



VIVIANE AMARAL TOLEDO COELHO

**CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DO
GENGIBRE ORNAMENTAL (*Zingiber spectabile*)
SOB OMISSÃO DE NUTRIENTES**

LAVRAS – MG

2011

VIVIANE AMARAL TOLEDO COELHO

**CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DO GENGIBRE
ORNAMENTAL (*Zingiber spectabile*) SOB OMISSÃO DE NUTRIENTES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Janice Guedes de Carvalho

LAVRAS – MG

2011

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

Coelho, Viviane Amaral Toledo.

Crescimento e nutrição mineral do gengibre ornamental (*Zingiber
spectabile*) sob omissão de nutrientes / Viviane Amaral Toledo
Coelho. – Lavras : UFLA, 2011.

83 p.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Janice Guedes de Carvalho.

Bibliografia.

1. Plantas ornamentais. 2. Deficiências nutricionais. 3. Solução
nutritiva. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.966

VIVIANE AMARAL TOLEDO COELHO

**CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DO GENGIBRE
ORNAMENTAL (*Zingiber spectabile*) SOB OMISSÃO DE NUTRIENTES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 18 de fevereiro de 2011.

Dra. Elka Aparecida Fabiana Almeida EPAMIG

Dr. Paulo de Jorge Pinho UFLA

Dr. Antonio Eduardo Furtini Neto UFLA

Dra. Janice Guedes de Carvalho
Orientadora

LAVRAS – MG

2011

Aos meus pais Wilson e Ana Maria por sempre prevalecer o amor e pelos bons ensinamentos que me acompanharão por toda vida.

A minha irmã Ariane e cunhado Danilo, pelo amor e apoio quando sempre precisei.

Ao meu sobrinho João Pedro pela alegria que traz a minha vida.

Ao meu tio, padrinho, primo e avô de coração Tio Maninho (*in memoriam*) pela felicidade e alegria incondicional, que me deixa muita saudade.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu maior mentor, pela vida maravilhosa e por ter guiado em todos os momentos dessa caminhada.

Aos meus pais Wilson e Ana e minha irmã Ariane, que me ensinaram a viver com dignidade, que iluminaram meu caminho com amor, e por muitas vezes renunciarem seus sonhos para que os meus se realizassem.

Ao meu sobrinho João Pedro pela alegria e por sonhar com futuro melhor.

A toda minha família, pelo amor, afeto e dedicação.

À professora e “mãe intelectual” Janice Guedes de Carvalho, pela orientação, amizade, por todos os ensinamentos e pelo exemplo de profissional e pessoa.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência do Solo pela oportunidade de realização do mestrado e agora, doutorado.

Ao CNPq, pela concessão de minha bolsa de estudos.

Aos membros da banca examinadora Prof. Dr^o Antônio Eduardo Furtini Neto, Dr^o Paulo Jorge de Pinho, Dr^a Elka Fabiana Aparecida Almeida e Dr^a Ana Rosa Ribeiro Bastos, por gentilmente aceitar fazer parte da banca e pelo enriquecimento de meu trabalho.

Ao Adalberto Ribeiro, pela amizade, pelos sorrisos e pela realização nas análises químicas.

Aos Professores e funcionários do Departamento de Ciência do Solo pelas lições de saber, pela orientação constante e por repartirem sua experiência de vida. Em especial a secretária Dirce, que sempre ajudou quando mais precisei.

Aos melhores amigos e “irmãos” Cleber, Inêz, Ana Paula e Giovana. Para vocês uma mensagem que demonstra a importância de cada um de vocês na

minha vida: “Quem tem um amigo-irmão tem mais que companhia, tem um companheiro. Tem um laço que suplanta a existência de laços consangüíneos, é a irmandade de valores, de ideais, um sentimento sincero de torcida pela felicidade do outro.”

Aos amigos e colegas do Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Ciência do solo: Livia, Marislaine, Giuliard, Guilherme, Douglas, Murilo, Madeleine e Fernanda durante este período de convivência, ajuda profissional e agradável companhia.

Aos amigos que fiz durante meu curso de mestrado nesta Universidade.

Aos amigos de uma vida inteira Roberta, Debrinha, Felipe, Mariana, Keninha e Priscilla por me proporcionarem alegria nos momentos de descanso e por me ensinarem a ser uma pessoa melhor e acreditar que a amizade, apesar da distância física nunca foi obstáculo.

As minhas queridas amigas e irmãs de república: Pamela, Jussara, Maraísa, Talita, Mônica, Tenille e Ana Izabella pela convivência, amizade e companheirismo.

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

“Não devemos permitir que alguém saia da nossa presença sem se sentir melhor e mais feliz.” (Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi descrever os sintomas visuais de deficiências nutricionais, bem como avaliar o efeito da omissão de nutrientes no crescimento e nutrição mineral de gengibre ornamental. Os experimentos I e II foram realizados em casa de vegetação do DCS/UFLA, Lavras -MG. Para o experimento I, o esquema estatístico utilizado foi o DIC com três repetições, contendo oito tratamentos, em solução nutritiva baseada em solução de Hoagland e Arnon (1950) com os seguintes tratamentos: solução nutritiva completa (controle) e soluções nutritivas com omissões individuais de N, P, K, Ca, Mg, S e B. Para o experimento II, o esquema estatístico utilizado foi o DIC com quatro repetições, contendo seis tratamentos, em solução nutritiva baseada em solução de Bolle-Jones (1954), com os seguintes tratamentos: solução nutritiva completa (controle) e soluções nutritivas com omissões individuais de Cu, Fe, Mn, Zn e Na. Após a manifestação dos sintomas visuais de deficiência, as plantas foram colhidas, sendo os índices biométricos e matéria seca das diferentes partes da plantas avaliadas, e realizada a análise química das diferentes partes das plantas. A utilização da técnica de elemento faltante em solução nutritiva permite descrever sintomas deficiência de N, P, K, Ca, Mg, B e Fe para plantas de gengibre ornamental. Os nutrientes mais limitantes para o crescimento da parte aérea e raízes de gengibre ornamental são N, P, K, Ca e Mg. As deficiências nutricionais causam alterações nos teores e nos acúmulos das diferentes partes da planta de gengibre ornamental. Os teores dos macronutrientes encontrados nas folhas de gengibre ornamental no tratamento completo do experimento I são (g kg^{-1}): N 32,87; P 3,93; K 10,80; Ca 12,82; Mg 4,64; S 3,02, e os teores dos micronutrientes encontrados nas folhas de gengibre ornamental no tratamento completo são (mg kg^{-1}): B 94,28; Cu 6,74; Fe 321,82; Mn 1929,52; Zn 30,22. Os teores dos macronutrientes encontrados nas folhas de gengibre ornamental no tratamento completo no experimento II são (g kg^{-1}): N 37,86; P 3,95; K 16,60; Ca 11,56; Mg 7,81; S 14,30, e os teores dos micronutrientes encontrados nas folhas de gengibre ornamental no tratamento completo são (mg kg^{-1}): B 92,52; Cu 6,85; Fe 323,93; Mn 261,74; Zn 25,95.

Palavras-chave: Solução nutritiva. Deficiências nutricionais. Plantas ornamentais. *Zingiber spectabile*.

ABSTRACT

This work objective was to describe the nutritional deficiency visual symptoms and to evaluate the nutrient omission effect in the growth and mineral nutrition of ornamental ginger. The experiments, I and II, were carried out under greenhouse conditions at DCS/UFLA, Lavras –MG, Brazil. In the experiment I was used a completely randomized experimental design, with three replications and eight treatments: complete Hoagland and Arnon (1950) nutrient solution (control) and nutrient solution with simple omissions of N, P, K, Ca, Mg, S and B. In the experiment II was used a completely randomized experimental design, with four replications and six treatments: complete Bolle-Jones (1954) nutrient solution (control) and nutrient solution with simple omissions of Cu, Fe, Mn, Zn and Na. When the deficiency symptoms appeared, the plants were harvested and biometric indices and dry matter of different parts of plants evaluated. The chemical analysis was also realized. Nutrient solution with the missing element technique allows describe N, P, K, Ca, Mg, B and Fe deficiency symptoms in ornamental ginger plants. The most limiting nutrients for shoot and root growth of ornamental ginger are N, P, K, Ca and Mg. Nutritional deficiency causes changes in the contents and accumulations of different parts of ornamental ginger plants. Leaf macronutrient contents of control treatment in the experiment I are (g kg^{-1}): N 32,87; P 3,93; K 10,80; Ca 12,82; Mg 4,64; S 3,02 and leaf micronutrient contents of control treatment are (mg kg^{-1}): B 94,28; Cu 6,74; Fe 321,82; Mn 1929,52; Zn 30,22. Leaf macronutrient contents of control treatment in the experiment II are (g kg^{-1}): N 37,86; P 3,95; K 16,60; Ca 11,56; Mg 7,81; S 14,30 and leaf micronutrient contents of control treatment are (mg kg^{-1}): B 92,52; Cu 6,85; Fe 323,93; Mn 261,74; Zn 25,95.

Keywords: Nutrient solution. Nutritional deficiency. Ornamental plants. *Zingiber spectabile*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Sintomas visuais de deficiência de nitrogênio em gengibre ornamental: detalhe da haste sintomática.....	366
Figura 2	Sintomas visuais de deficiência de nitrogênio em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea (A) e do sistema radicular (B) da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita)..	38
Figura 3	Sintomas visuais de deficiência de fósforo em gengibre ornamental: detalhe da haste sintomática.....	39
Figura 4	Sintomas visuais de deficiência de fósforo em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea (A) e do sistema radicular (B) da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita)..	41
Figura 5	Sintomas visuais de deficiência de potássio em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea (A) e do sistema radicular (B) da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita)..	43
Figura 6	Sintomas visuais de deficiência de potássio em gengibre ornamental: detalhe da haste sintomática (A) e manchas cloróticas nas folhas (B).....	44
Figura 7	Sintomas visuais de deficiência de cálcio em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea da planta sob deficiência..	45
Figura 8	Sintomas visuais de deficiência de cálcio em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea (A) e do sistema radicular (B) da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita)..	47

Figura 9	Sintomas visuais de deficiência de magnésio em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita) (A) e detalhe da haste sintomática (B).....	49
Figura 10	Sintomas visuais de deficiência de boro em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea da planta sob deficiência (A) e do sistema radicular da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita) (B).....	51
Figura 11	Sintomas visuais de deficiência de boro em gengibre ornamental: detalhe da haste sintomática (A) e da folha planta sob deficiência (direita) comparada com a folha da planta do tratamento completo (esquerda) (B).....	52
Figura 12	Sintomas visuais de deficiência de ferro em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea (A) e do sistema radicular (B) da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita).	54
Figura 13	Sintomas visuais de deficiência de ferro em gengibre ornamental: detalhe da folha sintomática.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Altura (ALT), diâmetro da haste principal (DIAM), número de hastes (NH) e número de folhas (NF) de gengibre ornamental sob omissão de macronutrientes e boro, na colheita.	57
Tabela 2	Produção de matéria seca de folha (MSFO), haste (MSHA), rizoma (MSR) e raiz (MSRA) de gengibre ornamental sob omissão de macronutrientes e boro, na colheita.	59
Tabela 3	Altura (ALT), diâmetro da haste principal (DIAM), número de hastes (NH) e número de folhas (NF) de gengibre ornamental sob omissão de micronutrientes e sódio, na colheita.	62
Tabela 4	Produção de matéria seca de folha (MSFO), haste (MSHA), rizoma (MSR) e raiz (MSRA) de gengibre ornamental sob omissão de micronutrientes e sódio, na colheita.	63
Tabela 5	Produção de matéria seca (MS), teor foliar (T) e acúmulo (AC) de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de macronutrientes e B.	65
Tabela 6	Produção de matéria seca (MS), teor (T) e acúmulo (AC) de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de macronutrientes e B.	67
Tabela 7	Produção de matéria seca (MS), teor (T) e acúmulo (AC) de boro (B), cobre (Cu) e ferro (Fe) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de macronutrientes e B.	69
Tabela 8	Produção de matéria seca (MS), teor (T) e acúmulo (AC) de manganês (Mn) e zinco (Zn) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de macronutrientes e B.	70

Tabela 9	Produção de matéria seca (MS), teor (T) e acúmulo (AC) de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de micronutrientes e Na... .	72
Tabela 10	Produção de matéria seca (MS), teor (T) e acúmulo (AC) de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de micronutrientes e Na. .	73
Tabela 11	Produção de matéria seca (MS), teor (T) e acúmulo (AC) de boro (B), cobre (Cu) e ferro (Fe) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de micronutrientes e Na.	74
Tabela 12	Produção de matéria seca (MS), teor (T) e acúmulo (AC) de manganês (Mn) e zinco (Zn) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de micronutrientes e Na.	75

