

**NUTRIÇÃO MINERAL EM PLANTAS DE  
COPO-DE-LEITE: DEFICIÊNCIA DE NUTRIENTES  
E ADUBAÇÃO SILICATADA**

**ELKA FABIANA APARECIDA ALMEIDA**

**2007**

**ELKA FABIANA APARECIDA ALMEIDA**

**NUTRIÇÃO MINERAL EM PLANTAS DE COPO-DE-LEITE:  
DEFICIÊNCIA DE NUTRIENTES E ADUBAÇÃO SILICATADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientadora:  
Profa. Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007

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

Almeida, Elka Fabiana Aparecida.

Nutrição mineral em plantas de copo-de-leite: deficiência de nutrientes e adubação silicatada / Elka Fabiana Aparecida Almeida. -- Lavras : UFLA, 2007.

109 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: Patrícia Duarte de Oliveira Paiva.

Bibliografia.

1. Copo-de-leite. 2. Floricultura. 3. Deficiência nutricional. 4. Silício. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.4640413

**ELKA FABIANA APARECIDA ALMEIDA**

**NUTRIÇÃO MINERAL EM PLANTAS DE COPO-DE-LEITE:  
DEFICIÊNCIA DE NUTRIENTES E ADUBAÇÃO SILICATADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

Aprovada em 3 de agosto de 2007

Prof. Dr. José Geraldo Barbosa	UFV
Profa. Dra. Janice Guedes de Carvalho	UFLA
Pesq. Dra. Schirley Fátima N. S. C. Alves	UFLA
Prof. Dr. Paulo Roberto Corrêa Landgraf	UNIFENAS
Profa. Dra. Rosângela Alves Tristão Borém	UFLA

Profa. Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva  
UFLA  
Orientadora

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

*Tornai fecundo, ó Senhor nosso trabalho, fazei dar frutos  
o labor de nossas mãos! Salmo 89, 17*

*À Deus e a Maria Santíssima  
Ao meu papai Antônio, a minha mamãe Ana e ao meu irmão Maxwell  
Ao meu esposo Franklin  
DEDICO.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela oportunidade de estudar e de ter discernimento em escolher a profissão que me realiza.

À mãezinha do Céu Maria, por ter cuidado de mim.

Aos meus pais e ao meu irmão que sempre me apoiaram e suportaram comigo, a distância e a saudade.

Ao meu esposo Franklin pelo incentivo, apoio, compreensão e amor.

À Universidade Federal de Lavras – Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realização do curso de pós-graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior-CAPES, pela concessão da bolsa.

À minha orientadora, professora Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva, pela orientação, valiosos ensinamentos e incentivo às novas realizações.

Ao Departamento de Ciências dos Solos pela concessão do laboratório e casa-de-vegetação para a realização dos experimentos, e, em especial a professora Dra. Janice Guedes de Carvalho, pela co-orientação e acolhida.

Aos amigos que me ajudaram durante a realização dos experimentos: Jussara, Nilma, Paula, Néia, Daniela, Juliana, Alisson, Katiúscia, Leandra e Camila.

Aos amigos do Núcleo de estudos em Floricultura e Paisagismo.

Ao funcionário do viveiro de plantas ornamentais, Sr Luiz e ao laboratorista do DCS Adalberto pela constante ajuda.

Às minhas irmãs de Lavras: Marília, Néia e Rose.

Aos amigos, Denismar e Thaísa pela ajuda na parte da estatística.

A todas as pessoas que participaram desta importante conquista.

**Que Deus lhes recompense por tudo que fizeram por mim!**

## **BIOGRAFIA**

ELKA FABIANA APARECIDA ALMEIDA, filha de Antônio Almeida Lapa e Ana Antunes Jorge Almeida, nasceu em Janaúba-MG, em 29 de janeiro de 1979.

Cursou o 1º Grau na Escola Estadual Barão do Gorutuba e na Escola Estadual Maurício Augusto de Azevedo, em Janaúba, MG, de 1986 a 1993.

Cursou o 2º. Grau, a nível Técnico em Contabilidade, na Escola Estadual Maurício Augusto de Azevedo em Janaúba, MG, de 1994 a 1996.

Desde 1990 trabalha com produção e comercialização de flores e plantas ornamentais, além de execução e implantação de projetos paisagísticos na empresa Floricultura Elka, em Janaúba, MG.

Em agosto de 1997, ingressou no curso de Agronomia da Universidade Estadual de Montes Claros, graduando-se em julho de 2002.

Durante a graduação realizou diversos estágios voluntários, sendo um deles na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Centro Tecnológico do Norte de Minas, onde iniciou os trabalhos com pesquisa em Floricultura.

Em março de 2003, iniciou o curso de pós-graduação, em nível de Mestrado, em Fitotecnia, na Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG, submetendo-se a defesa de dissertação em fevereiro de 2005.

Em março de 2005 ingressou no curso de pós-graduação, em nível de Doutorado, em Fitotecnia, na Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG, submetendo-se a defesa de tese em agosto de 2007.

Durante o doutorado, exerceu a presidência do Núcleo de Estudos em Paisagismo e Floricultura (NEPAFLOR) da Universidade Federal de Lavras no ano de 2005.

Desde outubro de 2006 ingressou como Pesquisadora na Epamig, Centro Tecnológico do Sul de Minas, na Fazenda Experimental Risoleta Neves, em São João Del Rei, MG. Em agosto de 2007, assumiu o cargo na Epamig, de Gerente do Programa de Pesquisa em Floricultura de Minas Gerais.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
1 Introdução geral.....	3
2 Referencial teórico.....	3
2.1 Copo-de-leite.....	3
2.1.1 Aspectos botânicos.....	3
2.1.2 Importância.....	3
2.2 Nutrição mineral.....	4
2.3 Elementos essenciais.....	5
2.3.1 Macronutrientes.....	5
2.3.1.1 Nitrogênio.....	5
2.3.1.2 Fósforo.....	6
2.3.1.3 Potássio.....	7
2.3.1.4 Cálcio.....	7
2.3.1.5 Magnésio.....	8
2.3.1.6 Enxofre.....	8
2.3.2 Micronutrientes.....	8
2.3.2.1 Boro.....	9
2.3.2.2 Ferro.....	9
2.3.2.3 Manganês.....	9
2.3.2.4 Cobre.....	10
2.3.2.5 Zinco.....	10
2.4 Elementos Benéficos.....	10
2.4.1 Silício.....	11
<b>CAPÍTULO 2</b> Análise descritiva dos sintomas de deficiência em plantas de copo-de-leite.....	15
Resumo.....	16
Abstract.....	17
1 Introdução.....	18
2 Material e métodos.....	21
3 Resultados e discussão.....	23
4 Conclusões.....	41
5 Referências bibliográficas.....	42
<b>CAPÍTULO 3</b> Deficiência nutricional em copo-de-leite: efeito no desenvolvimento e no estado nutricional das plantas.....	46
Resumo.....	47
Abstract.....	48
1 Introdução.....	49
2 Material e métodos.....	50

3 Resultados e discussão.....	54
4 Conclusões.....	72
5 Referências bibliográficas	73
<b>CAPÍTULO 4</b> Efeito de diferentes doses de silício no solo, no desenvolvimento e nutrição mineral de plantas de copo-de-leite.....	77
Resumo.....	78
Abstract.....	79
1 Introdução.....	80
2 Material e métodos.....	82
3 Resultados e discussão.....	85
4 Conclusões.....	98
5 Referências bibliográficas.....	98
Lista de anexos.....	101
Anexos.....	103

## RESUMO

ALMEIDA, Elka Fabiana Aparecida. Nutrição mineral em plantas de copo-de-leite: deficiência de nutrientes e adubação silicatada. Lavras: UFLA, 2007. 109p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1\*</sup>

Os aspectos relacionados à nutrição mineral de plantas ornamentais são importantes para a produção de flores de qualidade. No caso específico do copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) as informações sobre nutrição e adubação em cultivos comerciais são bastante insipientes. Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar os sintomas de deficiência de nutrientes e estudar diferentes doses de silício em copo-de-leite. Foram realizados dois experimentos em delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições. No primeiro experimento, as mudas de copo-de-leite foram submetidas a 12 tratamentos que consistiram na omissão individual de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Mn, Cu, Zn e a testemunha. No segundo experimento, estudaram-se as concentrações de 25, 50, 75 e 100 mg dm<sup>-3</sup> de silício aplicadas no substrato de cultivo de mudas, e uma testemunha. A partir do primeiro experimento, foi possível avaliar os sintomas de deficiência visíveis e a influência da ausência dos nutrientes no desenvolvimento das plantas. Plantas cultivadas com omissão de Cu e Zn não foram avaliadas, pois ocorreu contaminação das soluções desses tratamentos. Os primeiros sintomas de deficiência ocorreram nas plantas submetidas à omissão de N, seguidas pelas de S, B, K, Fe, P e Ca. As deficiências de P, S, Ca, N e B afetaram mais o desenvolvimento das plantas nos caracteres avaliados. As deficiências de S e K proporcionaram o desenvolvimento de inflorescências de qualidade inferior, em comparação aos demais tratamentos. Verificou-se que a deficiência nutricional influenciou tanto o teor dos elementos omitidos quanto o teor dos demais nutrientes nas folhas, rizomas, raízes e inflorescências da planta. Por meio do segundo experimento, observou-se que as plantas de copo-de-leite não são acumuladoras de silício. A utilização de silicato de potássio aumenta o pH do solo e a absorção de enxofre. Conclui-se que, pela severidade dos sintomas de deficiência, o copo-de-leite é bastante exigente em N, B e S. O copo-de-leite não respondeu à adubação silicatada nas doses utilizadas.

**Palavras-chave:** *Zantedeschia aethiopica*, nutrição mineral, floricultura, silício.

---

\* Comitê orientador: Patrícia Duarte de Oliveira Paiva (Orientadora), Janice Guedes de Carvalho (Co-orientadora).

## ABSTRACT

ALMEIDA, Elka Fabiana Aparecida. Mineral nutrition of calla lily plants: nutrients deficiencies and silicon fertilization. Lavras: UFLA, 2007. 109p. Thesis (Doctorate in Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.<sup>1\*</sup>

The aspects related to mineral nutrition in ornamental plants are very important to the production of quality flowers. In the specific case of the calla lily (*Zantedeschia aethiopica*) the information on nutrition and manuring in commercial cultivations are quite incipient. Thus, the objectives of this work were to evaluate the deficiencies of nutrients and different concentrations of silicon in calla lily. Two experiments were arranged in a randomized block design with four replicates. In the first experiment calla lily seedlings were submitted to twelve treatments constituted in individual omission of N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Mn, Cu, Zn and one control. The concentrations of 25, 50, 75 and 100 mg dm<sup>-3</sup> of silicon applied in the substrate of seedling cultivation and a control were studied in the second experiment. In the first experiment it was possible to evaluate the visible deficiency symptoms and the influence of the absence of the nutrients on development and nutritional status of the plants. Plants cultivated with omission of Cu and Zn were not evaluated, due solutions contamination on those treatments. The first deficiency symptoms were observed in plants submitted to the omission of N, followed by S, B, K, Fe, P and Ca. The P, S, Ca, N and B deficiencies affected more the development of the plants on the characters observed. The deficiencies of S and K provided the development of inflorescences of low quality when compared to the other treatments. It was observed that the nutritional deficiency influenced the content of the omitted elements and the content of the other nutrients in leaves, tubers, roots and inflorescences. In the second experiment it was observed that calla lily is not silicon accumulative. The use of potassium silicate increases the pH of the soil and the absorption of sulfur. The results showed that, for the severity of the deficiency symptoms, calla lily is quite demanding in N, B and S. Silicon fertilizer did not influence the calla lily development in the silicon concentration used.

**Key words:** *Zantedeschia aethiopica*, mineral nutrition, floriculture, silicon.

---

\*Guidance Committee: Patrícia Duarte de Oliveira Paiva – UFLA (Advisor), Janice Guedes de Carvalho (Co-advisor).

## **CAPÍTULO 1**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Minas Gerais destaca-se, no Brasil, como um dos maiores estados produtores de flores e plantas ornamentais. Os dados mais recentes sobre a floricultura em Minas Gerais, obtidos pelo diagnóstico realizado por Landgraf (2006), demonstram que, no estado, há 427 produtores e uma área plantada de 1.152,6 ha.

O setor de floricultura é dividido em diversos segmentos. Dentre eles, pode-se destacar a produção de flores de corte, caracterizada pelo cultivo intensivo em que é possível se obter alta lucratividade por área cultivada, sendo uma excelente alternativa para o pequeno produtor.

Dentre as flores de corte mais apreciadas no Brasil, pode-se destacar o copo-de-leite, o qual, segundo levantamento realizado por Landgraf (2006), é bastante produzido em Minas Gerais. A região Sul do estado, devido ao clima favorável, é responsável por 44% da produção dessa espécie.

Apesar da importância da cultura do copo-de-leite para a região Sul do estado de Minas Gerais, não há informações básicas disponíveis sobre o seu correto manejo, principalmente com relação aos aspectos nutricionais.

Os produtores de copo-de-leite realizam adubação de forma empírica, muitas vezes utilizando doses elevadas de fertilizantes nos períodos em que a planta não requer tanto nutriente, ou utilizando uma dosagem subestimada, não permitindo que a planta expresse todo o seu potencial genético, pela ausência de nutrientes essenciais.

Como existem poucas informações sobre as exigências nutricionais em plantas de copo-de-leite, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da deficiência de macro e micronutrientes e da adubação silicatada nessa cultura.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Copo-de-leite

#### 2.1.1 Aspectos botânicos

O copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) é uma planta originária da África do Sul e pertencente à família das Aráceas. Na sua forma nativa ocorre em terrenos úmidos ou na margem de lagos. Possui folhas verdes, de aspecto brilhante, com hábito de crescimento formando uma touceira (Brickell, 1996). A inflorescência é formada pela espata de coloração branca, protegendo a espádice, que possui coloração amarela, sendo a parte superior formada pelas flores masculinas e a parte inferior por flores femininas. A partir da polinização, geralmente realizada por insetos, são formados frutos, os quais atraem pássaros, que são responsáveis pela dispersão das sementes (Salinger, 1991).

