas, porém, de modo não significativo, quando comparado ao tratamento completo; já nas hastes, o teor foi menor quando comparado com o do tratamento completo. No rizoma e na raiz, os teores de B no tratamento com a sua omissão não diferiram significativamente do tratamento completo, devido, provavelmente, ao efeito de concentração decorrente do menor acúmulo desse nutriente sob sua omissão (Tabela 9).

Tabela 9 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de B nas folhas, hastes, rizoma e raiz de bastão-do-imperador em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas		Hastes		Rizoma		Raiz	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	38,25c	5237,50b	20,80a	3620,00a	21,58a	1221,75a	19,27d	808,75a
-N	51,01b	1706,50d	19,27a	852,50e	17,20b	278,25c	18,52d	419,75d
-P	53,27b	2609,50d	17,22b	1221,75c	21,98a	318,50c	18,71d	317,75e
-K	52,20b	825,75e	22,28a	290,50f	26,05a	70,50d	27,88b	142,75f
-Ca	54,21b	5929,25b	14,39c	1599,50d	19,87b	682,25b	14,96e	297,24e
-Mg	66,71a	6864,75a	22,00a	2663,00b	23,63a	685,75b	23,19c	528,25c
-S	52,94b	3780,00c	20,42a	1813,50d	24,68a	470,00c	30,63a	636,00b
-B	34,89c	269,25e	18,37b	196,75f	22,01a	147,25d	20,24d	58,50g

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

O maior teor de boro nas folhas foi observado no tratamento com omissão de magnésio; nas hastes, os maiores teores foram observados nos tratamentos com omissão de nitrogênio, potássio, magnésio e enxofre. No rizoma, os maiores teores foram observados nos tratamentos com omissão de fósforo, potássio, magnésio e enxofre e, na raiz, nos tratamentos com omissão de enxofre e potássio.

Os maiores teores de B obtidos no tratamento com omissão de K deve-se, provavelmente, ao efeito de concentração, já que o acúmulo de B nas hastes e nos rizomas desse tratamento foi o menor. Além disso, a redução do efeito antagonico entre B e K (Bergmann, 1992), possivelmente, favoreceu a absorção de B no tratamento com omissão de K. Resultado semelhante foi encontrado por Sorreano (2006), em mudas de *Tapirira guianensis* (tapirira), em que o tratamento com omissão de K proporcionou teores elevados de B e por Silveira et al., (2002), em plantas de eucalipto, em que nos tratamentos com omissão de Mg e S apresentaram elevados teores de B.

Os menores acúmulos de B foram encontrados nos tratamentos com omissão de B e K, provavelmente, devido aos menores valores de matéria seca nesses tratamentos.

Cobre

Os maiores teores de cobre foram observados no tratamento com omissão de boro, seguido da omissão do potássio nas hastes e no rizoma. Os maiores teores foram observados sob omissão de B, seguida pelas omissões de N, K e S. Nas folhas, os maiores teores foram observados sob omissão de K, seguidos pelos do N e B, enquanto na raiz estes se encontram nos tratamentos sob omissão de P e B, seguidos do K (Tabela 10).

Tabela 10 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de Cu nas folhas, hastes, rizoma e raiz de bastão-do-imperador em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas		Hastes		Rizoma		Raiz	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	4,58c	635,25a	3,12c	544,00a	3,83b	216,25a	11,03d	461,75b
-N	7,35b	243,50c	4,22b	187,75c	4,74b	78,50b	7,41d	168,00d
-P	5,15c	253,00c	3,07c	220,75c	2,99c	43,50c	45,89a	772,00a
-K	8,51a	133,75d	5,40a	69,75d	4,43b	12,00d	24,08b	123,50d
-Ca	5,27c	583,25a	3,72b	409,25b	2,26c	77,00b	16,42c	331,75c
-Mg	4,28c	435,75b	2,95c	354,50b	2,96c	82,75b	15,58c	355,25c
-S	4,76c	342,25c	3,14c	281,50c	3,88b	75,50b	14,30c	292,75c
-B	6,78b	52,50d	6,26a	66,50d	7,43a	50,00c	41,67a	118,25d

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

Esse fato se deve, possivelmente, à menor produção de matéria seca desses tratamentos que levaram a um menor acúmulo de cobre, refletindo efeito de concentração desse nutriente. Além disso, os elevados teores de cobre sob omissão de B podem ser explicados também pela ausência de inibição do B na absorção e no metabolismo dos cátions (Dechen & Nachtigall, 2006). E em relação aos maiores teores de cobre na ausência do potássio, estes provavelmente, devem-se à redução do efeito antagônico existente entre K e Cu (Malavolta et al., 1997).