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	166
2	FLORICULTURA.....	18
3	ASPECTOS GERAIS DA CULTURA.....	21
4	ELEMENTOS ESSENCIAIS.....	22
4.1	Nitrogênio.....	22
4.2	Fósforo.....	23
4.3	Potássio.....	24
4.4	Cálcio.....	24
4.5	Magnésio.....	25
4.6	Enxofre.....	26
4.7	Boro.....	26
4.8	Cobre.....	27
4.9	Ferro.....	28
4.10	Manganês.....	28
4.11	Zinco.....	28
5	ELEMENTOS BENÉFICOS.....	29
5.1	Sódio.....	30
6	NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE PLANTAS ORNAMENTAIS... 31	
6.1	Diagnose visual da deficiência nutricional.....	31
7	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
7.1	Experimento I.....	32
7.2	Experimento II.....	34
8	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
8.1	Caracterização dos sintomas visuais de deficiência.....	36
8.1.1	Deficiência de Nitrogênio.....	36
8.1.2	Deficiência de fósforo.....	39
8.1.3	Deficiência de potássio.....	42
8.1.4	Deficiência de cálcio.....	45
8.1.5	Deficiência de magnésio.....	48
8.1.6	Deficiência de boro.....	50
8.1.7	Deficiência de ferro.....	53
8.1.8	Demais deficiências nutricionais.....	55
8.2	Variáveis de crescimento e produção de matéria seca.....	56
8.2.1	Deficiências de macronutrientes e boro.....	56
8.2.2	Deficiências de micronutrientes e sódio.....	611
8.3	Teor e acúmulo de nutrientes.....	64
8.3.1	Deficiência de macronutrientes e boro.....	64
8.3.1.1	Teor e acúmulo foliar de nutrientes.....	64
8.3.2	Deficiências de micronutrientes e sódio.....	72

8.3.2.1	Teor e acúmulo foliar de nutrientes	72
9	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

Em seu sentido mais amplo, a floricultura abrange o cultivo de flores e plantas ornamentais com variados fins, que incluem desde as culturas de flores para corte à produção de mudas arbóreas de porte elevado (CASTRO, 1998). O agronegócio de flores e plantas ornamentais vem se expandindo no País, sendo um dos aspectos que contribui para a expansão são as condições climáticas do Brasil que favorece o cultivo de flores de clima temperado e tropical. O país apresenta ainda vantagens como disponibilidade de terras, água, energia e mão-de-obra (ARRUDA; OLIVETTE; CASTRO, 1996).

Esse ramo se consolida como uma atividade econômica relevante, porém o principal aspecto deste segmento é o seu lado social. O agronegócio de flores e plantas ornamentais é uma atividade dominada por pequenos produtores rurais, o que contribui para uma melhor distribuição de renda. A capacidade de geração de ocupação e renda da floricultura é muito grande, emprega aproximadamente 120 mil pessoas, sendo que 80% da mão de obra formada por mulheres, além de 18,7% de origem familiar. Entre as culturas agrícolas, a floricultura destaca-se por empregar, em média, de 10 a 15 funcionários por hectare, superando em dez vezes os demais cultivos (FRANÇA; MAIA, 2008).

A floricultura é uma atividade bastante consolidada com grande importância econômica em vários Estados, como São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Goiás, Pernambuco, Ceará, Alagoas, Bahia e Amazonas (FURLAN; CASTRO, 2001). Embora ela seja ainda incipiente comparada aos mercados europeus e norte-americanos, as exportações brasileiras duplicaram nos últimos anos, o que comprova o grande potencial de desenvolvimento dessa cadeia produtiva.

As flores de plantas tropicais possuem características favoráveis ao comércio como beleza, exotismo, várias cores e formas, resistência ao transporte

e durabilidade pós-colheita. A procura por estas plantas para ornamentação aumenta a cada dia no mercado nacional, sendo que as principais espécies cultivadas são: antúrios, helicônias, alpinias, estrelícias, bastões-do-imperador e gengibres ornamentais (LUZ et al., 2005).

O gengibre ornamental (*Zingiber spectabile* Griff.), também conhecido como xampu, maracá ou sorvetão, é uma planta ornamental tropical, originária da Malásia. É uma planta herbácea, rizomatosa, robusta, perene, com hastes mais ou menos eretas, podendo atingir até 2,50m de altura. Possui folhas alongadas, lanceoladas e aveludadas na parte inferior. O gengibre ornamental apresenta inflorescências com brácteas amarelas até a coloração róseo-avermelhada. Essas plantas necessitam de solos orgânicos e úmidos para um desenvolvimento satisfatório (LAMAS, 2004; TERAQ; CARVALHO; BARROSO, 2005).

Essa espécie pertence à família Zingiberaceae e no gênero existem cerca de 85 espécies. Essas têm se mostrado muito resistente ao manuseio e sua durabilidade é bem grande, além da produtividade excepcional associada ao perfume levemente adocicado. A produtividade pode chegar a 100 flores/ano/touceira (LAMAS, 2004; LORENZI; MELO FILHO, 2001).

Para se conseguir um melhor padrão de qualidade, é necessário um balanço adequado de nutrientes. Embora a literatura sobre espécies ornamentais seja ampla, a parte referente à nutrição e adubação dessas ainda deixa grandes lacunas de informações quanto às exigências nutricionais e à identificação de problemas na produção decorrentes de estresses nutricionais, deficiências ou excessos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi descrever os sintomas visuais de deficiências nutricionais, bem como avaliar o efeito da omissão de nutrientes no crescimento e nutrição mineral de gengibre ornamental.

2 FLORICULTURA

A floricultura no Brasil não é uma atividade recente, sendo os registros mais antigos de 1870 com a produção de orquídeas em Petrópolis, no Rio de Janeiro, por Binot, encarregado de projetar e executar os jardins do Palácio Imperial. De renome internacional, o orquidário possui inúmeras variedades e exporta para os Estados Unidos, Alemanha e Japão (JARDIM..., 2005). A floricultura brasileira manteve-se pouco desenvolvida com baixa tecnologia de produção por muitas décadas, caracterizando-se como uma atividade amadora. A situação foi alterada gradativamente com o crescimento e a especialização da produção (FURLANI; CASTRO, 2001).

Em seu sentido mais amplo, a floricultura abrange o cultivo de flores e plantas ornamentais com variados fins que incluem desde as culturas de flores para corte à produção de mudas arbóreas de porte elevado (CASTRO, 1998). O agronegócio de flores e plantas ornamentais vem se expandindo no País, um dos aspectos que contribui para a expansão são as condições climáticas do Brasil que favorece o cultivo de flores de clima temperado e tropical. O país apresenta ainda vantagens como disponibilidade de terras, água, energia e mão-de-obra (ARRUDA; OLIVETTE; CASTRO, 1996).

Esse ramo se consolida como uma atividade econômica relevante, porém o principal aspecto deste segmento é o seu lado social. O agronegócio de flores e plantas ornamentais é uma atividade dominada por pequenos produtores rurais, o que contribui para uma melhor distribuição de renda. A capacidade de geração de ocupação e renda da floricultura é muito grande, emprega aproximadamente 120 mil pessoas, sendo que 80% da mão de obra formada por mulheres, além de 18,7% de origem familiar. Entre as culturas agrícolas, a floricultura destaca-se por empregar, em média, de 10 a 15 funcionários por hectare, superando em dez vezes os demais cultivos (FRANÇA; MAIA, 2008).

De acordo Junqueira e Peetz (2008), o mercado interno no ano de 2007 foi de US\$ 1,3 bilhões e as exportações conquistaram sucessivos recordes ao longo da década com valores em cerca de US\$ 35 milhões (2,7% do valor total da produção), com destino para países como Holanda, Estados Unidos, Japão, Espanha e França. Junqueira e Peetz (2010), comentam que dados mais recentes obtidos do primeiro semestre de 2010, mostram que a floricultura brasileira exportou US\$14,287 milhões, o que representou aumento de 1,64% quando comparado ao mesmo período do ano de 2009. Esses mesmos autores afirmam que o Brasil se destaca frente aos países vizinhos mesmo diante da crise econômica que ocorreu durante o período citado.

O principal mercado para a floricultura brasileira é o interno, pois possui um grande potencial de expansão, devido ao baixo consumo per capita, em torno de US\$4,70 por habitante, enquanto a Suíça possui um consumo per capita de aproximadamente US\$ 170 por habitante. A exportação é outra opção para floricultura brasileira, pois as condições climáticas do Brasil permitem a produção de inúmeras espécies de clima temperado e tropical, o que garante aos produtos brasileiros oportunidade de conseguir um bom lugar no mercado internacional (FRANÇA; MAIA, 2008).

A floricultura é uma atividade bastante consolidada com grande importância econômica em vários Estados, como São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Goiás, Pernambuco, Ceará, Alagoas, Bahia e Amazonas (FURLANI; CASTRO, 2001).

O agronegócio de plantas ornamentais no Brasil é um setor competitivo, que exige a utilização de tecnologias avançadas e conhecimentos técnicos pelos produtores. O mercado de produção e de comercialização de flores em Minas Gerais é bastante promissor, pois o Estado apresenta produção de plantas ornamentais em todas as regiões, porém cada uma na sua especialidade,

dependendo do clima e localidade para a produção e comercialização em larga escala de plantas e flores de excelente qualidade (LANDGRAF, 2006).

As flores de plantas tropicais possuem características favoráveis ao comércio como beleza, exotismo, várias cores e formas, resistência ao transporte e durabilidade pós-colheita. A procura por estas plantas para ornamentação aumenta a cada dia no mercado nacional, sendo que as principais espécies cultivadas são: antúrios, helicônias, alpínias, estrelícias, bastões-do-imperador e gengibres ornamentais (LUZ et al., 2005).

Para se conseguir um melhor padrão de qualidade, é necessário um balanço adequado de nutrientes. Embora a literatura sobre espécies ornamentais seja ampla, a parte referente à nutrição e adubação dessas ainda deixa grandes lacunas de informações quanto às exigências nutricionais e à identificação de problemas na produção decorrentes de estresses nutricionais, deficiências ou excessos.

3 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA

O gengibre ornamental (*Zingiber spectabile*), também conhecido como xampu, maracá ou sorvetão, é uma planta ornamental tropical, nativa da Malásia. É uma planta herbácea, rizomatosa, robusta, perene, com hastes mais ou menos eretas, podendo atingir até 2,50m de altura. Possui folhas alongadas, lanceoladas e aveludadas na parte inferior. Essa planta requer solos ricos em matéria orgânica e úmidos para um desenvolvimento satisfatório (LAMAS, 2004; TERAO; CARVALHO; BARROSO, 2005).

Produz inflorescências terminais que têm forma cilíndrica e suas brácteas são de coloração amarelo brilhante e, à medida que envelhecem se tornam avermelhadas. Essas inflorescências são sustentadas por uma haste ereta de 0,30m a 0,80m que originam diretamente do sistema de rizomas, sendo completamente separadas das hastes vegetativas. Podem ter um diâmetro de até 12,0cm e as inflorescências emergem durante o período dos meses mais quentes (de novembro a abril). As hastes vegetativas velhas fenecem e são aproveitadas para propagação. A planta apresenta um crescimento vigoroso, e, é facilmente transplantada (LAMAS, 2004; LORENZI; MELO FILHO, 2001).

Essa espécie pertence à família Zingiberaceae e no gênero existem cerca de 85 espécies. O gengibre ornamental tem se mostrado muito resistente ao manuseio e sua durabilidade é bem grande, além da produtividade associada ao perfume levemente adocicado. A produtividade pode chegar a 100 flores/ano/touceira. Os principais produtores são as Filipinas, Jamaica, Havai, Colômbia e Equador. Os principais importadores são Estados Unidos, Canadá, Holanda, Alemanha, Dinamarca, Bélgica, França e Itália. O pico de oferta ocorre entre os meses de dezembro e maio (LAMAS, 2004; LORENZI; MELO FILHO, 2001).

4 ELEMENTOS ESSENCIAIS

Segundo Malavolta (2006) um elemento é considerado essencial quando apresenta as seguintes características: sua ausência impede que a planta complete o seu ciclo de vida; não pode ser substituído por outro elemento com propriedades similares e ter participação direta no metabolismo da planta, sem o qual ela não pode sobreviver.