#### 2.1.2 Importância

O copo-de-leite é uma planta de grande importância para o segmento da floricultura e cultivada desde os tempos mais remotos, sendo utilizada tanto como flor de corte quanto na composição de jardins. Atualmente, as inflorescências do copo-de-leite continuam sendo muito apreciadas, pois são versáteis na composição de vários estilos de arranjos florais. Além das inflorescências, as folhas do copo-de-leite também estão sendo utilizadas em arranjos, aumentando ainda mais as vantagens do cultivo dessa espécie. Já existem no mercado novas variedades de *Zantedeschia* com diversas colorações, as quais são denominadas Callas (Almeida & Paiva, 2004).

O florescimento do copo-de-leite é dependente da temperatura: temperaturas mais amenas induzem o florescimento, sendo a produção drasticamente reduzida ou interrompida quando ocorrem temperaturas elevadas, principalmente durante a noite. Dessa forma, a produção de copo-de-leite é mais intensa em regiões com temperaturas mais amenas (Tjia, 1989).

Apesar do aspecto sensível apresentado pelas inflorescências, o copo-de-leite é uma cultura bastante rústica e de fácil cultivo. No entanto, em um plantio comercial, é necessário um acompanhamento técnico para garantir máxima produção e cuidados pós-colheita, disponibilizando ao mercado inflorescências de alta qualidade (Almeida & Paiva, 2004).

## 2.2 Nutrição mineral

No setor de floricultura, os cultivos são intensivos e necessitam da aplicação de elevadas quantidades de nutrientes por área plantada, ocasionando problemas de salinidade e toxidez do solo. A fertilização em altas concentrações, seguida pela irrigação, acarreta na lixiviação dos nutrientes, possibilitando a contaminação da água e do ambiente. A aplicação de fertilizantes em quantidades excessivas tem sido comum entre os produtores, sendo necessário encontrar métodos para reduzir este excesso, de forma a proteger o ambiente e a saúde humana, além de reduzir custos de produção (Silberbush & Lieth, 2004).

As recomendações científicas sobre o correto manejo da adubação de plantas do gênero *Zantedeschia* também são bastante escassas e, muitas vezes, se contradizem. Devecchi & Remotti (2003) avaliaram diferentes doses de nitrogênio e potássio em plantas de *Zantedeschia aethiopica* e observaram que doses elevadas de potássio não são favoráveis para o desenvolvimento das plantas, tendo a menor dose estudada ( $50 \text{ g/m}^2$ ) sido mais eficiente que a maior dose ( $210 \text{ g/m}^2$ ). Segundo esses autores, que não forneceram maiores detalhes sobre o experimento, a dose mais elevada de nitrogênio ( $100 \text{ g/m}^2$ ) proporcionou maior produção de folhas e inflorescências quando comparada à menor dose ( $50 \text{ g/m}^2$ ).

Entretanto, segundo Salinger (1991), não é conveniente fornecer altos níveis de nitrogênio em plantas do gênero *Zantedeschia*, pois ele estimula maior desenvolvimento vegetativo em detrimento da floração. Clemens et al. (1998)

observaram maior número de inflorescências em plantas de *Zantedeschia albomaculata* cultivadas em baixas concentrações de nitrogênio.

Também, para o cultivo de plantas do gênero *Zantedeschia*, observa-se, na literatura, a recomendação de um fertilizante básico formulado com NPK 8:9:8, na razão de 250kg/1000m<sup>2</sup> no plantio, incorporando-se ao solo (Salinger, 1991). O copo-de-leite responde bem à adubação orgânica, recomendando-se também, no plantio, utilizar 20 litros de esterco de curral curtido por m<sup>2</sup> (Almeida & Paiva, 2004). As recomendações de adubação ainda são bastante insipientes havendo muito que se pesquisar.

### **2.3 Elementos essenciais**

Segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1997), um elemento é considerado essencial quando apresenta as seguintes características: sua deficiência impede que a planta complete o seu ciclo; não pode ser substituído por outro nutriente com propriedades similares e deve participar diretamente no metabolismo da planta, sem o qual ela não pode sobreviver.

#### **2.3.1 Macronutrientes**

Os nutrientes requeridos em maiores concentrações pelas plantas são denominados macronutrientes. Esses elementos são: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, carbono, oxigênio e hidrogênio (Malavolta, Vitti & Oliveira, 1997).

##### **2.3.1.1 Nitrogênio**

O nitrogênio é constituinte de numerosos compostos orgânicos de importância geral, como aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (Mengel & Kirkby, 1982).

Devido à grande importância do nitrogênio para o crescimento, o desenvolvimento e a produção, as deficiências desse elemento são inconfundivelmente demonstradas pela redução da taxa de crescimento e pela decomposição da clorofila das folhas mais velhas que se tornam cloróticas. Geralmente, em deficiência desse nutriente, o crescimento longitudinal e em espessura é inibido, bem como o desenvolvimento de brotações (Bergmann, 1992). A redução do perfilhamento em consequência da deficiência de nitrogênio é também relatada por Malavolta (2006).

A manifestação do sintoma de deficiência nas folhas mais velhas é explicada por Malavolta, Vitti & Oliveira (1997). Segundo o autor, o nitrogênio é facilmente distribuído na planta pelo floema, mas, quando seu suprimento é insuficiente, esse elemento é translocado dos órgãos mais velhos para os mais novos.

Nas folhas mais velhas das plantas deficientes de nitrogênio, as proteínas são hidrolisadas e os aminoácidos resultantes são redistribuídos para os ápices e folhas jovens. A proteólise resulta em um colapso dos cloroplastos e, conseqüentemente, em um declínio do conteúdo de clorofila. Portanto, o amarelecimento de folhas velhas é o primeiro sintoma da baixa disponibilidade de nitrogênio (Mengel & Kirkby, 1982).

### **2.3.1.2 Fósforo**

Segundo Malavolta (2006), a principal função do fósforo é armazenar e transferir energia. O mais importante composto de que grupos fosfato participam é a adenosina trifosfato (ATP). Além disso, o fósforo está presente no DNA e RNA e participa da síntese de proteínas (Mengel & Kirkby, 1982).

Dependendo da severidade da deficiência, a omissão de fósforo apenas inibe ou diminui o crescimento das plantas. As folhas tornam-se verde-escuras, algumas vezes com coloração vermelha ou arroxeadas devido ao estímulo da

síntese de antocianina. Devido à alta mobilidade do fósforo na planta, os sintomas se manifestam primeiro nas folhas mais velhas (Bergmann, 1992).

#### **2.3.1.3 Potássio**

A maioria das funções do potássio é bastante específica. O potássio tem importante papel no transporte de materiais no floema, particularmente do transporte em tecidos de reserva (Bergmann, 1992).

O potássio é o principal cátion que afeta o potencial osmótico. Aumentando a concentração de potássio na célula, aumenta-se também a sua capacidade de absorver água (Malavolta, 2006). Dessa forma, a deficiência de potássio induz a desidratação do plasma e a acumulação de substâncias, tais como a putrescina e peróxidos e, conseqüentemente, as células e os tecidos das margens e pontas das folhas morrem, proporcionando formação de lesões. A qualidade dos produtos é severamente afetada pela deficiência de potássio (Bergmann, 1992).

#### **2.3.1.4 Cálcio**

Segundo Bergmann (1992), o cálcio é responsável pela estabilidade estrutural e fisiológica dos tecidos. O cálcio é também necessário para a regulação dos fitormônios, para a divisão celular, a construção da parede celular, o alongamento das células nos tecidos meristemáticos dos ápices e não pode ser substituído em sua função por outro íon. Mengel & Kirkby (1982) afirmam que o cálcio é fundamental para a permeabilidade da membrana e a manutenção da integridade das células.

Devido a não redistribuição do cálcio na planta, os sintomas de deficiência deste nutriente se manifestam nas folhas mais jovens e nas regiões meristemáticas. Em condições de deficiência pode ocorrer seca dos ramos e os

pontos de crescimento podem morrer (Epstein & Bloom, 2004; Vitti et al., 2006).

#### **2.3.1.5 Magnésio**

O magnésio desempenha importantes funções nas plantas, pois, além de ser componente da molécula de clorofila, também é ativador de muitas enzimas (Raven et al., 2001).

Plantas deficientes de magnésio apresentam, geralmente, folhas variegadas ou cloróticas, ápices foliares e margens recurvadas para cima (Raven et al., 2001). Os sintomas de deficiência de magnésio ocorrem primeiramente nas folhas mais velhas, pois é um elemento bastante redistribuído na planta (Vitti Lima & Cicarone, 2006).

#### **2.3.1.6 Enxofre**

O enxofre é componente de alguns aminoácidos e importante para os cloroplastos e síntese de clorofila, devido a sua função na síntese de proteínas. Os cloroplastos são bastante ricos em enxofre orgânico. Em plantas deficientes de enxofre, a concentração de clorofila pode ser até 40% menor que o normal. Devido à função fisiológica do enxofre no metabolismo celular e de proteína, a deficiência desse nutriente é caracterizada pela coloração amarelada das plantas. Além disso, plantas deficientes de enxofre são menores, com folhas pequenas, rígidas e quebradiças (Bergmann, 1992; Mengel & Kirkby, 1982).

#### **2.3.2 Micronutrientes**

Os nutrientes que são requeridos em menores quantidades pelas plantas são denominados micronutrientes (Malavolta, Vitti & Oliveira, 1997) e são: cloro, manganês, boro, zinco, ferro, cobre, níquel e molibdênio.

### **2.3.2.1 Boro**

O boro é essencial para a integridade e o ótimo funcionamento das membranas. Um contínuo suprimento de boro é necessário para a manutenção da atividade meristemática (Mengel & Kirkby, 1982).

Os sintomas de deficiência de boro geralmente ocorrem primeiro nas folhas jovens e nos pontos de crescimento dos brotos e raízes, por ser esse um elemento pouco móvel nas plantas. Os principais sintomas são manchas cloróticas, seguidas pela necrose das folhas jovens. Ocorrem perda da dominância apical, aumento do desenvolvimento de brotos e redução do crescimento radicular e do florescimento (Bergmann, 1992).

### **2.3.2.2 Ferro**

A principal função do ferro é a ativação de enzimas, atuando como grupo prostético. Ele participa de reações fundamentais da oxidorredução, tanto em hemoproteínas como em proteínas não-hémicas. O efeito mais característico da deficiência de ferro é a incapacidade de folhas jovens para sintetizar clorofila, tornando-se cloróticas e, algumas vezes, de cor branca. Devido a baixa taxa de translocação, os sintomas de deficiência de ferro ocorrem nas folhas mais novas (Dechen & Nachtigal, 2006).

### **2.3.2.3 Manganês**

O manganês é essencial à síntese de clorofila e sua função principal está relacionada com a ativação de enzimas. Também participa do fotossistema II, sendo responsável pela fotólise da água. Os sintomas de deficiência de manganês compreendem ampla variedade de formas cloróticas e manchas necróticas. Geralmente, os sintomas iniciais são cloroses entre nervuras, tanto nas folhas novas quanto nas folhas velhas, dependendo da espécie, seguidas de lesões necróticas (Dechen & Nachtigal, 2006).

#### **2.3.2.4 Cobre**

O cobre é ativador ou componente de algumas enzimas envolvidas em oxidação e redução (Raven , Evert & Eichhorn, 2001). Os sintomas de deficiência de cobre são bastante variáveis, dependendo da espécie. Folhas podem tornar-se cloróticas ou com coloração azulada com as margens enroladas para cima. Ramos jovens frequentemente secam, sendo o florescimento e a frutificação reduzidos (Epstein & Bloom, 2004).

#### **2.3.2.5 Zinco**

O zinco atua como co-fator enzimático, sendo essencial para a atividade, a regulação e a estabilização da estrutura protéica. Com a deficiência de zinco, a planta sofre efeito drástico sobre a atividade enzimática, o desenvolvimento de cloroplastos, o conteúdo de proteínas e os ácidos nucleicos. As deficiências se manifestam em baixa atividade da gema terminal que proporciona porte e forma de roseta em plantas herbáceas, enquanto, em outros cultivos, os entrenós tornam-se curtos. Devido à baixa mobilidade do zinco, os sintomas de deficiência se manifestam nas folhas mais novas que se apresentam pequenas, com áreas cloróticas que tornam-se necrosadas (Dechen & Nachtigal, 2006).

#### **2.4 Elementos benéficos**

Os elementos minerais que estimulam o crescimento, mas não são essenciais, ou que são essenciais apenas para algumas espécies de plantas, ou sob condições específicas, são considerados elementos benéficos (Furlani, 2004). Esses elementos são importantes no crescimento e no desenvolvimento normal de algumas plantas, mas sua ausência não é considerada um fator limitante. Dentre os elementos considerados benéficos, podem-se destacar o silício, cobalto e sódio (Korndörfer, 2006).

### 2.4.1 Silício

A essencialidade do silício foi demonstrada apenas para um pequeno número de espécies silicófilas, como *Equisetum arvense*. Mas, esse elemento favorece o desenvolvimento de outras espécies, estando normalmente associado à resistência das plantas a fatores bióticos e abióticos, como ataque de pragas e doenças e resistência ao estresse hídrico (Epstein & Bloom, 2004; Furlani, 2004; Korndörfer, 2006).

As plantas absorvem silício diretamente da solução do solo, o qual é transportado até as raízes, principalmente via fluxo de massa (Korndörfer 2006). As espécies de plantas diferem entre si quanto à absorção e ao acúmulo de silício e podem ser divididas em dois grupos: acumuladoras e não acumuladoras. As acumuladoras incluem as gramíneas, como o arroz, as quais contêm de 10% a 15% de SiO<sub>2</sub> na matéria seca. Esse grupo inclui também alguns cereais, cana-de-açúcar e poucas eudicotiledôneas, com teores bem mais baixos, na ordem de 1% a 3%. As não acumuladoras geralmente são eudicotiledôneas, com teores menores que 0,5% de SiO<sub>2</sub> (Faquin, 2005).

Os efeitos benéficos da absorção e de acumulação de silício em geral estão relacionados com as funções estruturais e a defesa das plantas, isto é, o silício pode afetar a produção vegetal por meio de várias ações indiretas, como a melhor arquitetura das plantas (folhas mais eretas) e, assim, diminuir o auto-sombreamento, reduzir o acamamento; aumentando a rigidez estrutural dos tecidos; amenizando a toxidez de Fe, Mn, Al, e Na e diminuindo a incidência de patógenos (Korndörfer, 2006). Esses efeitos benéficos são possíveis porque o silício é depositado nas paredes das células dos vasos do xilema, o que confere rigidez e resistência, importantes na prevenção da compressão dos vasos sob elevada taxa de transpiração, do acamamento das plantas e, também, da invasão de patógenos e parasitas no córtex (Furlani, 2004).