Resultados semelhantes foram obtidos por Almeida (2007), em folhas de copo-de-leite, em que as omissões de K, P e N apresentaram elevados teores de cobre.

Os menores teores do Cu foram observados no tratamento com omissão de magnésio nas folhas, nas hastes e no rizoma e na raiz sob omissão de nitrogênio. Resultado semelhante foi encontrado por Silveira (2002), em que os tratamentos com omissão de N e Mg apresentaram baixos teores de cobre.

Em todos os tratamentos, os maiores teores de cobre foram encontrados na raiz, indicando a baixa mobilidade do nutriente nas plantas (Mengel & Kirkby, 1987). Resultados semelhantes foram encontrados por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite; por Pinho (2007), em bananeira ornamental e por Sorreano (2006), em mudas de *Astronium graveolens* (Guarita) em que todos os tratamentos com omissão de nutrientes e completo apresentaram os maiores teores desses nutrientes nas raízes.

De modo geral, os maiores acúmulos de cobre foram encontrados no tratamento completo e os menores no tratamento com omissão de B, devido, provavelmente, aos maiores e aos menores valores de matéria seca, respectivamente.

Ferro

Os maiores teores de ferro nas folhas e hastes foram encontrados nos tratamentos com omissão de cálcio e boro; no rizoma, foram encontrados nos tratamentos com omissão de enxofre, de fósforo e de magnésio (Tabela 11). Esses resultados são semelhantes com os obtidos por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite, em que o tratamento com omissão de cálcio apresentou os maiores teores de ferro nas folhas e inflorescências. Enquanto nas raízes, todos os tratamentos apresentaram teores elevados, sendo que os menores valores foram observados nos tratamentos com omissão de cálcio e nitrogênio.

Tabela 11 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de Fe nas folhas, hastes, rizoma e raiz de bastão-do-imperador em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas		Hastes		Rizoma		Raiz	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	174,62c	23956,00b	37,66b	6535,75a	130,05c	7453,00a	643,38a	26972,00a
-N	120,75d	4017,00d	25,35c	1126,00e	63,29e	1020,75c	594,07b	13449,75b
-P	87,84e	4283,25d	24,83c	1769,50d	248,89b	3648,75b	651,95a	11006,50c
-K	124,76d	1963,75d	26,81c	347,00f	105,11d	286,50c	639,64a	3278,00d
-Ca	334,84a	36872,00a	41,29b	4470,00b	158,91c	5165,50a	611,57b	12459,50c
-Mg	99,87e	10106,75c	36,82b	4462,25b	236,94b	6663,50a	648,56a	14768,75b
-S	134,90d	9610,75c	28,32c	2520,50c	403,66a	7657,50a	684,46a	14240,25b
-B	229,76b	1783,50d	46,43a	497,25f	149,58c	989,25c	661,84a	1895,50d

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

Os elevados teores de ferro encontrados nas folhas e nas hastes do tratamento com omissão de cálcio e no rizoma do tratamento com omissão de fósforo, provavelmente, deve-se à ausência da intervenção na absorção do ferro causada por cálcio e fósforo (Dechen & Nachtigall, 2006). E os elevados teores de ferro encontrados no tratamento com omissão de B é devem-se,

possivelmente, à menor produção de matéria seca desse tratamento, que levou a um menor acúmulo de ferro, refletindo em efeito de concentração desse nutriente.