Os nutrientes requeridos em maiores concentrações pelas plantas são denominados macronutrientes. Esses elementos são: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, carbono, oxigênio e hidrogênio. Os nutrientes que são requeridos em menores quantidades pelas plantas são denominados micronutrientes e são: cloro, manganês, boro, zinco, ferro, cobre, níquel e molibdênio (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

4.1 Nitrogênio

O nitrogênio (N) é, em geral, o nutriente requerido em maior quantidade pelos vegetais e o mais limitante em relação ao crescimento. É absorvido pelas plantas na forma de nitrato ou amônio e uma vez absorvido é reduzido à forma amoniacal para a formação de diferentes aminoácidos (SOUZA; FERNANDES, 2006). Esse nutriente está presente nos vegetais desde a germinação da semente ou brotação até a maturação do fruto e senescência das folhas. As principais funções atribuídas ao N são: formação dos aminoácidos, que compõe as proteínas, conferindo a este elemento função estrutural; participação da molécula de clorofila; faz parte dos ácidos nucleicos e diversos compostos celulares (MALAVOLTA; MORAES, 2007).

Segundo Epstein e Bloom (2004) a deficiência de N é a mais limitante para as plantas, sendo os principais sintomas clorose generalizada e crescimento

reduzido. A clorose provocada pela falta de N ocorre primeiramente nas folhas mais velhas devido a alta mobilidade desse nutriente no floema. Posteriormente, esse clorose geral tende a alcançar toda a planta (FAQUIN, 2005; MALAVOLTA, 2006). Além desses sintomas, Malavolta e Moraes (2007) citam como sintomas dormência de gemas laterais, redução nos perfilhos, folhas menores e baixo teor de clorofila.

4.2 Fósforo

O fósforo (P) é classificado como um macronutriente primário devido a sua grande importância na adubação, porém os seus teores nas plantas são bem mais baixos quando comparados com os de N e potássio (K), aproximando-se mais dos teores dos macronutrientes secundários (RAIJ, 1991). O P participa de muitos processos do metabolismo vegetal, como transferência de energia (ATP), síntese de ácidos nucléicos, respiração, glicose, dentre outros (ARAÚJO; MACHADO, 2006). O P é absorvido pelas plantas preferencialmente na forma $H_2PO_4^-$, sendo esse íon encontrado em maior quantidade na solução do solo numa faixa de pH entre 4,5 e 6,0 (MALAVOLTA, 2006).

De acordo com Araújo e Machado (2006) os sintomas de deficiência desse nutriente não são tão característicos quando comparados aos outros macronutrientes, sendo a redução no crescimento vegetal o sintoma mais evidente. Algumas espécies podem apresentar, sob deficiência de P, uma coloração verde escura ou avermelhada nas folhas mais velhas (alta mobilidade desse elemento na planta), em consequência de um acúmulo de antocianinas (FAQUIN, 2005). Outros sintomas são: menor perfilhamento, atraso no florescimento, número reduzido de frutos e gemas laterais dormentes (MALAVOLTA, 2006).

4.3 Potássio

Diferente dos outros macronutrientes que possuem função estrutural, o potássio (K) não faz parte de compostos específicos, participando assim do metabolismo vegetal. As quantidades requeridas desse nutriente pelas plantas somente é inferior ao N, e sua forma absorvida é K^+ . De acordo com Malavolta (2006) uma das razões possíveis para a alta exigência de K pelas culturas, seja a necessidade de concentrações elevadas no citoplasma para garantir atividade enzimática ótima, tendo em vista, que esse nutriente é responsável pela ativação de mais de 50 enzimas. O K participa de vários processos fisiológicos que incluem além da ativação de enzimas, atuação na fotossíntese, manutenção do turgor das células, regulação da abertura e fechamento de estômatos, absorção de água; translocação de nutrientes na planta (MEURER, 2006).

O primeiro sintoma de deficiência desse nutriente é redução no crescimento vegetal. O K é um elemento altamente móvel na planta, sendo assim, os sintomas aparecem primeiramente nas folhas mais velhas. O sintoma típico é a clorose nas extremidades das folhas, evoluindo para uma necrose. Com o avançar da deficiência esses sintomas estende-se em direção a base foliar (MALAVOLTA, 2006).

4.4 Cálcio

A necessidade requerida de Ca pelas plantas varia grandemente entre as culturas (VITTI; LIMA; CICARONE, 2006). A absorção de Ca pelas raízes é na forma de Ca^{2+} , sendo a quantidade absorvida dependente da quantidade de outros cátions em solução como K^+ , Mg^{2+} e NH_4^+ . A principal função desse

macronutriente é a composição da parede celular no tecido vegetal, sendo responsável por manter a integridade estrutural e funcional das membranas. Quando há deficiência de Ca, o conteúdo citoplasmático começa a vaziar, e a ligação do Ca com a pectina é afetada (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Outras funções atribuídas ao Ca são; atraso no amadurecimento, senescência e abscisão; fotossíntese; divisão celular; além disso, é o nutriente que afeta a qualidade de frutos como tomate e maçã (FAQUIN, 2005).

A deficiência de Ca dentre os nutrientes é a que mais afeta o crescimento e desenvolvimento das raízes, devido a paralisação da divisão celular, e com isso ocorre paralisação do crescimento das raízes e escurecimento das mesmas. Na folhas, por se tratar de um elemento praticamente imóvel na planta, os sintomas de deficiência se manifestam nas folhas mais novas e regiões meristemáticas. Nas folhas, ocorre clorose das margens para o centro, além de morte de pontos de crescimento (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

4.5 Magnésio

O magnésio (Mg) é absorvido pelas plantas na forma iônica Mg^{2+} , semelhante ao que ocorre aos outros cátions que são nutrientes. O balanço entre Mg, Ca e K é importante para manutenção de teores equilibrados desses cátions no tecido vegetal, a fim de se evitar a indução de deficiência de alguns deles (VITTI; LIMA; CICARONE, 2006). Dentre as principais funções do Mg, pode-se citar como o elemento central da molécula de clorofila, além de ativador de diversas enzimas. Em particular o Mg é co-fator da maioria das enzimas fosforilativas, no qual forma uma ponte entre o pirofosfato do ADP ou ATP e a enzima. Devido a esse fato, existe um sinergismo entre Mg e P, ou seja a presença de um aumenta a absorção do outro (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Os sintomas de deficiência desse macronutriente ocorrem primeiramente nas folhas mais velhas por sua alta mobilidade na planta, caracterizado por uma clorose internerval, acarretando em posterior necrose. Sob deficiência severa, essas folhas podem torna-se amarelas ou brancas, e ocorrer abscisão foliar prematura (TAIZ; ZEIGER, 2004).

4.6 Enxofre

O enxofre (S) é absorvido ativamente pelas raízes das plantas na forma de sulfato (SO_4^{2-}), enquanto as folhas conseguem absorver, mesmo que de forma pouco eficiente, o gás SO_2 . O S compõe alguns aminoácidos como cisteína e metionina, que estão presentes em todas as proteínas. Outra função atribuída a esse elemento é a formação da ligação dissulfeto (S-S), que atuam na estabilidade terciária das proteínas. O S ainda é constituinte das membranas celulares na forma de sulfolipídeos (VITTI; LIMA; CICARONE, 2006).

Devido a sua baixa mobilidade, os sintomas de carência desse nutriente ocorrem nas folhas mais jovens, caracterizado por uma clorose generalizada. Também podem ser citados como sintomas de deficiência folhas pequenas, necrose e desfolhamento, redução do florescimento e menor nodulação de leguminosas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

4.7 Boro

O boro (B) é absorvido pelos vegetais como ácido bórico [$B(OH)_3$] e move-se predominantemente até as raízes por fluxo de massa. Diferente do que ocorre no solo, o B nas plantas é muito pouco móvel, acarretando em sintomas

de deficiência primeiramente nas folhas mais novas e nos pontos de crescimento (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

O papel desse micronutriente na planta ainda é ponto divergente para diversos autores, sendo as suas principais funções: participação da síntese de bases nitrogenadas (uracila), migração e metabolismo de carboidratos (facilita transporte de açúcares), funcionamento das membranas celulares, dentre outros (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Os principais sintomas atribuídos à carência de B é primeiramente o crescimento anormal e reduzido, folhas mais novas deformadas, encarquilhadas, pequenas e mais grossas, além da má formação do tubo polínico, abortamento floral e menor crescimento das raízes (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

4.8 Cobre

Assim como os outros micronutrientes catiônicos, o cobre (Cu) não participa da estrutura das plantas, mas sim da constituição de enzimas ou serem seus ativadores. O Cu é absorvido na forma de Cu^{2+} e as principais funções atribuídas a esse nutriente são: ativador enzimático (polifenoloxidase), fotossíntese, regulação hormonal e fixação biológica do nitrogênio (FBN) (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Semelhante ao que ocorre também aos outros micronutrientes, de maneira geral os principais sintomas de carência de Cu aparece nas folhas mais novas, com coloração verde escura, tornando-as cloróticas. Sob deficiência severa, as folhas podem cair prematuramente (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

4.9 Ferro

O ferro (Fe) encontra-se na solução do solo como Fe^{3+} , Fe^{2+} e quelatizado, sendo absorvido principalmente na forma de Fe^{2+} . Esse micronutriente é importante constituinte e ativador enzimático. Outras funções atribuídas ao Fe é sua participação na respiração, FBN, assimilação de N e S e fotossíntese. Os principais sintomas de deficiência de Fe que podem ser citados inicialmente são as folhas mais novas com clorose entre as nervuras (reticulado fino) e posteriormente tornam-se cloróticas, além de queda precoce das folhas e diminuição do crescimento (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

4.10 Manganês

O manganês (Mn) é absorvido na forma de Mn^{2+} , sendo essencial à síntese de clorofila e ativação de enzimas. O Mn também participa do fotossistema II, sendo responsável pela fotólise da água e redução do nitrato (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Os sintomas de deficiência de Mn são as folhas mais jovens e intermediárias com clorose, apresentando uma rede grossa com coloração verde entre as nervuras sobre um fundo amarelo (reticulado grosso), além de pequenas manchas necróticas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

4.11 Zinco

Esse nutriente é absorvido pelas raízes e folhas na forma de Zn^{2+} , atuando como co-fator enzimático. As principais funções do Zn são: respiração (desidrogenase alcoólica), controle hormonal (síntese do triptofano) e síntese de

diversas proteínas. As deficiências se manifestam em baixa atividade da gema apical, o que dá forma de roseta as plantas herbáceas e internódios mais curtos para as plantas arbóreas. Outros sintomas são as folhas mais jovens com partes necróticas e menor tamanho (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

5 ELEMENTOS BENÉFICOS

Os elementos benéficos são caracterizados como aqueles que, sua ausência não acarreta na morte da planta, porém em dadas condições, sua presença pode elevar o crescimento e a produção dos vegetais (FAQUIN, 2005). São vários esses elementos e como exemplos podem ser citados o silício, o selênio e o sódio.

5.1 Sódio

O sódio (Na) é elemento essencial para os animais, sendo a sua principal função relacionada à regulação da pressão osmótica dentro da célula e dos líquidos corporais, papel esse realizado pelo K nas plantas.

O K é o contra-íon responsável pelo influxo de H^+ através das membranas dos tilacóides dos cloroplastos induzido pela luz. Em plantas de beterraba e outras responsivas ao Na, são encontrados valores semelhantes de Na e K, indicando assim o papel do Na na fotossíntese e em outras funções (MALAVOLTA, 2006)

O fato de o Na substituir parcialmente o K, levanta a possibilidade de se fornecer Na como parte da adubação potássica, diminuindo assim, o custo, além da economia desse insumo agrícola (MARSCHNER, 1995).

6 NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE PLANTAS ORNAMENTAIS

Em plantas ornamentais, a avaliação de produção máxima ou ótima é muito subjetiva, sendo esse critério para essas espécies muito menos rígido quando comparado a outras culturas, muitas vezes baseados em testes conduzidos pelos próprios produtores. Dessa forma, podem ocorrer grandes perdas de nutrientes por lixiviação, no caso de N e K, ou danos que diminuam o seu valor comercial como a aplicação excessiva de micronutrientes (FURLANI; CASTRO, 2001; MALAVOLTA, 2006).

O balanço adequado de nutrientes é importante para atingir um melhor padrão de qualidade. Embora a literatura sobre espécies ornamentais seja ampla, a parte referente à nutrição e adubação dessas ainda deixa grandes lacunas de informações quanto às exigências nutricionais e à identificação de problemas na produção decorrentes de estresses nutricionais, deficiências ou excessos.

6.1 Diagnose visual da deficiência nutricional

A diagnose visual consiste em comparar o aspecto da amostra com o do padrão. Na maior parte dos casos compara-se o de um órgão, geralmente a folha, porém, a comparação pode ou deve ser feita usando-se outros órgãos como raiz e fruto. O motivo pelo qual o sintoma é típico do elemento deve-se ao fato que um dado nutriente exerce sempre as mesmas funções, qualquer que seja a espécie (CARVALHO et al., 2001).