Segundo Korndörfer (2006), em solos pobres em silício disponível, o uso de silicatos geralmente eleva o teor de silício nas plantas, resultando em aumentos de produtividade principalmente em gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, milho, sorgo, trigo, aveia, milho, etc.), mas também em outras espécies, como soja, feijão, alface, pepino e morango. Entretanto, há resultados divergentes sobre a produtividade das plantas, em função da adubação silicatada, com relatos de incremento na produtividade de grãos em arroz (Barbosa Filho et al., 2001) e ausência de resposta também para a cultura do arroz (Silva & Bohenen, 2001, Mauad et al., 2003) e tomateiro (Lana et al., 2003; Pereira, Vitti & Korndorfer, 2003).

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. F. A.; PAIVA, P. D. O. **Floricultura 2: cultivo de copo-de-leite**. Lavras: UFLA, 2004. 28 p. Texto Acadêmico.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; FAGERIA, N. K.; DATNOFF, L. E.; SILVA, O. F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz sequeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 325-330, abr./jun. 2001.

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

BRICKELL, C. A – Z. **Encyclopedia of garden plants**. London, 1996. v. 1, 576 p.

CLEMENS, J.; DENNIS, D. J.; BUTLER, R. C.; THOMAS, M. B.; INGLE, A.; WELSH, T. E. Mineral nutrition of *Zantedeschia* plants affects plant survival, tuber yield and flowering upon replanting. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ahsford, v. 73, n. 6, p. 755-762, Nov. 1998.

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

DEVECCHI, M.; REMOTTI, D. Influence of fertilization on vegetative growth and flowering of the calla (*Zantedeschia aethiopica* Spreng.). **Acta Horticulturae**, Amsterdam, n. 614, p. 541-545, 2003.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Tradução de NUNES, M.E.T. Londrina: Planta, 2004. 403 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.183 p.

FURLANI, A. M. C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. São Paulo, 2004, p.40-75.

KORNDÖRFER, G. H. Elementos benéficos. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 355-374.

LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; SILVA, F. da.; LANA, A. M. Q. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.19, n. 2, p.15-20, July/Dec. 2003.

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

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

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

MAUAD, M. GRASSI FILHO, H.; CRUSCIOL, C.A.C. CORRÊA, J. C. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 27. n. 5, p. 867-873, set./out. 2003.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 3th ed. International Potash Institute: Worblaufen-Bern, 1982. 655 p.

PEREIRA, H. S.; VITTI, G. C.; KORNDÖRFER, G. H. Comportamento de diferentes fontes de silício no solo e na cultura do tomateiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 101-108, jan./fev. 2003.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906 p.

SALINGER, J. P. **Producción comercial de flores**. Zaragoza: Acribia, 1991. 371 p.

SILBERBUSH, M.; LIETH, J. H. Nitrate and potassium uptake by greenhouse roses (*Rosa hybrida*) along successive flower-cut cycles: a model and its calibration. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 101, n. 1-2, p. 127-141, May 2004.

SILVA, L. S.; BOHNEN, H. Rendimento e acúmulo de nutrientes pelo arroz em solução nutritiva com e sem a adição de sílcio. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 771-777, jul./set. 2001.

TJIA, B. O. Zantedeschia. In: **Handbook of flowering**. Boca Ratan: CRC Press, 1989. v. 6, 753 p.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 299-326.

## **CAPÍTULO 2**

### **Análise descritiva dos sintomas de deficiência em plantas de copo-de-leite**

## RESUMO

ALMEIDA, Elka Fabiana Aparecida. Análise descritiva dos sintomas de deficiência em plantas de copo-de-leite. 2007. p.15-45. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

A descrição de sintomas de deficiência nutricional em plantas de copo-de-leite é ainda desconhecida. Para a identificação dos sintomas em uma espécie, é necessário o estudo do comportamento das plantas em cultivo com a omissão dos nutrientes. Este trabalho teve como objetivo descrever os sintomas de deficiência de nutrientes em copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*). Para tanto, mudas micropropagadas foram submetidas a 12 tratamentos que consistiram da utilização de solução nutritiva completa e da omissão individual de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Mn, Zn e Cu. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. As plantas foram freqüentemente observadas verificando-se qualquer manifestação dos sintomas de deficiência nutricional. Plantas cultivadas com omissão de Cu e Zn não foram avaliadas, pois ocorreu contaminação das soluções desses tratamentos. Os primeiros sintomas ocorreram nas plantas do tratamento com omissão de nitrogênio, seguido pelos tratamentos com omissão de enxofre, boro, potássio, ferro, fósforo e cálcio. Observou-se que as omissões individuais de N e B impediram o florescimento. A deficiência de S e de K proporcionou a produção de inflorescências pequenas, de coloração verde e com deformações. A deficiência de N, B, S, Ca ou Fe induziu a emissão de folhas cloróticas. Em solução nutritiva com a omissão de P, as mudas apresentaram a formação de manchas avermelhadas nas folhas, enquanto que a omissão de B ou de S afetou o desenvolvimento radicular. Morte da gema apical e a formação do “miolo-preto” no rizoma de copo-de-leite foram ocasionadas pela deficiência de B. Apesar da redução do teor de Mg e Mn nas folhas das plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão desses nutrientes, não foram observados sintomas visíveis. Pela severidade e precocidade da manifestação dos sintomas de deficiência em cultivo com omissão de N, B ou S, conclui-se que as plantas de copo-de-leite são bastante exigentes nesses nutrientes, apesar de terem também apresentado sintomas bastante graves pelas deficiências de P, K, Ca ou Fe.

**Palavras-chave:** *Zantedeschia aethiopica*, nutrição mineral, floricultura.

---

\* Comitê orientador: Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva – UFLA (Orientadora), Janice Guedes de Carvalho (Co-orientadora).

## ABSTRACT

ALMEIDA, Elka Fabiana Aparecida. Descriptive analyses of deficiencies symptoms in calla lily plants. 2007. p. 15-45. Thesis (Doctorate in Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG. <sup>2</sup>.\*

The descriptions of calla lily nutritional deficiencies symptoms are still unknown. To identify deficiencies symptoms in a species, it is necessary study the development of plants with nutrients omission. The aim of this work was describe the symptoms of nutrients deficiencies in calla lily (*Zantedeschia aethiopica*). Micropropagated seedlings were submitted to twelve treatments in which consisted the use of complete nutritive solution and individual omission of N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Mn, Cu and Zn. A randomized block design was used with four replicates. The plants were often observed verifying the manifestation of nutritional deficiency symptoms. Plants cultivated with omission of Cu and Zn were not evaluated, due solutions contamination on those treatments. The foremost deficiency symptoms occurred in the N omission treatment, followed by, S, B, K, Fe, P and Ca. It was observed that the individual omission of N and B did not stimulate the bloom. Inflorescences developed by S and K deficiencies were smaller, with green color and deformed. The deficiency of N, B, S, Ca or Fe prompted the emission of chlorotic leaves. In nutritive solution with omission of P the seedlings showed purple spots on the leaves, while the B and S omission affected the root development. Under boron deficiency plants developed “brown heart” on the tuber and the terminal bud dried out. Even with the reduction of Mg and Mn contents in the leaves, the omission of those nutrients did not show visible symptoms. Seeing the drastic effect in the manifestation of N, B or S deficiency symptoms it is possible to conclude that calla lily plants demand those nutrients very much, although they also showed deficiency symptoms of P, K, Ca or Fe.

**Key words:** *Zantedeschia aethiopica*, mineral nutrition, floriculture.

---

\*Guidance Committee: Patrícia Duarte de Oliveira Paiva – UFLA (Advisor), Janice Guedes de Carvalho (Co-advisor).

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre as flores de corte mais apreciadas no Brasil, pode-se destacar o copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*). Essa espécie é bastante produzida em Minas Gerais, principalmente na região Sul que, devido ao clima favorável, é responsável por 44% da produção estadual (Landgraf, 2006). O elevado número de produtores existentes no Sul de Minas é explicado pelo fato de o florescimento do copo-de-leite ser dependente da temperatura: temperaturas mais amenas induzem o florescimento, sendo a produção drasticamente reduzida ou interrompida quando ocorrem temperaturas elevadas, principalmente durante a noite (Tjia, 1989).

Para o cultivo de copo-de-leite, assim como para muitas outras culturas do segmento de floricultura, as informações sobre o correto manejo são bastante restritas, principalmente com relação aos aspectos nutricionais. A ausência de informações sobre a adubação para o cultivo de flores acarreta na utilização inadequada de fertilizantes que, geralmente, são aplicados em quantidades desnecessárias (Silberbush & Lieth, 2004) ou subutilizados, impedindo que a planta expresse todo o seu potencial produtivo, devido à deficiência nutricional.

As recomendações sobre o correto manejo da adubação de plantas do gênero *Zantedeschia*, muitas vezes, se contradizem. Devecchi & Remotti (2003) avaliaram diferentes doses de nitrogênio e potássio em cultivo de *Zantedeschia aethiopica* e observaram que doses elevadas de potássio não foram favoráveis ao desenvolvimento das plantas, tendo a menor dose estudada ( $50 \text{ g m}^{-2}$ ) sido mais eficiente que a maior ( $210 \text{ g m}^{-2}$ ). Entretanto, segundo esses autores, para a adubação nitrogenada, verificou-se que a dose mais elevada desse nutriente ( $100 \text{ g m}^{-2}$ ) proporcionou maior produção de folhas e inflorescências quando comparada à menor ( $50 \text{ g m}^{-2}$ ).

Por outro lado, segundo Salinger (1991), não é conveniente fornecer altos níveis de nitrogênio a plantas do gênero *Zantedeschia*, pois esse nutriente

estimula maior desenvolvimento vegetativo em detrimento da floração. Clemens et al. (1998) observaram maior número de inflorescências em plantas de *Zantedeschia albomaculata* cultivadas em baixas concentrações de nitrogênio, 0,30 kg m<sup>-3</sup> de substrato.

Para o bom crescimento e desenvolvimento da planta e a produção de flores com qualidade, todos os nutrientes essenciais devem estar disponíveis, pois cada elemento tem funções imprescindíveis para a sobrevivência das plantas. Os elementos essenciais apresentam características peculiares e podem exercer funções estruturais, além de serem constituintes de enzimas ou ativadores enzimáticos. A omissão de um dos elementos essenciais limita a produção, mesmo que os outros elementos estejam em níveis adequados (Bastos & Carvalho, 2002; Faquin, 2005). Assim, para a avaliação do estado nutricional das plantas, pela qual é possível detectar quais elementos limitam a produção em uma cultura, diversos procedimentos podem ser utilizados. Dentre esses, pode-se destacar a diagnose de desordens nutricionais por sintomas visíveis, segundo Marschner (1995).

De acordo com Silveira et al. (2002), as deficiências minerais promovem alterações no metabolismo mais frequentemente modificando os aspectos morfológicos e anatômicos das plantas. Bennett (1994) relata que a deficiência de um elemento essencial para a planta resulta na diminuição do crescimento normal e afeta a produção da cultura.

Os sintomas de deficiências nutricionais se manifestam tanto nas folhas jovens quanto nas folhas mais velhas, dependendo do nutriente mineral e de sua capacidade de retranslocação na planta (Marschner, 1995). A redistribuição do nutriente na planta ocorre quando é detectado o início de sua deficiência. Assim, é enviado um sinal, iniciando-se a redistribuição do elemento das folhas mais velhas para as mais novas com maior ou menor velocidade, dependendo da sua função e mobilidade. Dessa forma, os nutrientes que são considerados móveis se

deslocam facilmente e os sintomas de deficiência se manifestam nas folhas mais velhas. Ao contrário, quando o nutriente faz parte de estruturas celulares, como paredes e membranas, sua mobilidade é restrita e os sintomas de deficiência se manifestam nas folhas mais novas (Furlani, 2004).

Bennett (1994) classifica, de maneira geral, os sintomas de deficiência em: (1) clorose que pode ser uniforme em toda a folha ou internerval; (2) necrose; (3) interrupção do crescimento ou morte da gema apical; (4) acumulação de antocianina e aparecimento da coloração avermelhada e (5) redução do crescimento da planta que pode apresentar folhas de coloração normal, verde-escuras ou amarelas.

Os estudos dos sintomas de deficiências nutricionais em espécies ornamentais são bastante insipientes. Para espécies da família *Araceae*, podem-se destacar as pesquisas direcionadas para avaliação de deficiências nutricionais em *Spathiphyllum* 'Supreme' (Broschat & Donselman, 1986), *Spathiphyllum* 'Sensation' (Yeh, Lin & Wright, 2000), *Philodendron scandens* (Hershey & Merrit, 1987) e *Caladium x hortulanun* 'Birdsey' (Harbaugh, 1986), por meio das quais foi possível observar sintomas diferentes, ocasionados pela omissão de um mesmo nutriente. Para copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*), não se tem ainda a descrição de sintomas de deficiência nutricional.

Como ocorrem variações nos sintomas de deficiências nutricionais entre as espécies, torna-se necessário o estudo do comportamento das plantas cultivadas com a omissão dos nutrientes. Assim, objetivou-se, neste trabalho, determinar e caracterizar sintomas de deficiência de macro e micronutrientes em plantas de copo-de-leite.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Lavras, MG no período de abril de 2006 a abril de 2007. O município de Lavras situa-se nas coordenadas geográficas 21°14'30"S e 45°00'10"W, altitude de 918 m e precipitação média anual de 1.529,7 mm (Brasil, 1992). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo Cwa, com características Cwb, apresentando duas estações definidas: seca com temperaturas mais baixas, de abril a setembro e chuvosa, com temperaturas mais elevadas, de outubro a março.

Para o experimento, foram utilizadas mudas de copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) produzidas por micropropagação no Laboratório de Cultura de Tecidos do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. As mudas foram retiradas do laboratório e aclimatizadas em bandejas plásticas com substrato Plantmax®, em estufa de nebulização intermitente, por um período de 60 dias, até atingirem a altura média de 7 cm. Foram, então, retiradas do substrato e as raízes lavadas em água corrente. Depois, foram transferidas para bandeja plástica com capacidade para 36 litros, onde permaneceram, durante 48 dias, em solução completa número 2 de Hoagland & Arnon (1939) diluída a 25% de sua força iônica para adaptação (Tabela 1).