Entre as partes das plantas, a raiz foi o órgão que apresentou os maiores teores e acúmulos de ferro, indicando sua menor mobilidade dentro da planta. Segundo Bergmann (1992), o ferro não é facilmente transportado nos tecidos.

Teor e acúmulo de manganês e zinco

Os efeitos da omissão individual de cada macronutriente e do B sobre os teores e os acúmulos de manganês e zinco nas folhas, nas hastes, no rizoma e na raiz do bastão-do-imperador tiveram diferença significativa em função dos tratamentos e encontram-se nas Tabelas 12 e 13.

Manganês

Os maiores teores de manganês foram observados nos tratamentos com omissão de nitrogênio e boro em todas as partes da planta, exceto na raiz, nos quais se observou teor de manganês apenas sob omissão de nitrogênio (Tabela 12). Esse resultado deve-se, provavelmente, à menor produção de matéria seca desses tratamentos que levou a um menor acúmulo de Mn, refletindo efeito de concentração desses nutrientes. Além disso, no rizoma, foi observado elevado teor de manganês no tratamento com omissão de potássio, que pode ser explicado pelo efeito antagônico que altas concentrações de potássio exercem sobre a absorção de manganês (Marschner, 1995), de maneira que a ausência desse elemento favorece a absorção do manganês.

Tabela 12 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de Mn nas folhas, hastes, rizoma e raiz de bastão-do-imperador em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas		Hastes		Rizoma		Raiz	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	138,87d	18987,25a	20,92d	3656,50b	27,31c	1546,25a	71,65d	3014,25c
-N	302,84a	10051,50d	135,a	6042,25a	71,45a	1135,00b	238,16a	5392,00a
-P	248,73b	12149,25c	87,04b	6176,00a	50,84b	744,50c	58,98d	993,50d
-K	317,95a	5004,00e	83,64b	1073,75c	65,24a	174,75e	72,13d	373,25e
-Ca	163,11d	17630,00a	68,23b	7316,50a	39,60b	1305,75b	27,75f	544,75e
-Mg	158,31d	16140,50b	34,02d	4115,75b	30,19c	845,75c	136,37c	3096,25c
-S	227,12c	16171,25b	51,79c	4643,00b	41,83b	808,75c	165,13b	3410,75b
-B	257,05b	1991,75f	133,26a	1415,00c	73,60a	492,50d	47,23e	135,00e

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

Observou-se, também, que os teores de manganês no tratamento com omissão de magnésio foram maiores quando comparados aos do tratamento completo, porém, de modo significativo apenas na raiz. Provavelmente, esse resultado está relacionado à redução do efeito antagônico entre Mn e Mg, favorecendo, dessa forma a absorção do Mn na ausência do Mg (Malavolta, 1980). Esse resultado está de acordo com o obtido por Feitosa et al., (1992) em plantas de rami, em que o tratamento com omissão de Mg apresentou elevados teores de Mn. Moreira et al., (2003) também encontraram resultados semelhantes estudando a inibição do magnésio na absorção do Mn e do Zn e concluíram que a presença do magnésio diminui a absorção do Mn e que a competição entre eles é do tipo não competitiva.

Zinco

O tratamento sob omissão de fósforo proporcionou aumento no teor de zinco, quando comparado ao tratamento completo nas hastes, rizoma e raiz, exceto nas folhas (Tabela 13). Esses resultados são similares aos encontrados

por Moreira et al., (2001), em plantas de alface submetidas à solução nutritiva para o estudo da interação entre Zn e P.

Tabela 13 Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (mg planta^{-1}) de Zn nas folhas, hastes, rizoma e raiz de bastão-do-imperador em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas		Hastes		Rizoma		Raiz	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completo	34,64c	4708,75a	55,27e	9629,00a	49,86e	2814,25a	64,09c	2687,50a
-N	25,73d	858,00d	78,74c	3442,50d	80,98c	1282,25c	114,92a	2607,50a
-P	30,92c	1519,25c	66,80d	4743,00c	81,23c	1182,50c	100,49b	1699,25b
-K	43,81b	693,75d	125,16a	1613,50e	126,28a	343,25d	121,17a	618,25e
-Ca	44,02b	4861,00a	89,84b	9739,25a	89,91b	3012,75a	57,03d	1154,25c
-Mg	46,09b	4706,75a	68,06d	8132,75b	67,82d	1934,25b	38,62e	877,50d
-S	39,16b	2805,25b	57,52e	5137,75c	63,36d	1212,25c	53,70d	1125,00c
-B	73,25a	568,75d	91,41b	977,50e	89,85b	602,00d	75,45c	209,75f