Deve-se ressaltar que o sintoma visual de deficiência ou toxidez, é o último passo de uma série de problemas metabólicos, e que quando aparece, a produção pode ter sido comprometida (CARVALHO et al., 2001; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

7 MATERIAL E MÉTODOS

7.1 Experimento I

O experimento foi realizado durante o período de fevereiro de 2009 a fevereiro de 2010, 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 (BRASIL, 1992).

As plantas de gengibre ornamental, utilizadas no experimento, foram propagadas via sementes e germinadas em bandeja de poliestireno expandido com 72 células individualizadas com vermiculita. Trinta dias após a germinação, as mudas foram transferidas para a solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon (1950), com 10% da sua força iônica (período de adaptação), as quais permaneceram com aeração constante.

Após o período de adaptação (100 dias), as plantas foram transplantadas para vasos com capacidade para 8 litros e aplicaram-se os tratamentos sob a técnica do elemento faltante. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições e oito tratamentos: Solução Hoagland e Arnon (1950) completa (controle), solução completa menos N (-N), solução completa menos P (-P), solução completa menos K (-K), solução completa menos Ca (-Ca), solução completa menos Mg (-Mg), solução completa menos S (-S) e solução completa menos boro (-B). Cada parcela foi constituída por uma planta por vaso.

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 aumentada gradativamente, a cada 15 dias, até atingir 100%.

Na preparação de todas as soluções estoques dos nutrientes foram utilizados reagentes para análise (PA). As soluções nutritivas foram preparadas utilizando-se água deionizada e, durante o intervalo de renovação das soluções, o volume dos vasos foi completado, sempre que necessário, utilizando-se água deionizada.

As plantas foram monitoradas diariamente quanto ao aparecimento dos sintomas de deficiência nutricional, sendo estes descritos e fotografados. Após manifestação dos sintomas de deficiência foram realizadas as colheitas das plantas, separando-as em folhas, hastes, rizoma e raízes.

Ao final do experimento, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da haste principal, número de hastes, diâmetro da haste principal e número de folhas da haste principal.

O material foi colhido, lavado em água destilada e acondicionado em saco de papel e colocado em estufa com circulação forçada de ar, a 65-70°C, até apresentar peso constante. Após a determinação do peso da matéria seca, o material vegetal foi moído em moinho Willey com peneira de 20 mesh, para determinações dos nutrientes segundo a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), em que os extratos foram obtidos por digestão nitro-perclórica. Os teores de P e B foram determinados por colorimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; K por fotometria de chama de emissão; e de S, por turbidimetria do sulfato de bário. Os teores de N total foram determinados pelo método semimicro Kjeldahl (LIAO, 1981).

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

7.2 Experimento II

O experimento foi realizado durante o período de fevereiro de 2008 a julho de 2009, 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 (BRASIL, 1992).

As plantas de gengibre ornamental, utilizadas no experimento, foram propagadas via sementes e germinadas em bandeja de poliestireno expandido com 72 células individualizadas com vermiculita. Trinta dias após a germinação, as mudas foram transferidas para a solução nutritiva completa de Bolle-Jones (1954), com 10% da sua força iônica (período de adaptação), as quais permaneceram com aeração constante.

Após o período de adaptação (100 dias), as plantas foram transplantadas para vasos com capacidade para 8 litros e aplicaram-se os tratamentos empregados sob a técnica do elemento faltante. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições e seis tratamentos: Solução de Bolle-Jones (1954) completa (controle), solução completa menos Cu (-Cu), solução completa menos Fe (-Fe), solução completa menos Mn (-Mn), solução completa menos Zn (-Zn) e solução completa menos Na (-Na). Cada parcela foi constituída por uma planta por vaso.

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 aumentada gradativamente, a cada 15 dias, até atingir 100%.

Na preparação de todas as soluções estoques dos nutrientes foram utilizados reagentes para análise (PA). As soluções nutritivas foram preparadas utilizando-se água deionizada e, durante o intervalo de renovação das soluções,

o volume dos vasos foi completado, sempre que necessário, utilizando-se água deionizada.

As plantas foram monitoradas diariamente quanto ao aparecimento dos sintomas de deficiência nutricional, sendo estes descritos e fotografados. Após manifestação dos sintomas de deficiência, foram realizadas as colheitas das plantas, separando-as em folhas, hastes, rizoma e raízes.

Ao final do experimento, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da haste principal, número de hastes, diâmetro da haste principal e número de folhas da haste principal.

O material foi colhido, lavado em água destilada e acondicionado em saco de papel e colocado em estufa com circulação forçada de ar, a 65-70°C, até apresentar peso constante. Após a determinação do peso da matéria seca, o material vegetal foi moído em moinho Willey com peneira de 20 mesh, para determinações dos nutrientes segundo a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), em que os extratos foram obtidos por digestão nitro-perclórica. Os teores de P e B foram determinados por colorimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; K por fotometria de chama de emissão; e de S, por turbidimetria do sulfato de bário. Os teores de N total foram determinados pelo método semimicro Kjeldahl (LIAO, 1981).

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

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 Caracterização dos sintomas visuais de deficiência

8.1.1 Deficiência de Nitrogênio

As plantas cultivadas sob omissão de N começaram a apresentar sintomas a partir de 30 dias depois de instalado o experimento. O primeiro sintomas apresentados foi clorose generalizada nas folhas mais velhas conforme pode ser verificado na figura 1. Com o avanço da deficiência, toda a planta se mostrou clorótica (figura 2A), além de menor crescimento e desenvolvimento, menor número de hastes e folhas. Nas folhas mais velhas foram observadas leve necrose na sua extremidade, além de manchas marrons. Resultados similares foram observados por Pinho (2007) em plantas de bananeira ornamental.



Figura 1 Sintomas visuais de deficiência de nitrogênio em gengibre ornamental: detalhe da haste sintomática

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

O sistema radicular das plantas com carência de N era menos denso, pouco desenvolvido e com coloração mais escura quando comparadas às plantas do tratamento completo (Figura 2B). Resultados semelhantes foram verificados por Castro (2007) estudando deficiências nutricionais em plantas de helicônia e por Naiff (2007) em plantas de *Alpinia purpurata* (mesma família do gengibre ornamental).

De acordo com Malavolta (2006) a deficiência de N causa primeiramente a clorose generalizada das folhas mais velhas devido à proteólise nas mesmas, que resulta no colapso dos cloroplastos e assim ocorre um declínio dos teores de clorofila. Os sintomas ocorrem primeiramente nas partes mais velhas da planta e os aminoácidos resultantes da proteólise são mobilizados para as partes mais novas, visto que o N é um nutriente de alta mobilidade no tecido vegetal. Com o agravamento da deficiência toda a planta se torna clorótica, pelo baixo teor de clorofila. Esses sintomas são típicos da carência desse nutriente e são citados por diversos autores (BERGMANN, 1987; MALAVOLTA, 2006).

Souza e Fernandes (2006) explicam que a degradação da clorofila decorrente da deficiência de N não tem como objetivo mobilizar nutrientes, mas sim livrar a planta de compostos tóxicos de clorofila que são altamente reativos e liberados dos complexos proteínas-pigmentos, que compõe a membrana dos tilacóides dos cloroplastos.

O menor desenvolvimento das plantas com carência de N é explicado pela sua ação no metabolismo vegetal, uma vez que esse nutriente está presente em todas as proteínas e ácidos nucleicos da planta (MALAVOLTA; MORAES, 2007).

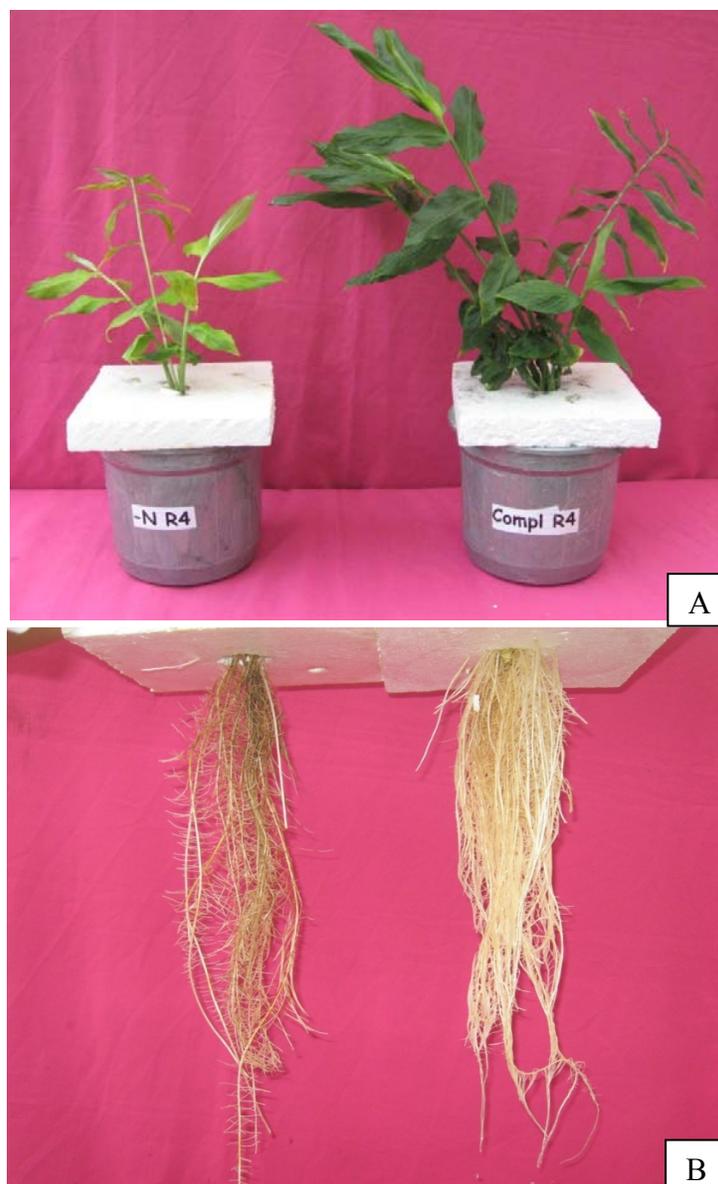


Figura 2 Sintomas visuais de deficiência de nitrogênio em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea (A) e do sistema radicular (B) da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita)

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

8.1.2 Deficiência de fósforo

Após 56 dias da instalação do experimento, as plantas com carência de P começaram a manifestar os sintomas. Os primeiros sintomas verificados nas plantas sob deficiência desse nutriente ocorreram nas folhas mais velhas devido a alta mobilidade de P nos tecidos vegetais (Figura 3), sendo essa mobilidade explicada por diversos autores (MARSCHNER, 1995, MENGEL; KIRKBY, 1987). Essas folhas apresentaram clorose, que evoluiu para necrose, que se estendia da extremidade até metade do limbo foliar (figura 3). Segundo Bergmann (1992) plantas sob deficiência de P podem apresentar manchas necróticas marrom-escuras nas folhas velhas, lesões necróticas nas margens das folhas e morte com queda de folhas mais velhas.



Figura 3 Sintomas visuais de deficiência de fósforo em gengibre ornamental: detalhe da haste sintomática

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

As plantas sob ausência de P também apresentaram menor tamanho e menor número de hastes e folhas, quando comparados as plantas do tratamento completo (figura 4A). Resultados semelhantes foram observados por Frazão (2008) estudando plantas de bastão-do-imperador observou clorose das folhas mais velhas, o que também foi verificado por Pinho (2007) em bananeira ornamental.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), assim como pode ocorrer na deficiência de N, algumas espécies sob deficiência de P podem produzir antocianinas em excesso, conferindo as folhas coloração levemente arroxeada. Isso ocorre porque a deficiência de fósforo provoca a inibição da síntese de carboidratos, aumentando os teores de açúcares, o que estimula a síntese de antocianina (BERGMANN, 1992; MARSCHNER, 1995).



Figura 4 Sintomas visuais de deficiência de fósforo em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea (A) e do sistema radicular (B) da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita)

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

Não foram verificados sintomas característicos da deficiência de P, como coloração arroxeada ou verde-escura como descrito para algumas espécies.

Nas raízes, foram verificados que estas eram menos densas e com coloração mais escura como observado na figura 4B.

8.1.3 Deficiência de potássio

As plantas sob carência de K apresentaram sintomas de deficiência após 51 dias de estabelecidos os tratamentos. Inicialmente ocorreu redução no crescimento das plantas (figura 5A e B) e com avançar do tempo, as folhas mais velhas apresentaram clorose com posterior necrose na sua extremidade, que se prolongava até aproximadamente um terço do limbo foliar (figura 6A). Também foi verificado que nessas folhas mais velhas existiam alguns pontos cloróticos que evoluíram para necrose, como mostrado na figura 6B. Sintomas semelhantes foram observados por Pinho (2007) em plantas de banana ornamental.