Após esse período, as plantas foram transplantadas para vasos com capacidade para 1,9 litro e fixadas pelo caule por meio de uma tampa de isopor. Foram, então, submetidas aos tratamentos com solução nutritiva número 2 de Hoagland & Arnon (1939) (modificada) a 30% de sua força iônica. O experimento foi composto por 12 tratamentos: solução completa e omissão individual de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Fe, Cu e Zn. As soluções foram formuladas eliminando-se um elemento específico, sem modificar a concentração dos demais nutrientes, conforme descrito na Tabela 1.

TABELA 1. Composição química das soluções nutritivas (ml solução estoque por litro de solução)<sup>1</sup> UFLA, Lavras, MG, 2007.

Soluções estoque	Molaridade	Completa	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B	-Mn	-Fe	-Cu	-Zn
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1 M	1	0,1	0,1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KNO <sub>3</sub>	1 M	6	0,6	6	0,6	6	6	5	6	6	6	6	6
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4 H <sub>2</sub> O	1M	4	0,4	3	4	0,4	4	3	4	4	4	4	4
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1M	2	2	2	2	2	0,1	-	2	2	2	2	2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,5 M	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ).H <sub>2</sub> O	0,05 M	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,01 M	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg(NO <sub>3</sub> ).6H <sub>2</sub> O	1 M	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1 M	-	-	1	3	4	-	-	-	-	-	-	-
*Solução A		1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	-	-
*Solução A -B		-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
*Solução A -Mn		-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
*Solução A -Cu		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
*Solução A -Zn		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
**Fe-EDTA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1

<sup>1</sup> Segundo Hoagland & Arnon (1939), solução número 2.

\*Composição: H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 2,86 g/l; MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O 1,81 g/l; ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,44 g/l; CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O 0,08 g/l; H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O 0,02 g/l.

\*\*Fe-EDTA (Jacobson, 1951).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições e uma planta por parcela.

Diariamente, observou-se o consumo de água, sendo a reposição realizada sempre que necessário para completar o volume do vaso. As soluções foram trocadas a cada 15 dias.

As plantas foram cultivadas sob 50% de sombreamento proporcionado por tela sombrite<sup>®</sup> disposta dentro de casa de vegetação. A temperatura média, durante o período experimental, variou de 15,3° a 27,6°C, com umidade relativa do ar, em média, de 71,3%.

## 2.1 Avaliação dos sintomas de deficiência

As plantas foram frequentemente observadas, verificando-se qualquer manifestação dos sintomas de deficiência nutricional, fotografadas e anotadas

todas as características das folhas, inflorescências e raízes que distinguiram as plantas com sintomas de deficiência daquelas cultivadas na solução completa. Dessa forma, foi possível acompanhar a evolução dos sintomas durante o período experimental.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As plantas foram colhidas à medida que os sintomas de deficiências se acentuaram, conforme o nutriente omitido. Os primeiros sintomas de deficiência após a implantação do experimento ocorreram nas plantas submetidas à omissão de nitrogênio (50 dias), seguida pelas de enxofre (55 dias), boro (71 dias), potássio (85 dias), ferro (88 dias), fósforo (107 dias) e cálcio (287 dias). Não foi possível avaliar as plantas cultivadas com omissão de Cu e Zn, pois ocorreu contaminação da solução e a conseqüente perda desses tratamentos.

A emissão de inflorescências ocorreu de forma freqüente durante cinco meses, iniciando-se no mês de agosto, após os períodos de temperaturas amenas nos meses de junho e julho, sendo interrompida em janeiro, devido às elevadas temperaturas, concordando com as informações de Tjia (1989).

#### **Deficiência de nitrogênio**

Os primeiros sintomas visíveis de deficiência de nitrogênio ocorreram 50 dias após a instalação do experimento. As plantas cultivadas em solução nutritiva sem nitrogênio apresentaram, inicialmente, clorose uniforme no limbo e no pecíolo das folhas mais velhas, conforme se constata nas Figuras 1A e 1B. Com o decorrer do tempo, o sintoma evoluiu, ocorrendo amarelecimento em todo o limbo das folhas mais velhas, seguido de seca. A manifestação do sintoma de deficiência nas folhas mais velhas é explicada por Malavolta, Vitti & Oliveira. (1997). Segundo o autor, o nitrogênio é facilmente distribuído na

planta pelo floema, mas, quando seu suprimento é insuficiente, esse elemento é translocado dos órgãos mais velhos para os mais novos.

Nas folhas mais velhas das plantas deficientes de nitrogênio, as proteínas são hidrolisadas e os aminoácidos resultantes são redistribuídos para os ápices e as folhas jovens. A proteólise resulta em um colapso dos cloroplastos e, conseqüentemente, em um declínio do conteúdo de clorofila. Portanto, o amarelecimento de folhas velhas é o primeiro sintoma da baixa disponibilidade de nitrogênio (Mengel & Kirkby, 1982).

Observou-se, ainda, que as plantas deficientes de nitrogênio emitiram folhas novas pequenas, reduzindo o crescimento (Figura 1C). Durante o período experimental, as plantas cultivadas com omissão de nitrogênio não produziram inflorescências. O sistema radicular das plantas cultivadas com omissão de nitrogênio não foi afetado, ou seja, desenvolveu-se de forma semelhante às plantas cultivadas na solução completa.

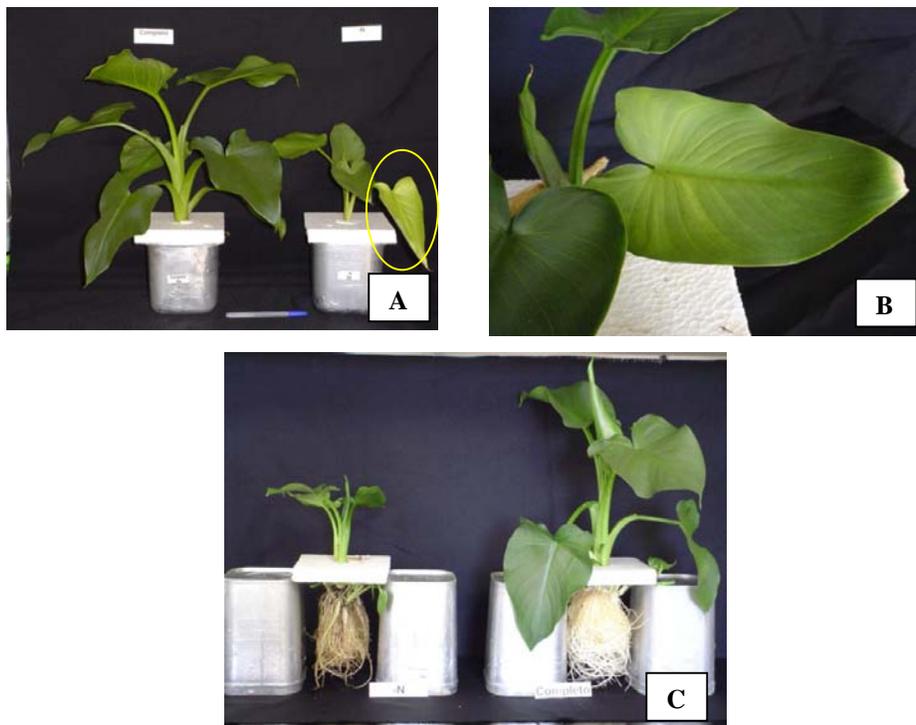


FIGURA 1. Sintomas visuais de deficiência de nitrogênio em plantas de copo-de-leite: (A e B) clorose das folhas mais velhas e (C) redução do crescimento (comparação com planta cultivada em solução completa) UFLA, Lavras, MG, 2007.

Em estudo com *Spathiphyllum*, Yeh, Lin & Wrigth (2000) também observaram a emissão de folhas pequenas e amarelecimento das folhas mais velhas no tratamento com omissão de nitrogênio. Esse sintoma é característico de plantas com deficiência de nitrogênio (Marschner 1995).

### **Deficiência de fósforo**

Os primeiros sintomas de deficiência de fósforo foram observados aos 107 dias após a implantação do experimento. As plantas cultivadas em solução com omissão de fósforo apresentaram, inicialmente, crescimento reduzido e folhas com tonalidade mais escura quando comparadas àquelas cultivadas em

solução completa. Sintomas semelhantes foram observados em mudas de eucalipto cultivadas em solução nutritiva (Silveira et al., 2002). Segundo Bergmann (1992), a característica de folhas com tonalidade verde-escura ocorre, principalmente, durante o estágio inicial de deficiência de fósforo. Isso se deve ao fato de o crescimento da folha ser inibido, mas a síntese de clorofila, a princípio, não ser afetada. Dessa forma, a concentração de clorofila por unidade de área foliar é alta, proporcionando tonalidade mais escura ao tecido. Segundo Malavolta (2006), a principal função do fósforo é armazenar e transferir energia. Devido a isso, a inadequada nutrição com fosfato pode afetar vários processos que demandam energia, principalmente ATP. As sínteses de proteínas e de ácidos nucleicos são processos influenciados pela deficiência de fósforo e, em consequência disso, plantas deficientes desse nutriente apresentam desenvolvimento reduzido (Mengel & Kirby, 1982).

Após 6 meses da implantação do experimento, verificou-se que as folhas mais velhas apresentaram tonalidade purpúrea das bordas em direção ao centro, com ocorrência de manchas necróticas no centro do limbo (Figuras 2A e 2B). De acordo com Bergamann (1992) e Furlani (2004) o fósforo é um elemento móvel na planta, por isso, os sintomas de deficiência são manifestados nas folhas mais velhas.

Esses sintomas, típicos da deficiência de fósforo, são explicados por Taiz & Zeiger (2004) que relatam que algumas espécies deficientes de fósforo podem produzir antocianinas em excesso, conferindo às folhas uma coloração levemente purpúrea. Isso ocorre porque a deficiência de fósforo provoca a inibição da síntese de amido, elevando os teores de açúcares, processo que estimula a síntese de antocianina (Bergmann, 1992; Marschner, 1995). Bergmann (1992) afirma que o desenvolvimento da coloração avermelhada depende da cor básica das folhas que apresentam deficiência.

Os sintomas de deficiência de fósforo que se manifestaram em plantas de copo-de-leite foram semelhantes aos descritos por Salvador et al. (1994), para cupuaçuzeiro e por Veloso et al. (1998), para pimenteira-do-reino.

Apesar dos sintomas observados nas folhas, não ocorreu alteração no sistema radicular e nas inflorescências formadas (Figuras 2C e 2D).

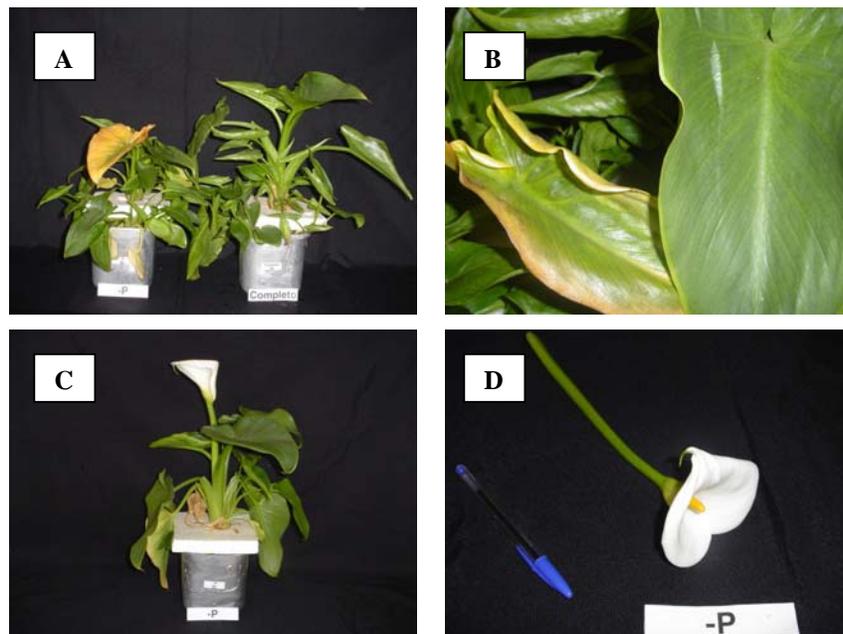


FIGURA 2. Sintomas visuais de deficiência de fósforo em plantas de copo-de-leite: (A e B) plantas de tamanho reduzido com manchas purpúreas nas folhas mais velhas e (C e D) inflorescências com características normais UFLA, Lavras, MG, 2007.

### **Deficiência de potássio**

Sintomas visuais de deficiência de potássio foram observados aos 85 dias após a implantação do experimento. Esses sintomas foram caracterizados pela redução do crescimento das plantas, cujas folhas apresentaram o pecíolo bastante delgado, comparado ao pecíolo das folhas das plantas cultivadas em outras soluções (Figura 3A). Verificou-se também o aparecimento de manchas

necróticas da ponta do limbo foliar em direção ao centro das folhas mais velhas, à semelhança da descrição de Salvador et al. (1994), para cupuaçuzeiro e Harbaugh (1986), para *Caladium* (Figura 3B). As manchas observadas na ponta do limbo foliar se acentuaram com o tempo, levando as folhas à senescência.

A manifestação da deficiência de potássio ocorreu como esperado, por ser um sintoma clássico, tipicamente observado em diversas culturas (Bergmann, 1992; Marschner, 1995). O potássio é o principal cátion que afeta o potencial osmótico. Aumentando-se a concentração de potássio na célula, aumenta-se também a sua capacidade de absorver água (Malavolta, 2006). Dessa forma, a deficiência de potássio induz a desidratação do plasma e a acumulação de substâncias, tais como a putrescina e peróxidos e, conseqüentemente, as células e os tecidos das margens e pontas das folhas morrem, proporcionando formação de lesões (Bergmann, 1992).

Inicialmente, as plantas deficientes em potássio produziram inflorescências com características normais. Entretanto, com o decorrer do tempo, 5 meses após a implantação do experimento, passaram a emitir inflorescências com hastes curtas (Figura 3 C), com a espata de coloração esverdeada. Além disso, as inflorescências não completavam o processo de abertura, permanecendo semi-abertas (Figura 3 D).