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

Esses teores mais elevados de zinco nos tratamento sob omissão de P deve-se, provavelmente, à ausência do mecanismo de inibição não competitiva, existente entre esses nutrientes (Malavolta et al., 1997).

Teores elevados de zinco também foram encontrados no tratamento sob omissão do cálcio. Feitosa et al., (1992) também verificaram elevados teores de zinco sob omissão de cálcio. Esse resultado pode ser explicado pela ausência do mecanismo de inibição competitiva entre cálcio e zinco (Malavolta et al., 1997).

De maneira geral, os maiores acúmulos de zinco foram encontrados no tratamento completo e os menores no tratamento com omissão de B, devido, provavelmente, aos maiores e aos menores valores de matéria seca, respectivamente.

4.5 Acúmulo total e seqüência de absorção de nutrientes pelo bastão-do-imperador

Os efeitos da omissão individual de cada macronutriente e do B sobre o acúmulo total dos nutrientes em plantas de bastão-do-imperador tiveram diferença significativa em função dos tratamentos e encontram-se nas Tabelas 14 e 15.

Tabela 14 Acúmulo total de macro e micronutrientes em plantas de bastão-do-imperador em função dos tratamentos.

Tratamentos	Acúmulo total (mg planta ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Completo	7085,50a	1087,25a	9603,75a	3768,25a	1576,50a	780,50b
-N	1238,00d	509,00c	4357,00c	618,00e	257,50d	349,25d
-P	2824,75c	155,25d	5127,50c	1036,25d	394,75d	261,25e
-K	1120,50d	168,50d	417,50d	338,50f	243,00d	99,25f
-Ca	7453,50a	1111,50a	9816,75a	756,50e	1136,25b	1246,25a
-Mg	6763,75a	1045,00a	10190,50a	3499,50b	281,25d	559,00c
-S	5181,75b	780,25b	7190,25b	1672,75c	739,00c	418,50d
-B	769,00d	114,50d	1003,75d	358,00f	115,00d	96,25f

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

Tabela 15. Acúmulo total de macro e micronutrientes em plantas de bastão-do-imperador em função dos tratamentos.

Tratamentos	Acúmulo total ($\mu\text{g planta}^{-1}$)				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Completo	10888,00a	1857,00a	64917,00a	27204,25a	19839,50a
-N	3257,00d	678,00d	19613d	22620,50b	8189,50c
-P	4467,25d	1289,25b	20708,25d	20063,50b	9143,75c
-K	1329,50e	339,25e	5874,75e	6625,75c	3269,00d
-Ca	8508,25b	1401,75b	58967,50b	26797,25a	18766,75a
-Mg	10741,50a	1228,50b	36001,75c	24198,50a	15651,25c
-S	6699,25c	992,25c	34029,00c	25033,75a	10280,25c

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

A deficiência do B e a do K foram as que mais afetaram negativamente o acúmulo total de todos os nutrientes, devido, provavelmente, às menores produções de matéria seca, em todas as partes da planta, na ausência desses nutrientes. Resultados semelhantes foram encontrados por Pinho (2007) em plantas de bananeira ornamental, em que foram encontrados os menores acúmulos de nutrientes sob a omissão de potássio em todas as partes da planta.

De maneira geral, os tratamentos com omissão de cálcio e magnésio e o tratamento completo proporcionaram os maiores acúmulos dos nutrientes.