As raízes das plantas sob omissão de K eram menos desenvolvidas em comparação ao tratamento completo (Figura 5B). Sintomas semelhantes foram observados por Naiff (2007) em plantas de *Alpinia purpurata*.

O K possui papel importante na regulação do potencial osmótico das células vegetais e ativação de aproximadamente 50 enzimas. Devido a esse fato, a sua deficiência acarreta primeiramente em redução do crescimento vegetal (FAQUIN, 2005, MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

O primeiro sintoma característico da deficiência de K é a clorose marginal, que evolui para uma necrose, ocorrendo nas folhas mais velhas devido à mobilidade desse elemento no tecido vegetal (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997 MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Esses sintomas ocorrem devido às mudanças químicas nas plantas deficientes de K, como aumento no teor de putrescina, no conteúdo de ácidos orgânicos e menor teor de açúcar e amido nos órgãos de reserva (MALAVOLTA, 2006).



Figura 5 Sintomas visuais de deficiência de potássio em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea (A) e do sistema radicular (B) da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita)

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)



Figura 6 Sintomas visuais de deficiência de potássio em gengibre ornamental: detalhe da haste sintomática (A) e manchas cloróticas nas folhas (B)
Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

8.1.4 Deficiência de cálcio

Os sintomas de carência de Ca se manifestaram 54 dias após a implantação do experimento e foram caracterizados por clorose seguida por necrose das folhas mais jovens, que podem ser verificados na figura 7.

As plantas sob deficiência desse nutriente tiveram o crescimento negativamente afetado, com folhas menores e em menor número quando comparadas com plantas do tratamento completo (figura 8A). Resultados similares foram encontrados em plantas de bastão-do-imperador por Frazão (2008).



Figura 7 Sintomas visuais de deficiência de cálcio em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea da planta sob deficiência
Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

O sistema radicular também teve seu crescimento afetado, sendo as raízes menores e menos abundantes que as raízes das plantas do tratamento completo (figura 8B). Frazão (2008) estudando deficiências nutricionais em plantas de bastão-do-imperador descreveu sintomas de deficiência semelhantes aos encontrados no presente estudo.

Os vegetais utilizam Ca na síntese da parede celular, em particular na lamela média, que separa as células em divisão, além de requerido para funcionamento normal das membranas vegetais. Por esse fato, os sintomas de carência desse elemento ocorrem nas partes mais jovens, tanto na parte aérea como o sistema radicular (TAIZ; ZEIGER, 2004).



Figura 8 Sintomas visuais de deficiência de cálcio em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea (A) e do sistema radicular (B) da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita)

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

O sintoma típico da ausência de Ca é a necrose das regiões meristemáticas jovens, como ápices das raízes e folhas mais novas, devido provavelmente a dissolução da parede celular. Para as folhas mais jovens o primeiro sintoma é clorose nas suas extremidades e nos estágios mais avançados, ocorre necrose (EPSTEIN; BLOOM, 2004). Isso ocorre porque o Ca é fundamental para a permeabilidade das membranas e a manutenção da integridade celular, sendo requerido para a divisão e expansão das células.

8.1.5 Deficiência de magnésio

Semelhante a deficiência de N, as plantas sob omissão de Mg foram as primeiras a apresentar sintomas, o que aconteceu aos 37 dias após a instalação do experimento (figura 9A). As plantas com deficiência desse nutriente inicialmente apresentaram sintoma típico, que é clorose internerval nas folhas mais velhas (figura 9B). Com a progressão dos sintomas, as margens dessas folhas se tornaram amareladas que pode ser observado na figura 9B.



Figura 9 Sintomas visuais de deficiência de magnésio em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita) (A) e detalhe da haste sintomática (B)

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

Apesar de não ter sido tão drástico como nas outras omissões, o crescimento das plantas com ausência de Mg foi negativamente afetado (figura 9A), semelhante ao que aconteceu no sistema radicular. Resultados semelhantes foram observados por Pinho (2007) em bananeira ornamental e por Castro (2007) em plantas de helicônia.

O macronutriente em questão tem função específica na ativação de enzimas envolvidas nos processos de respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA (TAIZ; ZEIGER, 2004), contudo, o seu papel mais bem conhecido é como componente da molécula de clorofila (MENGEL; KIRKBY, 1987).

Os sintomas de carência de Mg são primeiramente visualizados nas folhas mais velhas devido à mobilidade desse nutriente no tecido vegetal e é caracterizado por clorose entre as nervuras (CARVALHO et al., 2001). Esse fato é justificado porque a clorofila nas nervuras permanece inalterada por períodos maiores que a clorofila do limbo foliar (entre as nervuras). Sob deficiência severa toda a planta se torna clorótica (BERGMANN, 1992; TAIZ; ZEIGER, 2004).

8.1.6 Deficiência de boro

Os primeiros sintomas de deficiência de B foram observados 71 dias após de instalação do experimento. As plantas tiveram o crescimento e desenvolvimento menor quando comparados ao tratamento completo (Figura 10 A), o que não foi observado no sistema radicular (figura 10B).

Com o avançar do sintoma, as folhas lançadas pela planta eram menores, mal-formadas e encarquilhadas, sendo que algumas praticamente não apresentavam limbo foliar (figura 11 A e B). Também foi verificado superbrotação devido à morte de meristema apical. Os sintomas de deficiência desse micronutriente ocorrem nos pontos de crescimento e partes mais jovens

devido a sua baixíssima mobilidade no tecido vegetal. Esses sintomas descritos anteriormente também foram descritos para outras espécies como bastão-do-imperador (FRAZÃO, 2008), bananeira ornamental (PINHO, 2007) e antúrio (FRAZÃO et al., 2009).



Figura 10 Sintomas visuais de deficiência de boro em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea da planta sob deficiência (A) e do sistema radicular da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita) (B)

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)



Figura 11 Sintomas visuais de deficiência de boro em gengibre ornamental: detalhe da haste sintomática (A) e da folha planta sob deficiência (direita) comparada com a folha da planta do tratamento completo (esquerda) (B)

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

O B possui restrita mobilidade nas plantas, com os sintomas de deficiência aparecendo, primeiramente, em órgãos mais novos e meristemáticos, afetando assim o crescimento tanto na parte aérea como nas raízes (CARVALHO et al., 2001).

Embora o papel que esse micronutriente desempenha no metabolismo vegetal não seja claro, várias funções lhe são atribuídas. A sua deficiência afeta o crescimento da planta provavelmente, devido, seu envolvimento no metabolismo de AIA e de fenóis, como também a necessidade de B para a síntese de bases nitrogenadas essenciais ao RNA como a uracila, que pode causar até a morte dos pontos de crescimento e necrose em folhas novas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

As folhas e os ramos de plantas sob carência de B podem se tornar quebradiças, devido ao baixo conteúdo de água nesses órgãos, resultando em distúrbios na transpiração (MENGEL; KIRKBY, 1987).

8.1.7 Deficiência de ferro

As plantas sob deficiência de Fe apresentaram sintomas 298 dias após a instalação do experimento. Os sintomas verificados não foram tão intensos como para as outras omissões descritas (figuras 12 A e B) e foi caracterizado por clorose internerval das folhas das hastes mais novas (figura 13). Sintomas semelhantes foram observados por Almeida (2007) em plantas de copo-de-leite e Pinho (2007) em plantas de bananeira ornamental.

O Fe tem função importante como componente de enzimas que realizam o processo de transferência de elétrons (TAIZ; ZEIGER, 2004), sendo que a sua ausência acarreta em atividade respiratória reduzida, por comprometimento das reações redox. A primeira consequência dessa carência nutricional é uma clorose

internerval, devido à baixa produção de clorofila (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Essa clorose ocorre primeiramente nas folhas mais novas, pois esse micronutriente não pode ser prontamente mobilizado das folhas mais velhas (FAQUIN, 2005).

A baixa mobilidade de Fe pode ser explicada pela precipitação de Fe nas folhas mais velhas na forma de fosfatos ou óxidos insolúveis, diminuindo a subsequente mobilização do metal para dentro do floema (TAIZ; ZEIGER, 2004).



Figura 12 Sintomas visuais de deficiência de ferro em gengibre ornamental: aspecto geral da parte aérea (A) e do sistema radicular (B) da planta sob deficiência (esquerda) comparada com planta do tratamento completo (direita)

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)



Figura 13 Sintomas visuais de deficiência de ferro em gengibre ornamental:
detalhe da folha sintomática
Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

8.1.8 Demais deficiências nutricionais

Durante o período experimental não foram diagnosticados sintomas foliares de deficiência de S. Esse resultado pode ser explicado pela absorção do S do ar pelas folhas, na forma de SO_2 , ainda que pouco eficiente (MALAVOLTA, 2006), o que pode ter atenuado as características sintomáticas

da deficiência de S nesse trabalho. As plantas de gengibre ornamental também podem ter adquirido reservas de S durante a fase de adaptação suficiente para o desenvolvimento vegetativo.

Os tratamentos sob omissões de Cu, Mn e Zn não manifestaram sintomas característicos de deficiência, o que pode ser explicado pelo fato de que no período de adaptação (em que são fornecidos todos os nutrientes) as plantas podem ter adquirido concentrações adequadas para o seu pleno desenvolvimento, visto que esses micronutrientes são necessários em pequenas quantidades.

Outra explicação é a de que as plantas de gengibre ornamental podem apresentar menor exigência desses nutrientes, sendo que, concentrações mais baixas podem ser suficientes para o desenvolvimento da planta.

8.2 Variáveis de crescimento e produção de matéria seca

8.2.1 Deficiências de macronutrientes e boro

Através das variáveis de crescimento avaliadas, observou-se que, as omissões de nutrientes proporcionaram diferenças significativas nessas características.

Os resultados referentes à altura (cm), diâmetro da haste principal (cm), número de hastes e número total de folhas das plantas de gengibre ornamental cultivadas sob deficiência de macronutrientes e B são mostrados na tabela 1.

Tabela 1 Altura (ALT), diâmetro da haste principal (DIAM), número de hastes (NH) e número de folhas (NF) de gengibre ornamental sob omissão de macronutrientes e boro, na colheita

Tratamento	ALT (cm)	DIAM (cm)	NH	NF
Completo	83,00a	0,97b	12a	20a
-N	39,33b	0,57c	2d	10c
-P	45,50b	0,40c	3d	13b
-K	39,33b	0,47c	4d	13b
-Ca	51,33b	0,53c	9b	16b
-Mg	54,55b	0,43c	5d	18a
-S	69,00a	1,20a	7c	15b
-B	73,73a	1,00b	6c	20a
CV (%)	15,37	17,07	19,11	11,31

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

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

Com exceção dos tratamentos com omissões de B e S, todos os outros diferiram estaticamente do tratamento completo em relação à altura das plantas. As omissões de N, K, P, Ca e Mg apresentaram reduções de 52,61; 52,61; 45,18; 38,16 e 34,28% respectivamente, quando comparados ao tratamento completo.

Gonçalves, Neves e Guedes (2006) estudando deficiência de macronutrientes em umbuzeiro, constataram que, em relação a altura das plantas, os tratamentos que sofreram maiores reduções foram as omissões de Ca, N e Mg. Já Prado e Vidal (2008) estudando deficiências nutricionais em milho, verificaram que, com exceção da omissão de S, todas as plantas dos outros tratamentos foram negativamente afetadas pela deficiência de macronutrientes, sendo os menores valores encontrados nas omissões de N e Ca. Esses dados corroboram com os encontrados no presente estudo.

As plantas cultivadas sob deficiências de N, P, K, Ca e Mg não diferiram estatisticamente entre si, porém, apresentaram diminuição no diâmetro da haste, quando comparadas à testemunha.

Em estudo realizado por Prado e Leal (2006), onde plantas de girassol da variedade Catissol-01 foram submetidas a deficiências nutricionais, foi observado que as plantas sob omissões de N, P, K e Ca tiveram sua altura e diâmetro afetados.

Na avaliação do número de hastes de plantas de gengibre ornamental, observou-se que, todas as omissões nutricionais estudadas resultaram na diminuição dessa característica, em relação ao tratamento completo, sendo que, as mais prejudiciais foram as deficiências de N, P, K e Mg, com redução de 89,76; 81,10; 70,23 e 62,12%, respectivamente, que não apresentaram diferença estatística significativa entre si.

Quanto ao número de folhas, as mais afetadas foram as plantas dos tratamentos -N, -P, -K e -S com reduções de 50,00; 33,91; 33,91 e 23,74%, respectivamente quando comparadas às plantas do tratamento completo.

Yeh, Lin e Wright (2000), em estudo de omissão de nutrientes em plantas de *Spathiphyllum*, verificaram que, os tratamentos que mais afetaram o número de folhas, foram às omissões de N, P e Ca.