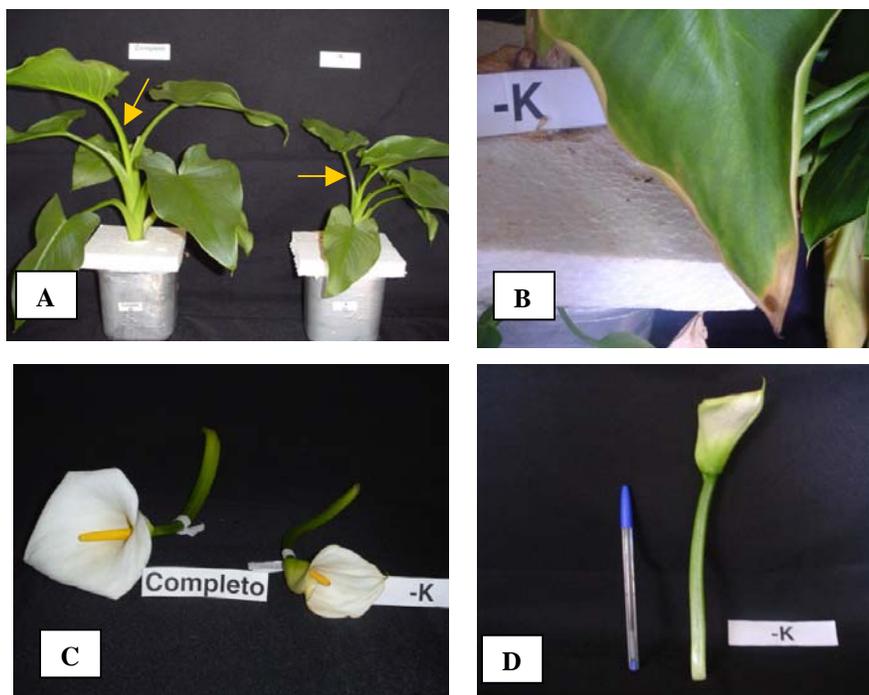


FIGURA 3. Sintomas visuais de deficiência de potássio: (A) plantas de tamanho reduzido com folhas de pecíolo e bainha delgadas; (B) manchas necróticas nas pontas das folhas; (C) inflorescências que apresentaram tamanho reduzido e (D) inflorescência com espata não expandida e com coloração esverdeada UFLA, Lavras, MG, 2007.

De acordo com Furlani (2004), plantas deficientes em potássio têm seu crescimento retardado e a redistribuição desse elemento é estimulada das folhas velhas para as folhas novas. Isso explica a manifestação dos sintomas de deficiência em plantas de copo-de-leite nas folhas mais velhas.

O potássio tem importante função no estado energético da planta, na translocação e no armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais. A adequada nutrição de potássio promove a redução de ocorrência de desordens fisiológicas (Meurer, 2006). Além disso, segundo Bergmann (1992), a absorção de potássio aumenta gradualmente com o estágio

de desenvolvimento floral. Assim, como não houve suprimento de potássio durante o período de florescimento de plantas de copo-de-leite, pode-se inferir que a deficiência de potássio proporcionou a produção de inflorescências pequenas e com anormalidades.

A omissão de potássio não afetou o desenvolvimento do sistema radicular que foi semelhante à solução completa.

### **Deficiência de cálcio**

Inicialmente, as plantas cultivadas em solução com omissão de cálcio, apresentaram desenvolvimento semelhante ao das cultivadas em solução completa. Os sintomas de deficiência de cálcio se manifestaram apenas 287 dias após a implantação do experimento e foram caracterizados pela incidência de manchas cloróticas, seguidos de necrose nas margens das folhas mais novas que, com o tempo, secaram completamente (Figura 4). Sintomas semelhantes foram descritos por Hershey & Merrit (1987) para *Philodendron*. A manifestação do sintoma de deficiência ocorreu de forma tardia em plantas de copo-de-leite, o que pode ser justificado por Mengel & Kirkby (1982) e Marschner (1995). Segundo esses autores, o requerimento de cálcio para o ótimo crescimento é menor em plantas monocotiledôneas (como o copo-de-leite), em comparação com as eudicotiledôneas.



FIGURA 4. Plantas de copo-de-leite submetidas à deficiência de cálcio: ocorrência de clorose e necrose nas margens das folhas UFLA, Lavras, MG, 2007.

O cálcio é um elemento estrutural na planta e ocorre em alta concentração na lamela média das paredes celulares e na parte externa da membrana plasmática. De acordo com Furlani (2004), quando o nutriente faz parte de estruturas celulares, como paredes e membranas, sua mobilidade é restrita e os sintomas de deficiência aparecem nas folhas mais novas, como ocorreu nas folhas das plantas de copo-de-leite, no presente experimento. Manchas cloróticas e necróticas nas margens das folhas das plantas deficientes de cálcio são sintomas típicos de muitas espécies. Esses sintomas são precedidos pela mudança da cor das nervuras que tornam-se marrons, processo que ocorre devido à autólise das células (Bergmann, 1992).

As inflorescências não foram afetadas pela deficiência de cálcio, apresentando características semelhantes àsquelas produzidas pelas plantas cultivadas na solução completa. Entretanto, em outras espécies, como canola (*Brassica napus oleifera*) e funcho (*Foeniculum vulgare*), Bergmann (1992)

descreve que o cálcio afetou a produção e a qualidade de flores produzidas, causando inclinação das hastes.

Além disso, verificou-se que a formação radicular das plantas cultivadas em omissão de cálcio ocorreu de forma semelhante à das plantas cultivadas em solução completa.

### **Deficiência de enxofre**

Os primeiros sintomas de deficiência de enxofre foram observados aos 55 dias após a implantação do experimento e proporcionaram, inicialmente, menor desenvolvimento das plantas e as folhas mais novas com clorose uniforme no limbo (Figura 5 A), sintomas típicos descritos para muitas espécies em condições experimentais semelhantes (Bergmann, 1992). Com o tempo, a ocorrência de clorose se estendeu para todas as folhas da planta (Figura 5 B), as quais também se apresentaram estreitas e bastante espessas. Ocorreu redução do crescimento da planta e formação de raízes mais finas e em menor quantidade, quando comparadas com as plantas cultivadas na solução completa (Figura 5 C). Além disso, verificou-se a emissão de folhas novas com dimensões reduzidas e com os bordos recurvados para cima (Figura 5 D).

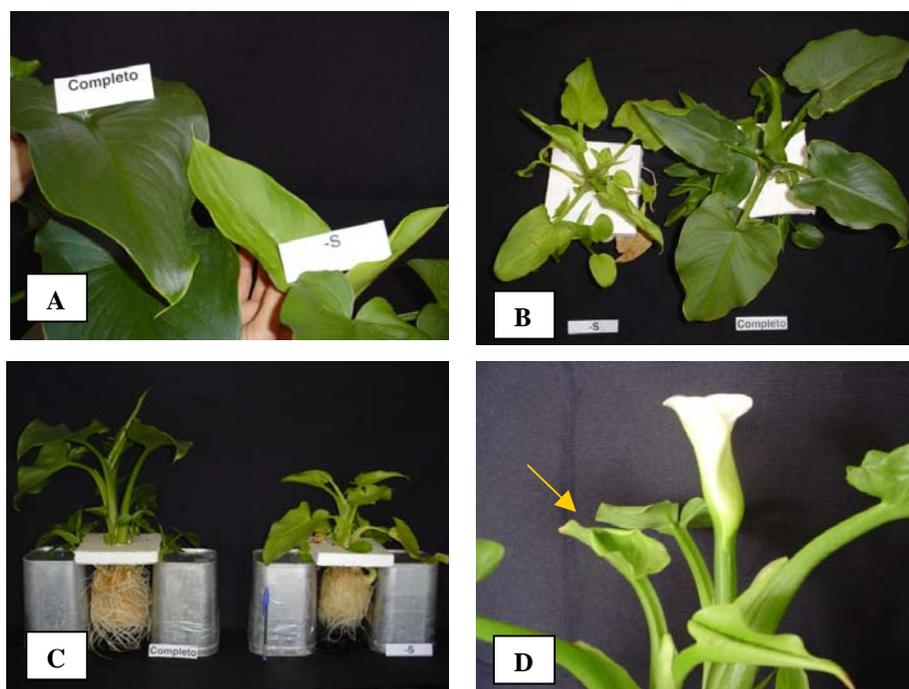


FIGURA 5. Sintomas de deficiência em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com omissão de enxofre: (A) clorose inicial nas folhas mais novas; (B) clorose generalizada em toda a planta; (C) ocorrência de redução no crescimento; (D) detalhe da formação de folhas pequenas e recurvadas para cima UFLA, Lavras, MG, 2007.

O enxofre é um constituinte essencial das proteínas que têm sua síntese inibida pela deficiência desse elemento (Mengel & Kirkby, 1982). Nas folhas, alta concentração de proteínas está localizada nos cloroplastos que, por isso, são especialmente ricos em enxofre orgânico (Marschner, 1995). Dessa forma, em plantas deficientes de enxofre, a concentração de clorofila pode ser 40% menor que o normal (Bergmann, 1992), podendo-se inferir que a clorose observada pela deficiência de enxofre em plantas de copo-de-leite ocorreu em função da menor concentração de clorofila nas folhas.

Os sintomas de formação de folhas mais estreitas observados nas plantas de copo-de-leite cultivadas em solução com deficiência de enxofre foram

semelhantes aos descritos por Gonsalves, Neves & Carvalho (2006), para mudas de umbuzeiro.

Mesmo com o crescimento e área foliar reduzidos, as plantas cultivadas com omissão de enxofre atingiram a fase de florescimento. Inicialmente, as inflorescências produzidas apresentaram menor tamanho de haste, espata retorcida, espádice bastante delgado e de coloração branca, como pode ser observado nas Figuras 6A e B.

Aos 9 meses após a implantação do experimento, as plantas passaram a emitir inflorescências com hastes bastante curtas. Também apresentaram espata com textura espessa e frágil, rompendo-se facilmente, com coloração verde-escuro na face inferior (Figura 6 C) e branca na face superior. A espata não se expandiu completamente e a espádice apresentou coloração esbranquiçada (Figura 6 D). Mengel & Kirkby (1982) descrevem que plantas deficientes de enxofre são rígidas e quebradiças à semelhança do que foi observado nas espatas das inflorescências de copo-de-leite.

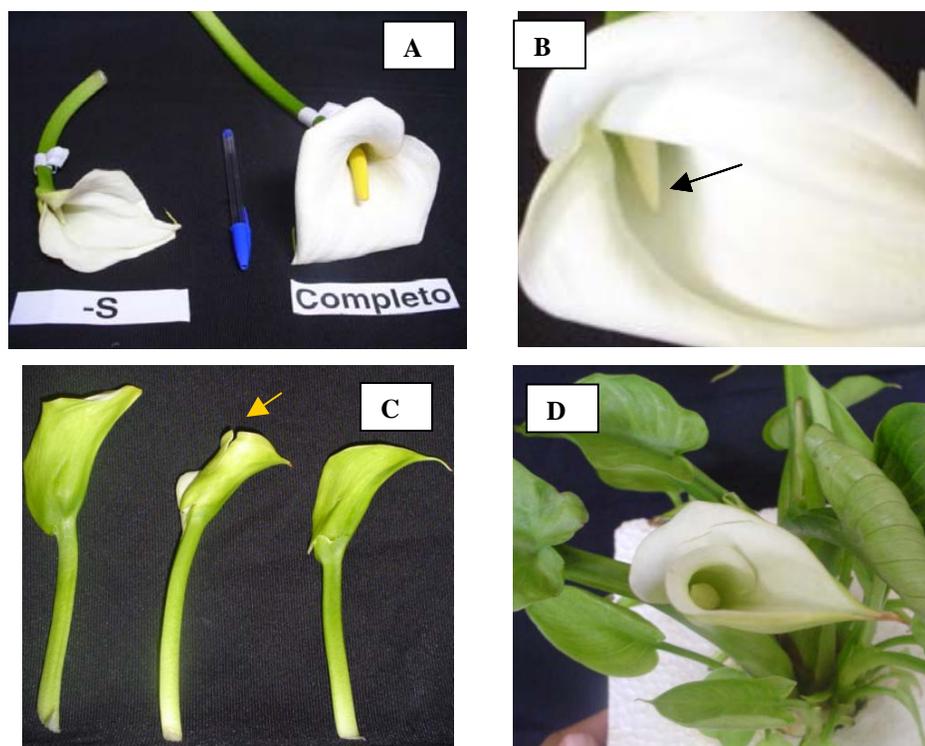


FIGURA 6. Copo-de-leite: (A) inflorescências produzidas em solução completa e em solução com omissão de S, (B) coloração branca da espádice, (C) inflorescências com a espata de coloração verde na face inferior e (D) coloração branca na face superior da espata e espádice de coloração esbranquiçada UFLA, Lavras, MG, 2007.

### Deficiência de ferro

Os sintomas de deficiência de ferro foram observados aos 88 dias após a implantação do experimento. Como esperado, por ser um sintoma clássico de deficiência de ferro em muitas espécies, verificou-se clorose internerval nas folhas jovens das plantas com deficiência, não ocorrendo intensificação do sintoma, o qual permaneceu estagnado com o tempo (Figura 7).

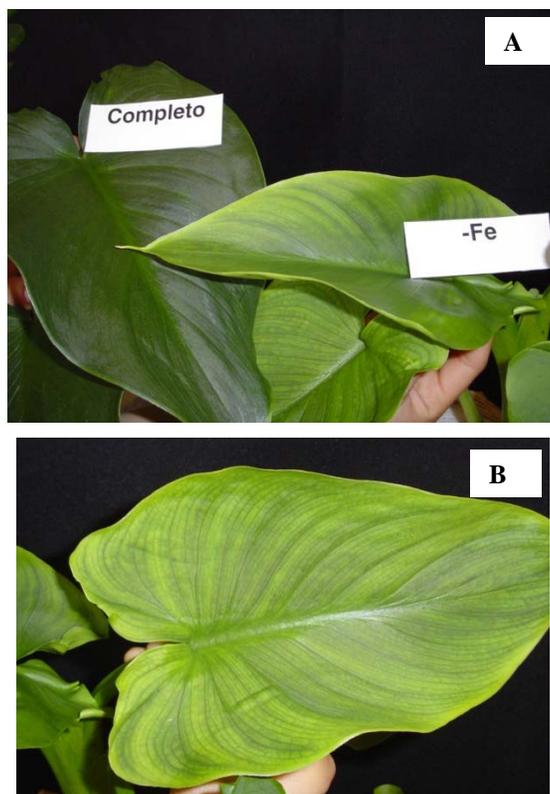


FIGURA 7. Plantas cultivadas em solução com omissão de ferro (A), detalhe da clorose internerval das folhas mais novas (B) UFLA, Lavras, MG, 2007.