Os macronutrientes em estudo que mais se acumularam nas plantas de bastão-do-imperador no tratamento completo seguem a seguinte ordem decrescente (mg planta^{-1}): K (9.603,75) > N (7.085,50) > Ca (3.768,25) > Mg (1.576,50) > P (1.087,25) > S (780,50). Resultados semelhantes foram encontrados por Pedrosa et al., (2000), em plantas de *Gypsophila paniculata* cultivadas em solução nutritiva, em que a ordem decrescente de macronutrientes acumulados foi: K > N > Ca > Mg > S > P.

Os micronutrientes em estudo que mais se acumularam nas plantas de bastão-do-imperador no tratamento completo seguem a seguinte ordem decrescente ($\mu\text{g planta}^{-1}$): Fe (64.917,00) > Mn (27.204,25) > Zn (19.839,50) > B (10.888,00) > Cu (1.857,00). Resultados semelhantes foram encontrados por Haag et al., (1989a) em plantas de gladiolo cultivadas em solução nutritiva, em que a ordem decrescente de micronutrientes acumulados foi: Fe > B > Mn > Zn > Cu.

Observou-se ainda que o total de nutrientes acumulados pelas plantas de bastão-do-imperador sob as deficiências de N, P, K, Ca, Mg, S e B, como era de se esperar, mostraram reduções de 82%, 86%, 96%, 80%, 98% e 46%, respectivamente do total acumulado destes nutrientes em comparação ao tratamento completo. Resultados semelhantes foram encontrados por Haag et al., (1989b), em roseira submetida à deficiência nutricional. Esses autores concluíram que a deficiência de macro e micronutrientes proporcionou redução drástica no acúmulo total desses nutrientes nas plantas, em comparação com o total acumulado em plantas cultivadas no tratamento completo.

5 CONCLUSÕES

A omissão dos macronutrientes e do B na solução nutritiva resultou em alterações morfológicas, traduzidas como sintomas característicos de deficiência de cada nutriente.

A manifestação dos sintomas de deficiência ocorreu primeiro nos tratamentos com omissão de B, N, S e K. Depois, nos tratamentos com omissão de P, Mg e Ca.

As omissões de N e S induziram clorose generalizada nas folhas mais velhas e mais novas, respectivamente.

O bastão-do-imperador mostrou-se mais exigente em B, K, N, P e S na fase inicial de crescimento do que em Ca e Mg .

O desenvolvimento do sistema radicular de plantas de bastão-do-imperador foi mais afetado pela deficiência de B, K e Ca.

A redução da matéria seca total das plantas de bastão-do-imperador foi influenciada na seguinte ordem: B > K > N > P > S > Mg > Ca.

Os teores dos macronutrientes encontrados nas folhas de bastão-do-imperador no tratamento completo foram (g kg^{-1}): N 26,92; P 2,44; K 22,80; Ca 13,70; Mg 3,30; S 1,98, e os teores dos micronutrientes encontrados nas folhas de bastão-do-imperador no tratamento completo foram (mg kg^{-1}): B 38,25; Cu 4,58; Fe 174,62; Mn 138,87; Zn 34,64.

As deficiências individuais de macronutrientes e do B causaram alterações nos teores e nos acúmulos de macronutrientes e de micronutrientes nas diferentes partes da planta.

A ordem decrescente do acúmulo total de macronutrientes pelas plantas de bastão-do-imperador no tratamento completo foi: K > N > Ca > Mg > P > S, e a ordem decrescente do acúmulo total de micronutrientes pelas plantas de bastão-do-imperador no tratamento completo foi: Fe > Mn > Zn > B > Cu.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANEFALOS, L. C.; GUILHOTO, J. J. M. Estrutura do mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, SP, v. 50, n.2, p. 41-63, 2003.

ALMEIDA, E. F.A. **Nutrição mineral em plantas de copo-de-leite**: deficiência de nutrientes e adubação silicatada. 2007. 109 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BATISTA, M. M. F.; VIÉGAS, I. de J. M.; FRAZÃO, D. A. C.; THOMAZ, M. A. A.; SILVA, R. de C. L. Efeito da omissão de macronutrientes no crescimento, nos sintomas de deficiência nutricionais e na composição mineral em gravoileiras (*annoma muricata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n. 2, p. 315-318, ago. 2003.