Os resultados referentes à matéria seca de folhas (MSFO), matéria seca de hastes (MSHA), matéria seca de rizoma (MSRZ) e matéria seca de raiz (MSRA) das plantas de gengibre ornamental sob deficiência de macronutrientes e B apresentaram diferenças significativas e são mostrados na tabela 2.

Tabela 2 Produção de matéria seca de folha (MSFO), haste (MSHA), rizoma (MSR) e raiz (MSRA) de gengibre ornamental sob omissão de macronutrientes e boro, na colheita

Tratamento	MSFO (g)	MSHA (g)	MSRZ (g)	MSRA (g)
Completo	12,96b	20,08b	5,05b	5,00a
-N	1,48c	0,93c	0,71c	1,64c
-P	2,33c	1,02c	0,75c	1,66c
-K	2,31c	1,10c	0,55c	0,82c
-Ca	1,48c	1,63c	1,38c	0,77c
-Mg	5,03c	2,89c	1,58c	1,28c
-S	25,93a	28,34a	8,76a	3,35b
-B	10,06b	17,53b	9,49a	5,55a
CV (%)	27,65	32,60	25,65	26,14

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

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

Plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de S apresentaram valores superiores para MSFO e MSHA em relação às plantas cultivadas em solução completa. Já as plantas sob ausência de N, Ca, K, P e Mg tiveram a MSFO afetada, com reduções, em relação ao tratamento completo, de 88,58; 88,58; 82,17; 81,50; e 61,19% respectivamente. A MSHA para as plantas dos mesmos tratamentos citados anteriormente também foi afetada. Houveram reduções de 95,36; 94,92; 94,52; 91,88 e 85,61% para os tratamentos -N, -P, -K, -Ca e -Mg, respectivamente, quando comparados às plantas em que foram fornecidos todos os nutrientes.

Como observado para MSFO e MSHA, as plantas com carência de S apresentaram valores superiores e estatisticamente diferentes de MSRZ em comparação às plantas do tratamento completo. As menores produções de matéria seca dessa parte da planta foram observadas nas plantas com deficiência de K, N, P, Ca e Mg.

Houve redução na produção de MSRA de plantas cultivadas sob omissão de Ca, K, N, P e Mg com valores de respectivamente 84,60; 83,60; 67,20; 66,80 e 35,00% menores, quando foram comparadas as plantas do tratamento completo.

Em estudo realizado por Utumi et al. (1999) foi verificado que plantas de estévia submetidas à deficiência de S, obtiveram produção de matéria seca para as diferentes partes da planta semelhantes ao tratamento completo. Em particular, a matéria seca da raiz, apresentou valores quase duas vezes maiores que as plantas bem nutridas. Ainda em relação às plantas de estévia, os mesmos autores verificaram que, a matéria seca da parte aérea das plantas sob omissões de N, K, Mg e P foram as que sofreram menores reduções, resultados que corroboram aos observados no atual trabalho.

Veloso e Muraoka (1993), trabalhando com carência nutricional em pimenta-do-reino, observaram que as omissões de N, Ca e K foram as que mais afetaram a produção de matéria seca total dessas plantas. Esse fato foi diferente ao que ocorreu para os outros macronutrientes (S, Mg e P), que foram semelhantes estatisticamente ao tratamento completo. Já Barroso et al. (2005) verificaram que a matéria seca radicular de plantas de teca (*Tectona grandis*) não foi afetada pela deficiência de macronutrientes.

O menor desenvolvimento, em geral, das plantas com carência de N é explicado pelo papel desse nutriente no metabolismo vegetal, uma vez que o mesmo está presente em todas as proteínas e ácidos nucléicos da planta (MALAVOLTA; MORAES, 2007).

O crescimento reduzido é um dos sintomas de carência de P, por ser constituinte de compostos importantes do tecido vegetal, além de essencial nos processos de transferência de energia (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

O K possui papel importante na regulação do potencial osmótico das células vegetais e ativação de aproximadamente 50 enzimas. Devido a esse fato, a sua deficiência acarreta, primeiramente, em redução do crescimento vegetal (FAQUIN, 2005, MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

A deficiência de Ca afeta o crescimento e desenvolvimento das plantas, devido à paralisação da divisão celular, e com isso, ocorre paralisação do crescimento. Esse crescimento reduzido ocorre tanto na parte aérea quanto nas raízes (EPSTEIN; BLOOM, 2004).

Dentre as principais funções do Mg, pode-se citar como o elemento central da molécula de clorofila, além de ativador de diversas enzimas. Em particular, o Mg é co-fator da maioria das enzimas fosforilativas, no qual forma uma ponte entre o pirofosfato do ADP ou ATP e a enzima (MALAVOLTA, 2006). Por esse fato a deficiência desse macronutriente pode acarretar em menor desenvolvimento dos vegetais.

8.2.2 Deficiências de micronutrientes e sódio

Os resultados referentes a altura (cm), diâmetro da haste principal (cm), número de hastes e número de folhas das plantas de gengibre ornamental cultivadas sob deficiência de micronutrientes e Na são mostrados na tabela 3.

Tabela 3 Altura (ALT), diâmetro da haste principal (DIAM), número de hastes (NH) e número de folhas (NF) de gengibre ornamental sob omissão de micronutrientes e sódio, na colheita

Tratamento	ALT (cm)	DIAM (cm)	NH	NF
Completa	111,00a	1,03a	21a	25b
-Cu	95,30b	1,00a	14a	26b
-Fe	112,17a	1,13a	17a	26b
-Mn	124,17a	1,33a	16a	30a
-Zn	96,50b	1,07a	12a	25b
-Na	117,33a	1,13a	17a	30a
CV (%)	8,67	10,72	19,43	8,74

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

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

Analisando-se a altura das plantas, verifica-se que, as cultivadas em solução com omissões de Cu e Zn apresentaram os menores valores com médias 95,30 e 96,50 cm respectivamente, sendo que os outros tratamentos estudados não apresentaram diferença estatística em relação ao tratamento completo.

Para o diâmetro do caule e número de hastes, os tratamentos não apresentaram diferença estatística entre si.

As plantas dos tratamentos em que foram observados os maiores valores para número de folhas foram com omissões de Na e Mn, sendo até mesmo superiores e estaticamente diferentes daquelas cultivadas em solução nutritiva completa, com média de 30 folhas cada. As plantas com omissões de Cu, Fe e Mn não diferiram do tratamento completo para esse parâmetro.

Prado e Leal (2006), trabalhando com deficiências nutricionais em plantas de girassol, analisando variáveis como altura e diâmetro do caule, verificaram que a omissão de Zn não apresentou diferença estatística em relação ao tratamento completo. Esses dados estão de acordo com os resultados encontrados para gengibre ornamental.

De acordo com Yeh, Lin e Wright (2000), a deficiência de Fe não afetou o número de folhas em plantas de *Spathiphyllum*, em relação a tratamento completo. Pinho (2007) estudando deficiências nutricionais em plantas de bananeira ornamental constatou que os valores encontrados para diâmetro do caule e altura não diferiram entre o tratamento completo e onde se omitiu Mn e Fe.

Os resultados referentes à matéria seca da folha (MSFO), matéria seca da haste (MSHA), matéria seca do rizoma (MSRZ) e matéria seca da raiz (MSRA) das plantas de gengibre ornamental sob deficiência de micronutrientes e Na são mostrados na tabela 4.

Tabela 4 Produção de matéria seca de folha (MSFO), haste (MSHA), rizoma (MSR) e raiz (MSRA) de gengibre ornamental sob omissão de micronutrientes e sódio, na colheita

Tratamento	MSFO (g)	MSHA (g)	MSRZ (g)	MSRA (g)
Completo	121,39a	87,74a	79,14a	53,30a
-Cu	96,66b	70,89a	48,42a	61,38a
-Fe	77,13c	61,96a	99,56a	33,63b
-Mn	81,22c	61,19a	48,67a	31,19b
-Zn	97,43b	76,57a	96,42a	45,18b
-Na	93,06b	46,16a	118,91a	40,98b
CV (%)	6,94	18,20	29,65	21,49

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

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

A produção de MSFO do tratamento completo foi estatisticamente diferente do tratamento com omissões de micronutrientes e de Na, sendo os menores valores observados nas omissões de Fe e Mn (77,13 e 81,22 g).

As produções de MSHA e MSRZ não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

Exceto na omissão de Cu, todas as demais omissões resultaram em queda na massa seca de raiz de gengibre ornamental, com diminuições de 41,48; 36,90; 23,11 e 15,23% para as omissões de Mn, Fe, Na e Zn, respectivamente.

Salvador, Moreira e Muraoka (1999), estudando deficiências de micronutrientes em mudas de goiabeira, constataram que a produção de matéria seca do caule para todos os micronutrientes foi afetada pela omissão dos mesmos. Os mesmos autores observaram que para matéria seca das raízes todas as deficiências estudadas foram estatisticamente diferentes que a testemunha.

Lange et al. (2005), em estudo com plantas de mamoneira, observaram que somente a deficiência de Fe e Cu foram menores que o tratamento completo em relação à produção de matéria seca da raiz. Nesse mesmo trabalho, os autores verificaram que as menores produções de matéria seca da parte aérea foram verificadas em plantas cultivadas sob omissões de Fe e Mn.

Os micronutrientes como Cu, Fe, Mn e Zn estão envolvidos como ativadores enzimáticos de diversas reações nas plantas, como participação na respiração e fotossíntese (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). A deficiência de qualquer um deles pode acarretar em disfunção de alguns desses processos e conseqüentemente afetar o crescimento vegetal.

8.3 Teor e acúmulo de nutrientes

8.3.1 Deficiência de macronutrientes e boro

8.3.1.1 Teor e acúmulo foliar de nutrientes

Os teores e acúmulos de N, P e K das folhas de gengibre ornamental, tiveram diferenças significativas em função dos tratamentos estudados e encontram-se na tabela 5.

Tabela 5 Produção de matéria seca (MS), teor foliar (T) e acúmulo (AC) de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de macronutrientes e B

Tratamento	MS (g)	T (N)	AC (N)	T (P)	AC (P)	T (K)	AC (K)
		g kg ⁻¹	mg planta ⁻¹	g kg ⁻¹	mg planta ⁻¹	g kg ⁻¹	mg planta ⁻¹
Completo	12,96	32,87a	415,96b	3,93b	50,04b	10,80b	138,36b
-N	1,48	19,67b	29,09c	14,07a	20,67c	10,80b	16,19c
-P	2,33	35,70a	82,57c	1,01d	2,37d	10,80b	25,53c
-K	2,31	38,27a	88,43c	4,76b	11,11d	7,20b	16,69c
-Ca	1,48	34,13a	50,09c	3,10c	4,42d	12,93a	18,59c
-Mg	5,03	27,96b	139,70c	4,29b	21,35c	17,60a	91,19b
-S	25,93	36,83a	949,15a	3,25c	83,16a	13,80a	357,15a
-B	10,06	33,93a	346,15b	4,58b	45,99b	14,33a	143,94b
CV (%)		17,77	29,42	13,45	15,94	17,16	28,42

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

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

Os menores teores de N foram observados nas plantas dos tratamentos sob omissão desse nutriente e Mg. O menor teor observado nas plantas do tratamento -N pode ser explicado pela ausência do nutriente na solução de cultivo.

A concentração externa de íons é um dos fatores que afetam a absorção iônica radicular (MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 1995). O N é um nutriente responsável pelo aumento da área foliar e sua deficiência causa a redução no tamanho da folha. Os menores teores associados às menores produções de matéria seca culminaram nos menores acúmulos de N na parte aérea das plantas. Em função das baixas produções de matéria seca das plantas sob esse tratamento o acúmulo seguiu a mesma tendência do teor.

As plantas dos tratamentos sob omissão de P, K e Ca apresentaram teores de N semelhantes ao tratamento completo, refletindo em efeito de concentração desse nutriente nessas plantas.

Prado e Leal (2006) em estudo com deficiências nutricionais em girassol constataram que as plantas com carência de K apresentavam alto teor de N, o que corrobora com os resultados encontrados no presente estudo.

As plantas com deficiência de S apresentaram os maiores acúmulos de N, devido, provavelmente, à maior produção de matéria seca e ao elevado teor desse nutriente. As plantas com ausência dos outros macronutrientes tiveram os menores acúmulos em razão da menor produção de matéria seca.

Para teor de P, os maiores valores foram observados em plantas com omissão de N, provavelmente mostrando efeito de concentração desse elemento, devido à baixa matéria seca produzida e também ausência da inibição competitiva entre N x P (WILKINSON; GRUNES, 1999). As plantas cultivadas em solução com ausência de P apresentaram queda no teor desse elemento, com redução de 74,30%, quando comparado ao tratamento completo.