O ferro é pouco redistribuído na planta, portanto, os sintomas de deficiência manifestam-se, inicialmente, nas folhas mais novas. Os sintomas observados em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com omissão de ferro foram semelhantes aos observados por Yeh, Lin & Wright (2000), em plantas de *Spathiphyllum* e por Harbaugh (1986), em plantas de *Caladium*, na mesma condição experimental.

Segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1997), a clorose provocada pela omissão de ferro pode ser ocasionada pela baixa produção de clorofila. Faquin (2005) relata que o ferro está envolvido na síntese da clorofila, estando cerca de

80% desse elemento localizado nos cloroplastos das folhas verdes. Quando há deficiência desse micronutriente, o teor de clorofila é reduzido, o número de cloroplastos diminui e há menor quantidade de grana nos mesmos. Em plantas deficientes de ferro há decréscimo na produção de ácido delta amino levulínico (ALA), que é o precursor das porfirinas, componentes da clorofila, o que justifica a ocorrência de clorose nas folhas.

As plantas cultivadas com omissão de ferro apresentaram emissão de folhas, formação radicular e produção de inflorescências de forma semelhante à das plantas cultivadas na solução completa.

### **Deficiência de boro**

Os primeiros sintomas de deficiência de boro foram observados aos 71 dias após a implantação do experimento. No tratamento com omissão de boro, as folhas, a princípio, se apresentaram mais espessas e com tonalidade mais escura, quando comparadas às das plantas cultivadas em solução completa (Figura 8A). As plantas apresentaram crescimento reduzido e, com o decorrer do tempo, as folhas mais novas apresentaram manchas cloróticas e não se expandiram completamente (Figura 8B). Aos 107 dias após a implantação do experimento, ocorreu o sintoma típico das plantas deficientes de boro (Bergmann, 1992), com a morte da gema apical e conseqüente paralisação do crescimento (Figura 8C).

Lange et al. (2005) também verificaram a ocorrência de folhas espessas em plantas de mamona cultivadas em solução nutritiva com omissão de boro. Yeh, Lin & Wright (2000) observaram tonalidade escura em folhas de *Spathiphyllum* e Salvador et al. (1994) verificaram perda da dominância apical em cupuaçuzeiro com deficiência desse nutriente.

As plantas cultivadas com omissão de boro apresentaram raízes curtas, finas e em menor volume, quando comparadas às cultivadas em solução completa (Figura 8D).

A morte da gema apical e a redução do crescimento radicular em plantas deficientes de boro são explicadas por Mengel & Kirkby (1982). De acordo com os autores, um contínuo suprimento de boro é necessário para a manutenção da atividade meristemática. A síntese de RNA, a formação da ribose e a síntese de proteínas são os principais processos que ocorrem nos tecidos meristemáticos nos quais o boro apresenta fundamental importância. Se esses processos são afetados pela deficiência de boro, o crescimento meristemático é danificado.

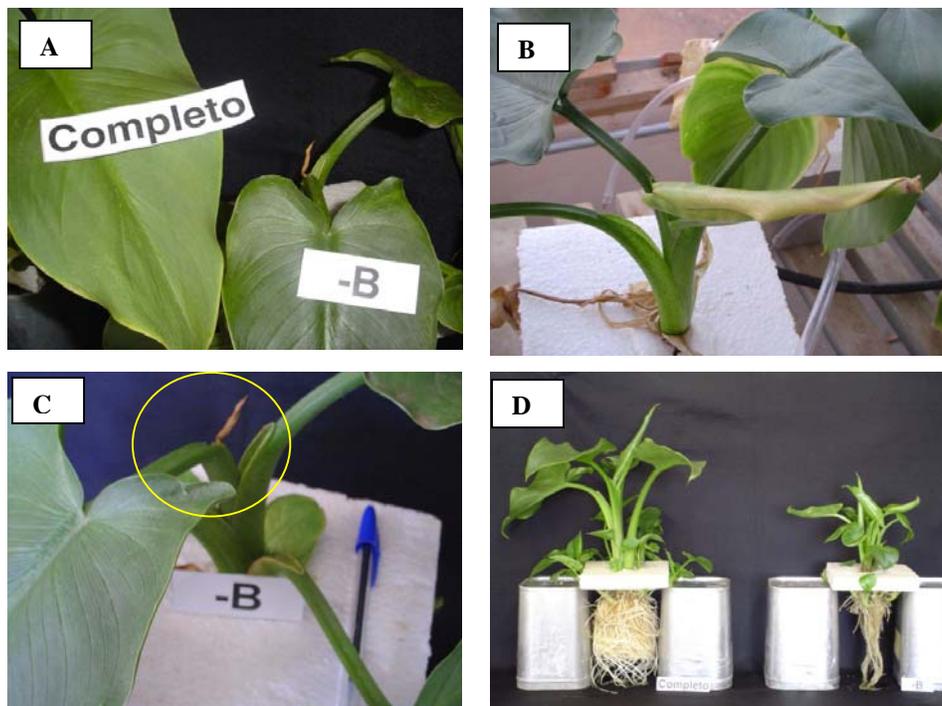


FIGURA 8. Sintomas de deficiência de boro em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva: (A) ocorrência de tonalidade mais escura das folhas; (B) clorose das folhas novas que não se expandiam; (C) morte da gema apical; (D) desenvolvimento radicular em plantas cultivadas em solução completa e com omissão de boro UFLA, Lavras, MG, 2007.

Além dos sintomas descritos anteriormente, verificou-se, também, a ocorrência de podridão no centro dos rizomas, iniciando-se a partir do ápice da planta, como pode ser observado na Figura 9.

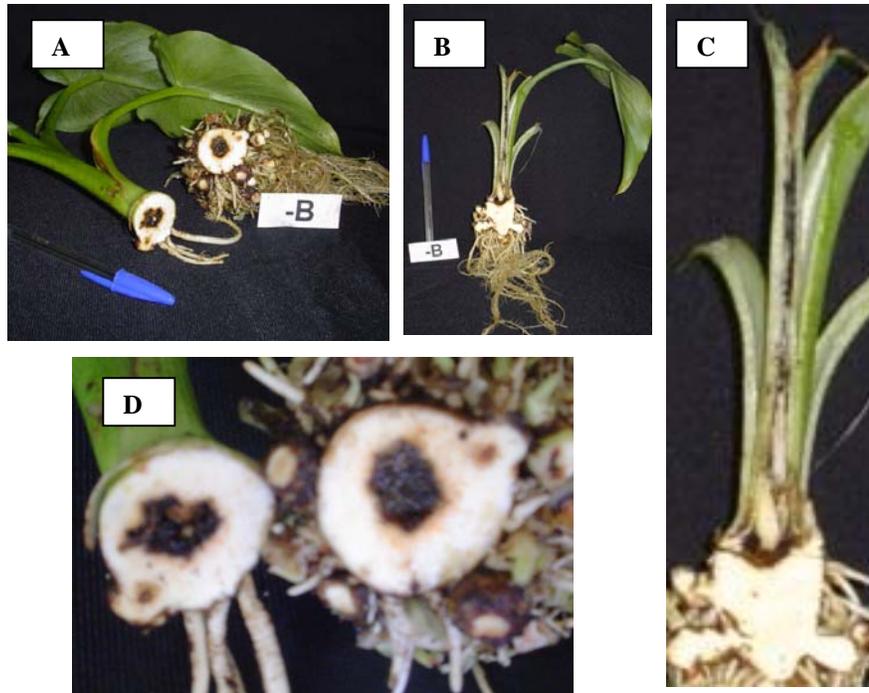


FIGURA 9. Apodrecimento interno do rizoma de copo-de-leite, em função da deficiência de boro: (A) corte transversal do rizoma; (B) corte longitudinal do rizoma; (C) detalhe do corte longitudinal; (D) detalhe do corte transversal UFLA, Lavras, MG, 2007.

A ocorrência de apodrecimento nos rizomas de copo-de-leite foi semelhante ao sintoma de deficiência de boro denominado “miolo-preto”, muito comum em hortaliças de “cabeça”, como alface, couve-flor e repolho (Furlani, 2004). Em couve-flor, Bergmann (1992) relata que, a princípio, o sintoma ocorre na flor, se estendendo para baixo, internamente ao caule, formando uma lesão que pode ser preenchida com um fluido marrom, como foi observado nos rizomas de copo-de-leite. Apesar da semelhança do sintoma de “miolo-preto”

com danos causados por patógenos, Agrios (2005) descreve esse dano como uma característica de deficiência de boro. Segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1997), os sintomas anatômicos de deficiência de boro são paredes celulares muito finas e colapso dos vasos condutores. Além disso, de acordo com Bergmann (1992), o boro é essencial para a integridade e o ótimo funcionamento das membranas celulares. Assim, pode-se inferir que os sintomas de “miolo-preto” observados nos rizomas de copo-de-leite são ocasionados pelos distúrbios que ocorrem nas membranas, na parede celular e, conseqüentemente, nos vasos condutores.

#### **Deficiências de magnésio e manganês**

Durante todo o período experimental foi possível observar que as plantas submetidas aos tratamentos com ausência de magnésio e manganês não apresentaram sintomas de deficiência visíveis, tanto nas folhas, raízes e rizomas, quanto nas inflorescências. Como se pode observar pelas fotografias da Figura 10, as plantas cultivadas com omissão desses nutrientes apresentaram produção de inflorescências de boa qualidade.

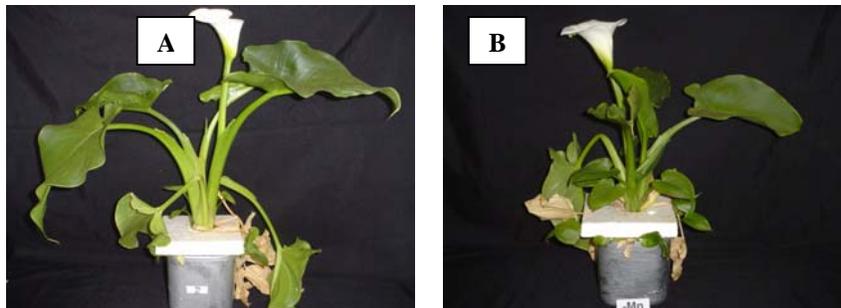


FIGURA 10. Plantas de copo-de-leite cultivadas em soluções com ausência de magnésio (A) e manganês (B)

Antes da implantação do experimento, todas as plantas permaneceram em solução completa para adaptação durante 48 dias. Assim, pode-se inferir que

as plantas de copo-de-leite podem ter acumulado, durante o período de adaptação, uma quantidade de magnésio e manganês suficiente para o desenvolvimento vegetativo e a produção de inflorescências de qualidade no período experimental avaliado. Lange et al. (2005), estudando a deficiência de micronutrientes em mamoneira, também atribuíram a ausência de sintomas de deficiência de Mo, Zn e Cu ao acúmulo desses nutrientes durante a fase de adaptação que as plantas permaneceram em solução completa.

Além dessa suposição, outra explicação é a de que as plantas de copo-de-leite podem apresentar menor exigência desses nutrientes, sendo que, concentrações mais baixas podem ser suficientes para o desenvolvimento da planta. Por meio desse experimento foi possível verificar que, na ausência desses elementos, a planta foi capaz de completar o seu ciclo, atingindo a floração. Dessa forma, pode-se inferir que a concentração utilizada na solução completa e nos demais tratamentos foi superior à necessidade da planta.

As plantas de copo-de-leite permaneceram em solução com omissão individual de magnésio e manganês durante 1 ano. Se esse período fosse maior, talvez as plantas pudessem manifestar sintomas de deficiência desses nutrientes. Assim, tornam-se necessários novos estudos, com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes concentrações de magnésio e manganês e a verificação da melhor dose desses nutrientes para as plantas.

#### **4 CONCLUSÕES**

- A manifestação dos sintomas de deficiência seguiu a seguinte ordem cronológica: N>S>B>K>Fe>P>Ca.
- As omissões isoladas de N e B impedem o florescimento de plantas de copo-de-leite.

- As omissões de S e K proporcionam a produção de inflorescências pequenas, de coloração verde e com deformações.
- As omissões de N, B, S, Ca e Fe induzem a emissão de folhas cloróticas e a ausência de N proporciona clorose em folhas velhas e os demais nutrientes, em folhas mais novas.
- A omissão de P proporciona a formação de manchas purpúreas nas folhas das plantas de copo-de-leite.
- As omissões de B e S afetam o desenvolvimento radicular de plantas de copo-de-leite.
- A deficiência de boro proporciona a formação do “miolo-preto” no rizoma de copo-de-leite.
- Plantas cultivadas com omissão de Mg e Mn não manifestaram sintomas de deficiência, no período experimental avaliado.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5th ed. Amsterdam: Elsevier, 2005. 922 p.

BASTOS, A. R. R.; CARVALHO, J. G. **Manejo do solo e adubação para plantas ornamentais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 147 p.

BENNET, W.F. **Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants**. Texas, 1994, 202p.

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

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

BROSCHAT, T.K.; DONSELMAN, H. Manganese deficiency symptoms in *Spathiphyllum*. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n. 5, p. 1234-1235, Oct. 1986.  
 CLEMENS, J.; DENNIS, D. J.; BUTLER, R. C.; THOMAS, M. B.; INGLE, A.; WELSH, T. E. Mineral nutrition of *Zantedeschia* plants affects plant survival,

tuber yield and flowering upon replanting. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ahsford, v.73, n. 6, p. 755-762, Nov. 1998.

DEVECCHI, M.; REMOTTI, D. Influence of fertilization on vegetative growth and flowering of the calla (*Zantedeschia aethiopica* Spreng.). **Acta Horticulturae**, Amsterdam, n. 614, p. 541-545, 2003.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.183 p.

FURLANI, A. M. C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004. p. 40-75.

GONSALVES, F. C.; NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. Deficiência nutricional em mudas de umbuzeiro decorrente da omissão de macronutrientes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 1053-1057, jun. 2006.

HARBAUGH, B. Visual nutrient symptoms in *Caladium x hortulanum* Birdsey. **Journal of the American Society Horticultural Science**, Alexandria, n. 111, v. 2, p. 248-253, Mar. 1986.

HERSHEY, D. R.; MERRITT, R. H. Calcium deficiency symptoms of heartleaf *Philodendron*. **HortScience**, Alexandria, v. 2, n. 22, p. 311, 1987.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: The College of Agriculture University of California, California Agricultural Experimental Station, 1939. 32p. (Circular, 347).

JACOBSON, L. Maintenance of Fe supply. **Plant physiology**, Rockville, v. 26, p. 411-413, 1951.

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

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

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

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

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

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1982. 655p.