BASSO, S. M. S. **Caracterização morfológica e fixação biológica de nitrogênio de espécies de *Adesmia* DC e *Lótus* L.** 1999. 268 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants.** New York: G. Fischer, 1992. 741 p.

BRAINER, M. S. C. P.; OLIVEIRA, A. A. P. Perfil da floricultura no Nordeste Brasileiro. In: CONGRESSO DA SOBER, 46., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sober, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normais climatológicas: 1961-1990.** Brasília: EMBRAPA/DNMET, 1992. 84 p.

CAMARGOS, S. L. **Diagnose de deficiência, teor e acúmulo de nutrientes em castanheira-do-brasil.** 1999. 90 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Universidade de São Paulo. CENA, Piracicaba, SP.

CARVALHO, J. G. de; VIÉGAS, I. de J. M. **Caracterização de sintomas de deficiências de nutrientes em paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex ducke).** Belém: EMBRAPA, 2004. 6 p. (EMBRAPA. Circular Técnica, 37).

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas.** Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 327-354.

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

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341 p.

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

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

FURLANI, A.M.C.; CASTRO, C.E.F. Plantas ornamentais e flores. In: _____. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOZ, 2001. p.533-552.

GONÇALVES, F. C.; NEVES, O. S.; CARVALHO, J. C. Deficiência nutricional em mudas de umbuzeiro decorrente da omissão de macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p.1053-1057, jun. 2006.

GRUNDON, N. J.; ROBSON, A. D.; SNOWBALL, M. J. L. Nutrient deficiency and toxicity symptoms. In: _____. **Plant analysis: na interpretation manual**. 2.ed. Áustria: CSIRO, 1997. p. 34-70.

HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D.; DECHEN, A. R.; MATTOS, J. R. Carências nutricionais em roseira. In: HAAG, H. P.; MINAMI, K.; LIMA, M. L. P. **Nutrição mineral de algumas espécies ornamentais**. Campinas: Fundação Cargill, 1989b. p. 278-288.

HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D.; MATTOS, J. R. Absorção de nutrientes pela cultura de gladiólos. In: HAAG, H. P.; MINAMI, K.; LIMA, M. L. P. **Nutrição mineral de algumas espécies ornamentais**. Campinas: Fundação Cargill, 1989a. p. 181-197.

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

HIROCE, R.; FEITOSA, C. T.; BENATTI JÚNIOR, R. Omissão de macronutrientes em junco. **Bragantia**, Campinas, v. 49, n. 2, p. 425-429, 1990.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.L. **The water culture methods for growing plants whiout soil**. Berkeley, California Agriculture Experiment Station, 1950. 32 p. (Bulletin, 347).

JOINER, J. N. Nutrition and fertilization of ornamental greenhouse crops. **Horticultural Reviews**, n.5, p. 366-403, 1983.

JONES, J. R.; BENTON, K.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook**. Geórgia: Micro-Macro, 1991. 213 p.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S. **Análise conjuntural das exportações brasileiras de plantas ornamentais no primeiro semestre de 2007**. Disponível em: <http://www.ibraflor.com.br/ibraflor/index.php?id=183;no_cache=1>. Acesso em: 10 out. 2007a.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S. **Análise conjuntural das exportações de flores e plantas ornamentais do Brasil**. Disponível em: <http://www.ibraflor.com.br/ibraflor/index.php?id=183;no_cache=1>. Acesso em: 10 out. 2007b.

LAMAS, A. M. **Floricultura tropical: técnicas de cultivo**. Recife: SEBRAE – PE, 2002. 86 p.

LANDGRAF, P. R. C.; PAIVA, P. D. de O. Produção e comercialização de flores em Minas Gerais. **Informe agropecuário**. Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 7-11, 2005

LANGE, A.; MARTINES, A. M.; SILVA, M. A. C. da; SORREANO, M. C. M.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p.61-67, jan. 2005.