Os maiores acúmulos de P foram encontrados nas plantas com omissão de S, em razão maior da produção de matéria seca. Já os menores valores foram obtidos nas plantas sob omissão de P, Ca e K, sendo explicado pela baixa produção de matéria seca.

Os maiores teores de K foram observados nas plantas com deficiência de Mg, B, S e Ca. Para as plantas deficientes de Mg e Ca esse fato pode ser explicado pela redução de antagonismo existente entre K e esses cátions (USHERWOOD, 1982).

Silveira et al. (2002), estudando deficiências nutricionais em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*, constataram que altos teores de K foram verificados nas plantas com deficiência de Ca, Mg e S. O mesmo foi verificado por Utumi et al. (1999) em plantas de estévia.

Mesmo não apresentando diferença significativa em relação ao tratamento completo, as plantas cultivadas sob omissão de K apresentaram diminuição nos teores desse nutriente com valor de $7,20 \text{ g kg}^{-1}$.

O maior acúmulo de K foi encontrado nas plantas com omissão de S, devido à maior produção de matéria seca e ao alto teor desse nutriente na planta. Já os menores valores foram obtidos nas plantas sob omissão de N, P, Ca e K, em virtude da baixa produção de matéria seca.

Os teores e acúmulos de Ca, Mg e S das folhas de gengibre ornamental, tiveram diferenças significativas em função dos tratamentos estudados e encontram-se na tabela 6.

Tabela 6 Produção de matéria seca (MS), teor (T) e acúmulo (AC) de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de macronutrientes e B

Tratamento	MS (g)	T (Ca)	AC (Ca)	T (Mg)	AC (Mg)	T (S)	AC (S)
		g kg ⁻¹	mg planta ⁻¹	g kg ⁻¹	Mg planta ⁻¹	g kg ⁻¹	mg planta ⁻¹
Completo	12,96	12,82b	164,23b	4,64d	59,46b	3,02a	39,07b
-N	1,48	16,84a	25,12d	6,96c	10,25c	2,78a	4,12c
-P	2,33	13,76b	31,94d	6,57c	13,52c	3,28a	7,55c
-K	2,31	13,90b	32,18d	15,33a	35,49b	3,37a	7,81c
-Ca	1,48	7,14c	10,74d	13,91b	20,52c	3,95a	5,89c
-Mg	5,03	18,47a	93,76c	1,66f	8,29c	2,79a	14,13c
-S	25,93	12,77b	333,63a	5,31d	138,57a	3,67a	95,12a
-B	10,06	18,06a	181,80b	3,66e	37,68b	4,13a	41,58b
CV (%)		9,42	29,66	10,35	42,27	20,07	30,44

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

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

Em relação ao teor de Ca das folhas, os maiores valores foram observados nas plantas com omissões de N, B, e Mg, com aumento de 31,36; 40,87 e 44,07%, respectivamente, em comparação ao tratamento completo. Esse fato é explicado pela ausência do mecanismo de inibição competitiva entre Ca x N e Ca x Mg (MALAVOLTA, 2006). O menor teor de Ca foi encontrado quando se omitiu esse nutriente, com redução de 44,90%, quando comparado ao tratamento completo.

Prado e Vidal (2008), em estudo com plantas de milho, observaram aumento no teor de Ca quando se cultivou as plantas sob deficiência de N, Mg e B, esse resultado vai de acordo com os observados nas plantas de gengibre ornamental.

Como observado anteriormente para outros nutrientes, o maior acúmulo de Ca ocorreu nas plantas em que se retirou o S, devido à maior produção de matéria seca. Os menores valores foram observados nas omissões dos demais macronutrientes, em razão da menor produção de matéria seca.

Os maiores teores de Mg foram encontrados em plantas cultivadas sob omissão de K e Ca, com aumento de 230,39 e 199,78%, em relação ao tratamento completo. Esse fato é justificado pela ausência da inibição competitiva entre Mg e os cátions em questão (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Já o menor teor de Mg ocorreu nas plantas em que foi omitido esse nutriente.

Monteiro et al. (1995), observaram que, plantas de *Brachiaria brizantha* sob omissão de Ca e K apresentaram altos teores de Mg, explicado pela inibição competitiva existente entre esse cátions.

O maior acúmulo de Mg foi observado em plantas cultivadas sob omissão de S devido maior produção de matéria seca. O menor acúmulo de Mg foi observado nos tratamentos de -Mg, -N, -P e -Ca, explicado pela menor produção de matéria seca.

Para teores de S, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos estudados. Já a o acúmulo foi semelhante ao observado no acúmulo de Mg, pelos mesmos motivos acima citados.

Os teores e acúmulos de B, Cu e Fe das folhas de gengibre ornamental, tiveram diferenças significativas em função dos tratamentos estudados e encontram-se na tabela 7.

Tabela 7 Produção de matéria seca (MS), teor (T) e acúmulo (AC) de boro (B), cobre (Cu) e ferro (Fe) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de macronutrientes e B

Tratamento	MS (g)	T (B)	AC (B)	T (Cu)	AC (Cu)	T (Fe)	AC (Fe)
		mg kg ⁻¹	µg planta ⁻¹	mg kg ⁻¹	µg planta ⁻¹	mg kg ⁻¹	µg planta ⁻¹
Completo	12,96	94,28c	1221,68a	6,74a	85,55b	321,82b	4165,07b
-N	1,48	101,86c	153,02b	4,44b	6,56e	264,88b	393,60c
-P	2,33	131,79b	324,16b	5,67b	13,23e	302,69b	691,98c
-K	2,31	186,03a	433,88b	6,50a	15,37e	235,99b	541,82c
-Ca	1,48	194,49a	294,90b	5,37b	7,79e	493,74a	722,01c
-Mg	5,03	108,00c	541,88b	7,37a	37,07d	334,71b	1607,73c
-S	25,93	65,61c	1322,68a	5,50b	140,48a	258,54b	6797,29a
-B	10,06	16,09d	163,80b	5,87b	58,81c	504,70a	5046,91b
CV (%)		27,86	29,96	13,36	23,24	14,85	32,34

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

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

Em relação ao teor de B, os maiores valores foram encontrados nas plantas dos tratamentos com ausência de Ca e K, demonstrando efeito de concentração desse nutriente. Os menores teores foram encontrados nas plantas com omissão desse micronutriente em solução nutritiva (16,09 mg kg⁻¹). Prado e Leal (2006) observaram que, plantas de girassol cultivadas em solução nutritiva com ausência de Ca, apresentaram altos teores de B.

Com exceção do tratamento -S, todos os outros tratamentos apresentaram diminuição no acúmulo de B, quando comparados ao tratamento completo.

Apesar de não ter ocorrido diferença entre as plantas do tratamento completo e aquelas cultivadas sob omissão de K e Mg para o teor de Cu nas folhas, provavelmente, essas tiveram efeito de concentração desse micronutriente, devido, a diminuição do efeito antagônico explicado por diversos autores. Para o acúmulo, os menores valores são observados nas plantas

com omissão de macronutrientes, com exceção do S, devido à menor produção de matéria seca.

Monteiro et al. (1995) constataram que plantas de *Brachiaria brizantha* com carência de Mg apresentaram alto teor de Cu. Em plantas de bastão-do-imperador o alto teor de Cu foi encontrado em plantas com carência de K (FRAZÃO, 2008).

Os maiores teores de Fe foram observados nas plantas em que se omitiu Ca e B. O maior teor de Fe nas plantas com deficiência de Ca é explicado pela ausência de inibição competitiva entre esses cátions (MALAVOLTA, 2006). O acúmulo de Fe seguiu a mesma tendência do acúmulo de Cu nesse estudo.

Frazão (2008) verificou que, para plantas de bastão-do-imperador, o maior teor de Fe nas folhas foi encontrado nas plantas com carência de Ca.

Os teores e acúmulo de Mn e Zn das folhas de gengibre ornamental tiveram diferenças significativas em função dos tratamentos estudados e encontram-se na tabela 8.

Tabela 8 Produção de matéria seca (MS), teor (T) e acúmulo (AC) de manganês (Mn) e zinco (Zn) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de macronutrientes e B

Tratamento	MS (g)	T (Mn)	AC (Mn)	T (Zn)	AC (Zn)
		mg kg ⁻¹	µg planta ⁻¹	mg kg ⁻¹	µg planta ⁻¹
Completo	12,96	1629,53c	20712,49a	30,22c	391,66b
-N	1,48	2351,95b	3472,12c	57,06a	84,47d
-P	2,33	2667,02a	6129,17c	35,28c	81,97d
-K	2,31	2168,32b	4954,70c	30,32c	70,19d
-Ca	1,48	2609,08a	3899,24c	48,26b	70,24d
-Mg	5,03	2894,50a	14679,98b	46,38b	234,44c
-S	25,93	762,25d	20152,93a	31,87c	794,02a
-B	10,06	778,89d	7929,68c	25,71c	259,60c
CV (%)		11,43	29,16	12,47	19,84

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

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

As plantas dos tratamentos em que se omitiram P, Mg e Ca apresentaram o maior teor de Mn. Para o Mg e o Ca, o aumento dos teores é explicado devido a ausência do antagonismo entre Mg x Mn e Ca x Mn (CARVALHO et al., 2001). As plantas dos tratamentos sob omissões de S e B apresentaram menores teores, refletindo efeito de diluição desse nutriente, devido à alta produção de matéria seca.

Os maiores acúmulos de Mn foram obtidos nas plantas com omissão de S, que apesar de apresentaram baixo teor, tiveram maior produção de matéria seca.

Os maiores teores de Zn foram observados nas plantas com carência de N, com possível efeito de concentração desse nutriente, visto que, essas plantas tiveram baixíssima produção de matéria seca.

Em estudo realizado com plantas de teca por Barroso et al. (2005), foi constatado que a parte aérea de plantas deficientes de N e Mg apresentaram altos teores de Zn. Já em plantas de *Brachiaria brizantha* as plantas com maiores teores de Zn foram aquelas cultivadas com ausência de Ca e Mg (MONTEIRO et al., 1995).

O maior acúmulo de Zn ocorreu nas plantas sob deficiência de S pelo mesmo fato explicado anteriormente para Mn e os menores acúmulos foram observados em plantas dos tratamentos com menores produções de matéria seca (K, Ca, P e N).

8.3.2 Deficiências de micronutrientes e sódio

8.3.2.1 Teor e acúmulo foliar de nutrientes

Os teores e acúmulos de N, P e K das folhas de gengibre ornamental, tiveram diferenças significativas em função dos tratamentos estudados e encontram-se na tabela 9.

Tabela 9 Produção de matéria seca (MS), teor (T) e acúmulo (AC) de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de micronutrientes e Na

Tratamento	MS (g)	T (N)	AC (N)	T (P)	AC (P)	T (K)	AC (K)
		g kg ⁻¹	mg planta ⁻¹	g kg ⁻¹	mg planta ⁻¹	g kg ⁻¹	mg planta ⁻¹
Completo	121,39	37,86a	4582,76a	3,95b	479,61a	16,60a	2007,15a
-Cu	96,66	30,32b	2620,02d	3,62b	311,12b	9,40a	816,11b
-Fe	77,13	30,38b	2343,45d	3,45b	265,94b	11,00a	846,16b
-Mn	81,22	40,73a	3300,92c	4,98a	406,46a	20,90a	1698,64a
-Zn	97,43	30,97b	3032,93c	4,77a	464,77a	14,40a	1380,23a
-Na	93,06	42,31a	3937,58b	5,02a	470,70a	20,30a	1923,47a
CV (%)		5,62	10,23	11,69	14,02	27,33	29,70

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

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

As plantas sob omissões de Zn, Fe e Cu apresentaram os menores teores de N. Em relação ao acúmulo desse macronutriente, o maior valor foi verificado nas plantas do tratamento completo devido, provavelmente, à sua maior produção de matéria seca.

O maior teor de P das folhas foi observado nas plantas sob omissão de Na, Mn e Zn. Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) citam que existe inibição não competitiva entre P e Zn, o que pode explicar o alto teor de P nas plantas com deficiência de Zn.

Para o teor de K, os tratamentos estudados não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

Os maiores acúmulos de P e K foram observados nas plantas dos tratamentos completo e com omissões de Mn, Zn e Na.

Os teores e acúmulos de Ca, Mg e S das folhas de gengibre ornamental, são apresentados na tabela 10.

Tabela 10 Produção de matéria seca (MS), teor (T) e acúmulo (AC) de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de micronutrientes e Na.