MEURER, E. J. Potássio. In: SILVESTRE, M. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 281-298.

SALINGER, J. P. **Producción comercial de flores**. Zaragoza: Acribia, 1991. 371 p.

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

SILBERBUSH, M.; LIETH, J. H. Nitrate and potassium uptake by greenhouse roses (*Rosa hybrida*) along successive flower-cut cycles: a model and its calibration. **Scientia Horticulturae**, Amdsterdam, v. 101, n. 1-2, p. 127-141, May 2004.

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

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artemd. 2004. 719 p.

TJIA, B. O. Zantedeschia. In: **Handbook of flowering**. Boca Ratan: CRC Press, 1989. v. 6, 753 p.

VELOSO, C. A. C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; CARVALHO, J. G.de. Diagnose de deficiências de macronutrientes em pimenteira-do-reino.

**Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n.11, p. 1889-1896, nov. 1998.

YEH, D. M.; 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. 4, p. 223-233, July 2000.

### **CAPÍTULO 3**

#### **DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM COPO-DE-LEITE: EFEITO NO DESENVOLVIMENTO E NO ESTADO NUTRICIONAL DAS PLANTAS**

## RESUMO

ALMEIDA, Elka Fabiana Aparecida. Deficiência nutricional em copo-de-leite: efeito no desenvolvimento e no estado nutricional das plantas. 2007. p. 46-76. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras.\*

A deficiência nutricional acarreta distúrbios que podem ser observados pelos sintomas visíveis, pela redução, nas plantas, dos teores dos nutrientes omitidos nas soluções e pelas alterações dos teores dos demais nutrientes. Para plantas de copo-de-leite existem poucas pesquisas sobre suas exigências nutricionais. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da deficiência de macronutrientes, boro, ferro e manganês no desenvolvimento e no estado nutricional dessa cultura. Mudanças micropropagadas de copo-de-leite foram submetidas a 10 tratamentos, que consistiram na utilização da solução nutritiva completa e da omissão individual de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B e Mn. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram realizadas avaliações agronômicas, observando-se o crescimento das plantas, a produção e a qualidade das inflorescências. Além disso, foram realizadas análises químicas de todas as partes da planta. Observou-se que as deficiências de P, S, Ca, N e B afetaram mais o desenvolvimento das plantas. As plantas cultivadas com deficiência de B e N não floresceram, tendo as omissões de P e S sido os tratamentos que mais reduziram o número de inflorescências. As deficiências de S e K proporcionaram o desenvolvimento de inflorescências de menor qualidade, quando comparadas aos demais tratamentos. Verificou-se que a deficiência nutricional influenciou tanto o teor dos elementos omitidos quanto o teor dos demais nutrientes nas folhas, rizomas, raízes e inflorescências da planta. Assim, pode-se concluir que as deficiências nutricionais afetam o desenvolvimento de copo-de-leite e alteram o teor dos nutrientes em diferentes partes da planta.

**Palavras-chave:** *Zantedeschia aethiopica*, nutrição mineral, floricultura.

---

\* Comitê orientador: Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva – UFLA (Orientadora), Janice Guedes de Carvalho (Co-orientadora).

## ABSTRACT

ALMEIDA, Elka Fabiana Aparecida. Nutritional deficiency of calla lily: effect on the plants development and nutritional status. Lavras: UFLA, 2007. p. 46-76. Thesis (Doctorate in Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras. <sup>3</sup>.\*

Nutritional deficiency causes disturbance which can be observed by the visible symptoms. These can be observed by the plant cultivation in contents with omitted nutrients in solution and by the alteration of the content of the others nutrients. There are few researches on the nutritional requirement in calla lily plants. Thus, the aim of this study was to evaluate the effect of macronutrients, iron, boron and manganese deficiencies and in the nutritional status of this crop. Micropropagated calla lily seedlings were gone over ten treatments which constituted the use of complete nutritive solution and the individual omission of, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B and Mn. It was used a randomized block design with four replicate. Agronomic evaluations were done observing the plants growth, the inflorescences production and quality. Furthermore, chemical analyses of the plants were accomplished. It was observed that the deficiencies of P, S, Ca, N and B were the treatments in which the development of the plants was most affected. The plants grown with B and N deficiency did not bloom, been the P and S omission the treatment in which the number of inflorescences produced were lower. The S and K deficiency propitiated a lower quality in the inflorescences developed when compared to the other treatments. It was verified that the nutritional deficiency influenced as the contents of the omitted elements as the contents of the other nutrients in the leaves, tubers, roots and inflorescences of the plant. Thus, it can be concluded that the nutritional deficiency damage the development of calla lily plants and influence the content of nutrients in different part of the plant.

**Key words:** *Zantedeschia aethiopica*, mineral nutrition, floriculture.

---

\*Guidance Committee: Patrícia Duarte de Oliveira Paiva – UFLA (Advisor), Janice Guedes de Carvalho (Co-advisor).

## 1 INTRODUÇÃO

O copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) é uma planta perene e pertencente à família Araceae. Tradicionalmente, é cultivado em jardins e para corte de flores, devido à sua beleza e versatilidade na composição de arranjos florais (Almeida & Paiva, 2004).

Apesar do fácil cultivo dessa espécie, para a produção de inflorescências de qualidade e em quantidade economicamente viável, é imprescindível o correto manejo da adubação. Segundo Taiz & Zeiger (2004), os nutrientes atuam como componentes de compostos orgânicos, no armazenamento de energia, nas estruturas vegetais, como cofatores enzimáticos e nas reações de transferência de elétrons. Faquin (2005) relata que a nutrição mineral da planta está relacionada diretamente com a sua produtividade e a qualidade do produto obtido.

Plantas desenvolvidas com limitação nutricional apresentam crescimento vegetativo reduzido e baixa produção de flores e frutos, e também deformação. Dependendo do nutriente em deficiência, as plantas, no geral, cessam totalmente a produção (Bergmann 1992). No segmento da Floricultura, as plantas são cultivadas, em sua maioria, com o objetivo de se obter, como resultado final, a produção de flores perfeitas, sem qualquer alteração morfológica. O manejo da fertilidade do solo é um fator importante para evitar as deficiências nutricionais e garantir o sucesso do cultivo.

Muitas culturas têm sua produtividade limitada pelo desequilíbrio nutricional, o que ocasiona sintomas de deficiência nas plantas. Esses sintomas, de acordo com Bergmann (1992), podem ser identificados pela diagnose visual, observando-se os danos locais causados por falta ou aplicação desbalanceada de nutrientes.

Além da caracterização dos sintomas visuais, é imprescindível a realização de análises químicas para confirmar a deficiência nutricional. Também, durante o estudo de nutrição mineral de plantas, é indispensável se

considerar os nutrientes em conjunto, porque, no processo de absorção, um pode exercer influência sobre o outro, dadas as possíveis interações que podem ocorrer, alterando, dessa maneira, a composição mineral das folhas (Raij, 1991). Isso porque, segundo Malavolta, Vitti & Oliveira (1997), na nutrição mineral de plantas, um elemento pode exercer influência sobre o outro por meio do antagonismo, da inibição ou do sinergismo.

Como existem poucas informações sobre as exigências nutricionais das plantas de copo-de-leite, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da deficiência de macro e micronutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional dessa cultura.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado na casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Lavras, MG no período de abril de 2006 a abril de 2007. O município de Lavras situa-se nas coordenadas geográficas 21°14'30"S e 45°00'10"W, altitude de 918 m e precipitação média anual de 1.529,7 mm (Brasil, 1992). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo Cwa, com características Cwb, apresentando duas estações definidas: seca com temperaturas mais baixas, de abril a setembro e chuvosa, com temperaturas mais elevadas, de outubro a março.

Para o experimento, foram utilizadas mudas de copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*), produzidas por micropropagação, no Laboratório de Cultura de Tecidos do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. As mudas foram retiradas do laboratório e aclimatizadas em bandejas plásticas com substrato Plantmax<sup>®</sup>, em estufa de nebulização intermitente por um período de 60 dias, até atingirem altura média de 7 cm.

As mudas de copo-de-leite foram, então, retiradas do substrato e as raízes lavadas em água corrente. Depois, foram transferidas para uma bandeja plástica com capacidade de 36 litros, onde permaneceram para adaptação, durante 48 dias, em solução completa de Hoagland & Arnon (1939), diluída a 25% de sua força iônica.

Após esse período, as plantas foram transplantadas para vasos com capacidade para 1,9 litro e fixadas pelo caule por meio de uma tampa de isopor. Foram, então, submetidas aos tratamentos com solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1939), a 30% de sua força iônica.

O experimento foi composto por 10 tratamentos: solução completa e omissão individual de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn e Fe. As soluções foram formuladas eliminando-se um elemento específico, sem mudar a concentração dos demais nutrientes, conforme descrito na Tabela 1.

TABELA 1. Composição química das soluções nutritivas (ml solução estoque por litro de solução)<sup>1</sup> UFLA, Lavras, MG, 2007.

Soluções estoque	Molaridade	Completa	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B	-Mn	-Fe	-Cu	-Zn
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1 M	1	0,1	0,1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KNO <sub>3</sub>	1 M	6	0,6	6	0,6	6	6	5	6	6	6	6	6
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4 H <sub>2</sub> O	1M	4	0,4	3	4	0,4	4	3	4	4	4	4	4
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1M	2	2	2	2	2	0,1	-	2	2	2	2	2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,5 M	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ).H <sub>2</sub> O	0,05 M	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,01 M	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg(NO <sub>3</sub> ).6H <sub>2</sub> O	1 M	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1 M	-	-	1	3	4	-	-	-	-	-	-	-
*Solução A		1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	-	-
*Solução A -B		-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
*Solução A -Mn		-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
*Solução A -Cu		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
*Solução A -Zn		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
**Fe-EDTA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1

<sup>1</sup>Segundo Hoagland & Arnon (1939), solução número 2.

\*Composição: H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 2,86 g/l; MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O 1,81 g/l; ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,44 g/l; CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O 0,08 g/l; H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O 0,02 g/l.

\*\*Fe-EDTA (Jacobson, 1951).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e uma planta por parcela.

Diariamente, observou-se o consumo de água, sendo a reposição realizada sempre que necessária para completar o volume do vaso. As soluções foram trocadas a cada 15 dias.

As plantas foram cultivadas sob 50% de sombreamento proporcionado pela tela sombrite<sup>®</sup> disposta dentro de casa de vegetação. A temperatura média durante o período experimental variou de 15,3° a 27,6°C com umidade relativa do ar, em média, de 71,3%.

## **2.1 Avaliações**

### **2.1.1 Caracteres agronômicos**

À medida que ocorreu a manifestação do sintoma máximo visível, em todas as repetições, as plantas foram coletadas e levadas ao laboratório para a realização das análises agronômicas: número, largura e comprimento das folhas, altura da planta e diâmetro da base da planta.

As inflorescências produzidas durante o período experimental foram colhidas assim que apresentaram padrão para colheita (espata totalmente expandida e ausência de pólen), conforme estabelecido por Nowak & Rudnicki (1990) e Salinger (1991). Após a colheita, realizada ao longo do período experimental, cada inflorescência foi avaliada quanto à qualidade, observando-se os sintomas de deficiência, o comprimento e o diâmetro da haste, a largura e o comprimento da espata.

### **2.1.2 Análises químicas**

Após a realização das avaliações agronômicas, as plantas foram segmentadas em folhas, rizomas e raízes, sendo essas partes lavadas separadamente em água corrente e, posteriormente, em água destilada, evitando-se, dessa forma, possíveis contaminações por fontes externas. Esse mesmo procedimento foi realizado com as inflorescências colhidas no decorrer do período experimental. Em seguida, todas as amostras das inflorescências (haste, espata e espádice), folhas, raízes e rizomas foram acondicionadas em sacos de papel permeável, devidamente etiquetados e secadas em estufa de circulação forçada, com temperatura de 65°C a 70°C, até o peso constante, realizando-se a determinação da matéria seca.

Após a secagem, procedeu-se também à moagem para posterior análise química, determinando-se os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Zn e Mn, seguindo os métodos descritos por Malavolta, Vitti & Oliveira (1997).

#### **2.1.4 Análise estatística**

Para as variáveis referentes às análises químicas os resultados observados foram submetidos à análise de variância com auxílio do recurso PROC GLM do programa Statistical Analysis System (SAS, Institute, 1990) devido à ocorrência de parcelas perdidas. As médias foram estimadas utilizando-se o LS Means e o teste de médias foi realizado com o teste Tukey-Kramer, a 5% de probabilidade. Os dados referentes ao número de brotos e aos teores de P, K, Mn e Ca das raízes, Zn das folhas e K das inflorescências foram transformados por função logarítmica e os dados referentes a Ca na folha transformados por  $x^3/3$ .

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para as avaliações realizadas nas plantas cultivadas com omissão individual de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe e Mn, verificou-se que as deficiências nutricionais proporcionaram diferenças significativas entre os tratamentos. Não foi possível avaliar as plantas cultivadas com omissão de Cu e Zn, pois ocorreu contaminação da solução e conseqüente perda dos tratamentos.

#### **3.1 Avaliações agronômicas**

Como podem ser observadas na Tabela 2, as omissões de fósforo, enxofre, cálcio, nitrogênio e boro foram os tratamentos que mais afetaram o desenvolvimento das plantas. Verificou-se que a ausência desses elementos proporcionou crescimento significativamente reduzido, detectado a partir da menor altura das plantas.

TABELA 2. Número, comprimento e largura de folhas, altura, número de brotos e número de folhas nos brotos em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução completa e com omissão de nutrientes. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Tratamento	Número de folhas	Comprimento de folha (cm)	Largura de folha (cm)	Altura (cm)	Número de brotos*	Nº de folhas por broto
Completa	5,50 a	16,78 a	11,25 abcd	17,88 ab	13,60 abc	54,25 a
-N	3,75 abc	11,95 ab	8,40 cde	7,63 f	7,54 c	1,50 g
-P	1,30 cd	11,82 ab	7,70 de	13,61bcdef	13,20 abc	27,19 bcdef
-K	3,50 abcd	14,18 ab	10,48 abcd	18,85 ab	8,58 bc	25,00 def
-Ca	1,00 d	-	-	11,00 cdef	12,68 abc	17,75 ef
-Mg	5,00 ab	16,73 a	13,03 a	22,70 a	12,81 abc	42,25 ab
-S	6,00 a	10,00 b	5,28 e	10,63 def	13,87 ab	25,00 cdef
-B	2,75 bcd	13,90 ab	9,25 bcd	8,38 ef	19,11 a	12,25 fg
-Fe	5,75 a	17,33 a	12,40 ab	20,95 ab	14,01 b	50,25 a
-Mn	5,00 ab	15,08 ab	11,10 abcd	19,23 ab	12,55 abc	46,50 a

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey-Kramer a 5 % de probabilidade.