LIMA FILHO, O. F. de; MALAVOLTA, E. Sintomas de desordens nutricionais em estévia *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, n. 1-2, p. 53-61, 1997

LOGES, V.; TEIXEIRA, M. C. F.; CASTRO, A. C. R. de; COSTA, A. S. da. Colheita, pós-colheita e embalagem de flores tropicais em Pernambuco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, jul./set. 2005.

LUZ, P. B. da.; ALMEIDA, E. F. A.; PAIVA, P. D. de O.; RIBEIRO, T. R. **Cultivo de flores tropicais**. Disponível em: <http://www.artigocientifico.com.br/uploads/artc_1166065542_47.pdf>. Acesso em: 10 out. 2007.

LUZ, P. B. da.; ALMEIDA, E. F. A.; PAIVA, P. D. de O.; RIBEIRO, T. R. Cultivo de flores tropicais. **Informe agropecuário**. Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 62-72, 2005

MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. de A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e

qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citiodoroa*. **Scientia Forestalis**, n. 27, p. 87-98, jun. 2000.

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.

MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: CERES, 1980. 251 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York; Academic, 1995. 889 p.

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

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; HEINRICHS, R.; TANAKA, R. T. Influencia do magnésio na absorção de manganês e zinco por raízes destacadas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n.1, p.95-101, jan. 2003.

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 alfaca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 903-909, jun. 2001.

MURAOKA, T.; SALVADOR, J. O. Sintomas de deficiências nutricionais em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) cultivado em solução nutritiva. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 407-414, set./dez. 1994.

PEDROSA, M.W.; BARBOSA, J.G.; MARTINEZ, H.P.; CARDOSO, A.A. Concentração e acúmulo de nutrientes em plantas de *Gypsophila paniculata* L. cultivadas em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**. Campinas, v. 6, n. 1/2, p. 19-30, 2000.

PINHO, P. J. de. **Deficiências nutricionais em bananeira ornamental (*musa velutina* h. wendl. & drude)**: alterações químicas e morfológicas e caracterização de sintomas visuais e. 2007. 147p. Tese (Doutorado em solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PRADO, R. de .; LEAL, R. M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. Catissol-01. **Pesquisa Agropecuária Tropical** , v. 36, n. 3, p. 187-193, 2006.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343 p.

RÖMHELD, V. Aspectos fisiológicos dos sintomas de deficiência e toxicidade de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: _____. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOZ, 2001. p. 71-86.

ROSOLEM, C. A.; BASTOS, G. B. Deficiências minerais no cultivar de algodão IAC 22. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 2, p. 377-387, 1997.

SALVADOR, J. D.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Sintomas visuais de deficiência de micronutrientes e composição mineral de folhas em mudas de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p.1655-1662, set. 1999.

SALVADOR, J. D.; MURAOKA, T.; ROSSETTO, R.; RIBEIRO, G. de A. Sintomas de deficiências nutricionais em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) cultivado em solução nutritiva. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 407-414, set./dez. 1994.

SILVEIRA, R. L. V. de A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E. N.; SGARBI, F.; BRANCO, E. F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *eucalyptus grandis* com *eucalyptus urophylla*. **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 107-116, 2002.

SORREANO, M. C. M. **Avaliação da exigência nutricional na fase inicial do crescimento de espécies florestais nativas**. 2006. 296p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Centro de Energia Nuclear e Agricultura, Piracicaba, SP.

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

TERAO, D.; CARVALHO, A. C. P. P. de; BARROSO, T. C. da S. **Flores tropicais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 225 p.

UTUM, M. M.; MONNERAT, P. H.; PEREIRA, P. R. G.; FONTES, P. C. R.; GODINHO, V. de P. C. Deficiência de macronutrientes em estévia: sintomas visuais e efeitos no crescimento, composição química e produção de esteviosídeo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p.1039-1043, jun.1999.

VIÉGAS, I. J. M. de; BATISTA, M. M. F.; FRAZÃO, D. A. C.; CARVALHO, J. G. de; SILVA, J. F. da. Avaliação dos teores de N, P, K, Ca, Mg E S em plantas de gravioleira cultivadas em solução nutritiva com omissão de macronutrientes. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 38, p. 17-28, 2002.