Tratamento	MS (g)	T (Ca)	AC (Ca)	T (Mg)	AC (Mg)	T (S)	AC (S)
		g kg ⁻¹	mg planta ⁻¹	g kg ⁻¹	mg planta ⁻¹	g kg ⁻¹	mg planta ⁻¹
Completo	121,39	11,56a	1405,19a	7,81a	949,60a	14,30a	1736,80a
-Cu	96,66	13,06a	916,35a	7,48a	648,52b	10,65b	919,30c
-Fe	77,13	10,20a	918,68a	6,67a	514,00b	7,00c	540,33d
-Mn	81,22	11,34a	1136,67a	6,91a	560,50b	11,53b	925,03c
-Zn	97,43	10,46a	1048,45a	7,48a	737,96b	9,90b	989,41c
-Na	93,06	9,75a	785,94a	6,62a	625,17b	14,04a	1308,17b
CV (%)		16,28	19,55	14,28	18,68	14,45	16,19

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

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

Dentre os tratamentos estudados, não foram observadas diferenças estatísticas para teor e acúmulo de Ca e teor de Mg. As plantas cultivadas em solução nutritiva completa apresentaram maior acúmulo de Mg, devido, provavelmente, à maior produção de matéria seca

Com exceção das plantas dos tratamentos -Na e completo, as plantas dos demais tratamentos apresentaram menor teor de S. As plantas do tratamento completo apresentaram maior acúmulo de S, devido maior produção de matéria seca.

Os teores e acúmulos de B, Cu e Fe das folhas de gengibre ornamental, são apresentados na tabela 11.

Tabela 11 Produção de matéria seca (MS), teor (T) e acúmulo (AC) de boro (B), cobre (Cu) e ferro (Fe) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de micronutrientes e Na

Tratamento	MS (g)	T (B)	AC (B)	T	AC	T (Fe)	AC (Fe)
		mg kg ⁻¹	µg planta ⁻¹	(Cu) mg kg ⁻¹	(Cu) µg planta ⁻¹	mg kg ⁻¹	µg planta ⁻¹
Completo	121,39	92,52a	11253,44a	6,85a	831,58a	323,93a	39582,22a
-Cu	96,66	85,33a	7442,58b	2,83b	246,65c	383,98a	332661,51b
-Fe	77,13	78,94a	6084,90c	6,10a	470,49b	164,50c	12676,42c
-Mn	81,22	85,60a	6934,79b	8,31a	675,25a	357,64a	29209,88b
-Zn	97,43	56,17b	5348,55c	7,77a	744,78a	326,21b	32033,40b
-Na	93,06	89,41a	8348,49b	8,32a	783,02a	312,32b	29015,48b
CV (%)		10,52	10,26	16,83	17,60	7,83	12,63

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

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

Para teor de B, somente as plantas cultivadas em solução deficiente em Zn apresentaram-se menores. Para o acúmulo desse micronutriente, o maior valor foi verificado nas plantas do tratamento completo devido, provavelmente, à maior matéria seca.

Em relação ao teor de Cu nas folhas, somente houve redução nas plantas com omissão desse micronutriente, com queda de 58,69%, em comparação ao tratamento completo. Para o acúmulo de Cu, os menores valores foram observados nas plantas com omissões de Cu e Fe, devido provavelmente, ao menor teor no primeiro e à menor produção de matéria seca no segundo.

Apesar de não ter sido diferente estatisticamente do tratamento completo, as plantas sob omissão de Cu e Mn apresentaram altos teores de Fe devido, provavelmente, à ausência do antagonismo entre Fe e esses cátions (WILKINSON; GRUNES, 1999). O menor teor de Fe aconteceu nas plantas dos

tratamentos em que se omitiu esse nutriente. Salvador, Moreira e Muraoka (1999) verificaram altos teores de Cu em plantas de goiabeira submetidas a deficiência de Fe.

Dentre as plantas dos tratamentos estudados, todas apresentaram menores valores que o tratamento completo para o acúmulo de Fe, em razão, provavelmente, à menor produção de matéria seca.

Os teores e acúmulos de Mn e Zn das folhas de gengibre ornamental tiveram diferenças significativas em função dos tratamentos estudados e encontram-se na tabela 12.

Tabela 12 Produção de matéria seca (MS), teor (T) e acúmulo (AC) de manganês (Mn) e zinco (Zn) pela folha de plantas de gengibre ornamental sob omissão de micronutrientes e Na

Tratamento	MS (g)	T (Mn)	AC (Mn)	T (Zn)	AC (Zn)
		mg kg ⁻¹	µg planta ⁻¹	mg kg ⁻¹	µg planta ⁻¹
Completo	121,39	261,74c	31674,88c	25,95b	3164,35a
-Cu	96,66	528,35b	46013,02b	28,95a	2513,96b
-Fe	77,13	709,99a	54716,20a	25,06b	1929,92b
-Mn	81,22	37,64d	3035,07e	31,12a	2524,64a
-Zn	97,43	245,42c	24249,17d	25,16b	2462,05b
-Na	93,06	235,19c	22039,51d	31,98a	2995,84a
CV (%)		12,32	14,40	9,37	12,73

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

Fonte: UFLA, Lavras, MG (2011)

O maior teor de Mn foi observado nas plantas sob omissão de Fe, com valor 271,25% maior em relação ao tratamento completo. Esse fato pode ser explicado pela ausência de inibição competitiva entre Mn x Fe (MALAVOLTA, 2006). Esses dados corroboram com os encontrados por Lange et al. (2005) que estudaram deficiência de micronutrientes em plantas de mamoneira. O menor teor de Fe foi constatado nas plantas dos tratamentos em que se omitiu esse nutriente, sendo 85,62% menor, em comparação ao tratamento completo.

O maior acúmulo de Mn foi observado nas plantas sob omissão de Fe, fato explicado pelo maior teor de Fe verificado nas plantas desse tratamento. O menor acúmulo foi observado em plantas cultivadas sob omissão desse micronutriente.

Para o teor de Zn das folhas, os maiores valores foram encontrados nas plantas cultivadas em solução com carência de Na, Mn e Cu. Em relação ao acúmulo, os maiores valores foram verificados nas plantas do tratamento completo (devido à maior matéria seca) e -Na e -Mn (devido ao maior teor).

Salvador, Moreira e Muraoka (1999), estudando deficiência de micronutrientes em goiabeira constataram que, em plantas com deficiência de Mn, foram encontrados altos teores de Cu e Zn. Já as plantas com deficiência de Zn foram constatadas altos teores de Fe e Mn.

9 CONCLUSÕES

A utilização da técnica de elemento faltante em solução nutritiva permite descrever sintomas de deficiências de N, P, K, Ca, Mg, B e Fe para plantas de gengibre ornamental.

Os nutrientes mais limitantes para o crescimento da parte aérea e raízes de gengibre ornamental são N, P, K, Ca e Mg.

As deficiências nutricionais causam alterações nos teores e nos acúmulos das diferentes partes da planta de gengibre ornamental.

Os teores dos macronutrientes encontrados nas folhas de gengibre ornamental no tratamento completo do experimento I são (g kg^{-1}): N 32,87; P 3,93; K 10,80; Ca 12,82; Mg 4,64; S 3,02, e os teores dos micronutrientes encontrados nas folhas de gengibre ornamental no tratamento completo são (mg kg^{-1}): B 94,28; Cu 6,74; Fe 321,82; Mn 1929,52; Zn 30,22.

Os teores dos macronutrientes encontrados nas folhas de gengibre ornamental no tratamento completo no experimento II são (g kg^{-1}): N 37,86; P 3,95; K 16,60; Ca 11,56; Mg 7,81; S 14,30, e os teores dos micronutrientes encontrados nas folhas de gengibre ornamental no tratamento completo são (mg kg^{-1}): B 92,52; Cu 6,85; Fe 323,93; Mn 261,74; Zn 25,95.

REFERÊNCIAS

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, 2007.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 254-280.

ARRUDA, S. T.; OLIVETTE, M. P. A.; CASTRO, C. E. F. Diagnóstico da floricultura do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 1-18, jun./dez. 1996.

BARROSO, D. G. et al. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 671-679, set./out. 2005.

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

BOLLE-JONES, E. W. Nutrition of (*Hevea brasiliensis*): II effect of nutrient deficiencies on growth, chlorophyll, rubber and contents of Tjirandji seedlings. **Journal of Rubber Research Institute of Malaysia**, Kuala Lumpur, v. 14, p. 209-230, 1954.

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

CARVALHO, G. C. et al. **Diagnose da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 95 p.

CASTRO, A. C. R. **Deficiência de macronutrientes em helicônia ‘golden torch’**. 2007. 102 p. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

CASTRO, C. E. F. de. Cadeia produtivas de flores e plantas ornamentais. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 4, n. 1/2, p. 1-46, jan./jun.1998.

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. **Mineral nutrition of plants**. Sunderland: Sinauear Associates, 2004. 403 p.

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

FERREIRA, D. F. **SISVAR software**: versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003. 1 CD-ROM.

FRANÇA, C. A. M.; MAIA, M. B. R. **Panorama do agronegócio de flores e plantas ornamentais no Brasil**. Porto Velho: UNIR, 2008. 10 p. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/761.p>> Acesso em: 22 ago. 2010.

FRAZÃO, J. E. M. **Diagnose da deficiência nutricional e crescimento do Bastão-do-Imperador *Etilingera elatior* (Jack) R. M. Smith com o uso da técnica do elemento faltante em solução nutritiva**. 2008. 67 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

FRAZÃO, J. E. M. et al. **Caracterização da deficiência nutricional simples e conjunta de boro e zinco em plantas de antúrio (*Anthurium andraeanum*)**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2009. (Circular técnica, 69).

FURLANI, A. M. C.; CASTRO, C. E. F. Plantas ornamentais e flores. In: FERREIRA, M. E. et al. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFÓS, 2001. p. 533-552.

GONÇALVES, F. C.; NEVES, O. S. C.; GUEDES, G. 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.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. **The water culture methods for growing plants without soil**. Berkeley: California Agriculture Experiment Station, 1950. 32 p. (Bulletin, 347).

JARDIM de oportunidades. **Revista SEBRAE de Agronegócios**, Brasília, v. 1, p. 18-19, out. 2005.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. **Análise conjuntural do comércio exterior da floricultura brasileira**. Disponível em: <http://www.florestropicais.net/index.php?option=com_content&view=article&id=2274:analise-conjuntural-do-comercio-exterior-da-floricultura-brasileira&catid=8:arquivos-e-pesquisas&Itemid=12>. Acesso em: 13 jan. 2010.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Mercado interno para os produtos da floricultura brasileira: características, tendências e importância socioeconômica recente. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 14, n.1, p. 37-52, jan./jun. 2008.

LAMAS, A. M. **Flores: produção, pós-colheita e mercado**. Fortaleza: UNITINS, 2004. 109 p. Disponível em: <<http://www.unitins.br/ates/arquivos/Agricultura/Plantas%20Ornamentais/Flores%20-%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20Mercado.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2010.

LANDGRAF, P. R. C. **Diagnóstico da floricultura no estado de Minas Gerais**. 2006. 110 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

LANGE, A. et al. 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.

LIAO, C. F. H. Devarda's alloy method for total nitrogen determination. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 45, p. 852-855, Jan. 1981.

LORENZI, H.; MELO FILHO, L. E. **As plantas tropicais de R. Burble Marx**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2001. 488 p.

LUZ, P. B. et al. Cultivo de flores tropicais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 62-72, jul./ago. 2005.

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

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas. In: YAMADA, T.; ABDALLA S. E. S.; VITTI, G. C. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007. cap. 6, p. 189-249.

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

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

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

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. cap.7, p. 327-354.

MONTEIRO, F. A. et al. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 135-141, jan./abr. 1995.

NAIFF, A. P. M. **Crescimento, composição mineral e sintomas visuais de deficiências de macronutrientes em plantas de *Alpinia Purpurata* Cv. Jungle King**. 2007. 77 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

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

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

PRADO, R. M.; VIDAL, A. A. Efeitos da omissão de macronutrientes em solução nutritiva sobre o crescimento e a nutrição do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 3, p. 208-214, 2008.

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

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.

SILVEIRA, R. L. V. et al. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 107-116, abr. 2002.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 215-254.

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

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

USHERWOOD, N. R. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T. et al. (Ed.). **O potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 1982. cap. 10, p. 227-247.

UTUMI, M. M. et al. 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.

VELOSO, C. A. C.; MURAOKA, T. Diagnóstico de sintomas de deficiência de macronutrientes em pimenteira do reino (*Piper nigrum*, L.). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 232-236, set. 1993.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Calcío, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. cap. 11, p. 215-254.

YEH, M. D.; LIN, L.; WRIGHT, C. J. Effects of mineral nutrient deficiencies on leaf development, visual symptoms and shoot root ratio of *Spathiphyllum*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 86, n. 3, p. 223-233, Nov. 2000.

WILKINSON, S. R. E. S.; GRUNES, D. L. Nutrient interactions in soil and plant nutrition. In: SUMNER, M. E. (Ed.). **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC Press, 1999. chap. 4, p. 89-112.