\*Apesar da realização da transformação dos dados, são apresentados os dados reais referentes a número de brotos.

O número de folhas formadas, para plantas cultivadas em solução com omissão de ferro, enxofre, nitrogênio, potássio e manganês, não foi alterado, igualando-se às plantas cultivadas na solução completa (Tabela 2). O número de folhas foi bastante afetado pela omissão de cálcio, que é um elemento necessário na regulação e ação dos fitormônios. De acordo com Bergmann (1992), os íons de cálcio e o ácido indolacético influenciam a diferenciação e alongamento das células. Assim, são necessários, para a divisão celular, a formação da parede celular e o alongamento das células nos tecidos meristemáticos e não podem ser substituídos em sua função por outro íon. A importância do cálcio nos tecidos meristemáticos explica a interrupção da emissão de folhas em plantas de copo-de-leite deficientes desse nutriente. Também, a omissão de boro, de fósforo e de potássio afetou a formação de novas folhas.

As principais funções do fósforo são de armazenar e transferir energia, principalmente na forma de ATP. Por isso, Malavolta (1980) relata que o fósforo

é um elemento importante na síntese de proteínas e sua carência acarreta um menor crescimento vegetal. Bergmann (1992) e Epstein & Bloom (2004) descrevem o crescimento atrofiado como um dos sintomas de deficiência de nitrogênio, fósforo e enxofre.

Os dados de crescimento obtidos neste trabalho a partir das análises agronômicas de copo-de-leite foram confirmados pela descrição de outros autores. Dessa forma, Barroso et al. (2005) também observaram redução drástica do crescimento de plantas de teca (*Tectona grandis*) cultivadas com omissão de cálcio; Prado & Leal (2006) verificaram menor crescimento em girassol com deficiência de nitrogênio, fósforo e cálcio e Dechen & Nachtigal (2006) relatam que a omissão de boro proporciona redução do crescimento e deformações nas zonas de crescimentos, decorrentes da não diferenciação de células novas em condições de deficiência desse nutriente.

Avaliando a qualidade das folhas produzidas, verificou-se que a ausência de enxofre proporcionou menores dimensões, tanto no comprimento quanto na largura (Tabela 2), à semelhança dos resultados obtidos por Salvador, Moreira & Muraoka (1998) que observaram redução das dimensões das folhas de goiabeira cultivadas com omissão de enxofre. Bergmann (1992) também afirma que as folhas das plantas cultivadas com omissão de enxofre são pequenas e mais estreitas. Não foi possível avaliar as dimensões das folhas das plantas deficientes de cálcio as quais apresentaram necrose nos bordos.

A omissão de nitrogênio afetou bastante o desenvolvimento das plantas, as quais apresentaram o menor número de brotações e número de folhas por broto, quando comparadas às plantas dos demais tratamentos. Sabe-se que o nitrogênio é um elemento essencial e que, além de participar da composição da molécula de clorofila, atua também na síntese de proteínas (Raij, 1991). Bergmann (1992) relata que, devido à sua função, a deficiência de nitrogênio está diretamente relacionada à redução da taxa de crescimento longitudinal e à

inibição do desenvolvimento dos brotos. A redução do perfilhamento em consequência da deficiência de nitrogênio é também relatada por Malavolta (2006).

O desenvolvimento vegetativo consiste, principalmente, do crescimento em altura, da formação de folhas, caules e raízes, sendo tais processos dependentes da integridade dos tecidos meristemáticos. Os tecidos meristemáticos têm um metabolismo de proteínas e síntese de ácidos nucléicos bastante ativos, o que justifica o menor desenvolvimento das plantas de copo-de-leite cultivadas com omissão de boro, enxofre, fósforo e nitrogênio, elementos essenciais para a realização dessas atividades (Mengel & Kirkby, 1982). O enxofre e o nitrogênio são constituintes de proteínas; o boro participa da síntese de proteínas e o fósforo está presente e participa da síntese de ácidos nucléicos e da síntese de proteínas (Mengel & Kirkby, 1982; Marschner, 1995; Malavolta, 2006).

As plantas cultivadas com omissão de boro, mesmo com menor crescimento e produção de folhas, apresentaram número de brotos semelhante à testemunha (Tabela 2). Dessa forma, pode-se inferir que ocorreu uma superbrotação nesse tratamento. Bergmann (1992) descreve que, por causa da perda da dominância apical, ocorre aumento do desenvolvimento de brotos, confirmando os resultados observados em plantas de copo-de-leite.

Ocorreu diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis referentes à massa seca das plantas. Com exceção do magnésio, do manganês e do ferro, verificou-se que todos os tratamentos com omissão de nutrientes apresentaram produção de matéria seca inferiores à do tratamento completo. Observa-se, pelos dados da Tabela 3, que as deficiências nutricionais que mais afetaram a massa seca das plantas foram as de nitrogênio, boro, cálcio e enxofre. As omissões de nitrogênio e boro proporcionaram redução mais acentuada da massa seca das folhas, raízes e rizomas.

TABELA 3. Massa seca de folha, rizoma e raiz de plantas de copo-de-leite cultivado em solução completa e com omissão de nutrientes. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Tratamento	Massa seca (g)		
	Folhas	Rizoma	Raiz
Completo	31,48 a	34,31 abc	10,34 a
-N	3,68 g	6,36 i	2,61 gh
-P	20,61 bcd	23,02 cdefgh	7,87 bcdef
-K	19,56 cd	16,34 fghi	5,94 ef
-Ca	17,64 de	15,53 hi	7,20 cdef
-Mg	28,99 ab	19,62 efgh	6,83 def
-S	9,53 efg	19,92 defgh	5,36 f
-B	5,60 fg	16,02 ghi	1,32 h
-Fe	35,14 a	27,35 bcde	11,16 a
-Mn	31,19 a	38,24 a	10,69 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey-Kramer, a 5% de probabilidade.

Veloso et al. (1998) e Barroso et al. (2005) também verificaram menor produção de massa seca em plantas de pimenta-do-reino e teca (*Tectona grandis*), quando cultivadas com omissão de nitrogênio. Jasmin, Monnerat & Rosa (2002) descrevem que a adubação nitrogenada favorece o aumento da produção de massa seca das culturas anuais e perenes. Assim, é possível justificar que a deficiência de nitrogênio interfere na produção de massa seca das plantas, como ocorreu em copo-de-leite. Também observa-se, na Tabela 3, que ausência de cálcio e enxofre proporcionou redução da massa seca dos rizomas e folhas.

A produção e a qualidade das inflorescências de copo-de-leite durante o período experimental foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 4). Plantas

deficientes em boro não produziram inflorescências, concordando com a descrição de Dechen & Nachtigall (2006). Segundo esses autores, geralmente, a deficiência de boro afeta o florescimento das plantas ocasionando abortamento floral. Malavolta (2006) caracteriza a malformação ou interrupção do florescimento como um sintoma típico de deficiência de boro. A ausência de nitrogênio impediu o florescimento de plantas de copo-de-leite, sintoma semelhante ao que ocorre com violeta-africana (*Saintpaulia ionantha*) quando submetida à deficiência severa desse nutriente (Bergmann, 1992). Também, plantas de bico-de-papagaio (*Euphorbia pulcherrima*) cessam o desenvolvimento de brácteas em situação de deficiência de nitrogênio (Bergmann, 1992), como sugerido por Epstein & Bloom (2004), os quais relatam que a disponibilidade de nitrogênio geralmente limita a produtividade das plantas.

O número de inflorescências foi bastante reduzido nas plantas cultivadas em solução com omissão de S ou P ou Ca, tendo sido produzidas, durante todo o período experimental, médias de 1,25; 1,75 e 2,0 inflorescências por planta, respectivamente. Malavolta (2006) descreve a ocorrência de redução do florescimento como um dos sintomas de deficiência de enxofre e o retardamento da emissão floral como um dos sintomas de deficiência de fósforo nas plantas (Tabela 4). Segundo Bergmann (1992), o fósforo tem uma importante função no desenvolvimento reprodutivo das plantas e, em sua deficiência, ocorre atraso na emissão floral e inibição da divisão celular.

O cultivo de plantas em soluções com omissões de Mn, Fe, Mg ou K não afetou a emissão de inflorescências, igualando-se às produzidas pela testemunha em solução completa.

Analisando-se o comprimento das hastes das inflorescências formadas, verificou-se que as plantas cultivadas em solução com omissões de cálcio e manganês apresentaram os maiores valores, em média 26,56 e 25,68 cm,

respectivamente, superiores até mesmo às produzidas em solução completa, que mediram, em média, 21,24 cm (Tabela 4).

TABELA 4. Comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), largura da espata (LE), comprimento da espata (CE), matéria seca da inflorescência (MS), número de inflorescências de copo-de-leite cultivada em solução completa e com omissão de nutrientes. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Tratam.	Nº de inflorescências	Comprimento da haste (cm)	Diâmetro da haste (cm)	Largura da espata (cm)	Comprimento da espata (cm)	Massa seca (g)
Completo	3,00 abc	21,24 b	0,83 abc	9,35 a	9,79 a	1,55 a
-P	1,75 cd	21,33 b	0,92 a	8,48 a	9,33 ab	1,36 a
-K	3,00 abc	19,50 b	0,70 bc	6,97 a	7,43 b	0,83 b
-Ca	2,00 bcd	26,58 a	0,79 abc	8,55 a	8,76 ab	1,25 a
-Mg	3,00 abc	20,25 b	0,85 abc	8,31 a	8,85 ab	1,24 a
-S	1,25 d	12,01 c	0,68 c	3,44 b	4,54 c	0,65 b
-Fe	3,50 ab	22,05 b	0,88 ab	8,55 a	9,20 ab	1,54 a
-Mn	4,00 a	25,68 a	0,85 abc	9,36 a	9,76 a	1,56 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey-Kramer, a 5% de probabilidade.

Plantas cultivadas em solução com omissão de manganês produziram maior número de inflorescências com maior comprimento da haste e dimensões da espata semelhantes à solução completa. Pode-se inferir que as plantas de copo-de-leite são pouco exigentes nesse nutriente ou armazenaram reservas durante a fase de adaptação na solução completa para emissão floral.

Plantas cultivadas em solução com deficiência de enxofre apresentaram as hastes com comprimento bastante reduzido. A deficiência de enxofre também proporcionou o desenvolvimento de inflorescências com hastes mais finas e espata com menores valores de comprimento e largura. Bergmann (1992) relata que as hastes das plantas cultivadas com omissão de enxofre são mais finas e

apresentam o crescimento longitudinal afetado pela deficiência. A largura das espata, de maneira geral, foi afetada apenas pela omissão de enxofre (Tabela 4).

Apesar da deficiência de potássio não ter influenciado significativamente os valores referentes às características qualitativas das inflorescências, a produção de massa seca foi afetada pela omissão desse nutriente, não diferindo das inflorescências cultivadas com omissão de enxofre, que apresentaram valores de produção de massa seca bastante baixos. Furtini (2001) classifica o potássio como o “nutriente da qualidade” na produção vegetal. Como a massa seca das inflorescências de copo-de-leite apresentou-se bastante reduzida, pode-se inferir que ocorreu redução da qualidade dessa estrutura em plantas cultivadas com deficiência de potássio.

### **3.2 Concentração de macronutrientes**

Os valores médios dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S encontram-se na Tabela 5. Verifica-se que a análise das diferenças para variáveis referentes aos teores de nutrientes foram significativas, indicando que a ausência dos nutrientes influencia tanto nos teores dos elementos omitidos quanto os demais resultados.

TABELA 5. Teor médio de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) nas folhas, rizomas, raízes e inflorescências de copo-de-leite cultivadas em solução completa e com omissão de nutrientes. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
Folha						
Completa	32,91 b	3,67 b	25,65 b	22,02 ab	3,84 bc	2,89 b
- N	50,41 ab	4,91 ab	25,80 b	8,29 b	6,82 a	2,80 bc
- P	32,30 b	1,45 b	102,49 a	15,54 b	1,87 c	2,75 bc
- K	44,09 ab	5,95 ab	9,60 b	21,94 ab	5,20 ab	2,81 b
- Ca	30,05 b	4,15 b	100,75 a	7,90 b	6,93 a	4,58 a
- Mg	33,89 b	6,43 a	23,70 b	27,58 a	1,30 c	2,06 c
- S	57,52 a	5,46 ab	25,80 b	17,85 b	2,63 bc	0,78 d
- B	40,10 b	4,60 ab	25,65 b	21,89 ab	1,88 b	3,31 b
- Fe	27,88 b	3,58 b	26,40 b	25,61 ab	4,38 b	3,15 b
- Mn	27,42 b	3,68 b	25,80 b	24,24 ab	4,05 b	2,76 bc
Rizoma						
Completa	37,03 c	4,52 b	5,40 c	7,64 bc	1,70 a	2,00 b
- N	35,63 c	4,58 b	7,20 bc	0,65 d	1,99 a	1,35 c
- P	41,94 bc	0,79 c	6,48 bc	4,86 cd	0,86 a	2,13 b
- K	73,02 a	8,24 a	1,05 d	5,20 c	2,05 a	2,82 ab
- Ca	54,57 b	8,59 a	9,14 bc	0,05 d	2,60 a	2,99 a
- Mg	45,34 bc	4,22 b	40,80 a	22,27 a	0,81 a	1,76 bc
- S	44,96 bc	6,82 ab	3,75 cd	3,68 cd	1,34 a	0,77 c
- B	41,12 bc	6,91 ab	9,15 b	1,86 d	1,18 a	2,20 b
- Fe	41,02 bc	5,07 b	6,15 c	10,07 b	1,97 a	1,97 bc
- Mn	32,83 c	5,27 b	40,20 a	9,41 b	2,20 a	1,70 bc
Raiz						
Completa	30,26 c	1,25 b	2,92 b	2,72 ab	7,47 ab	2,40 b
- N	38,52 b	1,79 a	6,49 a	1,13 c	6,31 b	2,38 b
- P	29,02 c	1,15 b	6,75 a	2,23 b	7,43 ab	2,91 ab
- K	49,31 a	1,82 a	1,34 c	1,92 b	7,44 ab	3,61 a
- Ca	38,11 bc	1,58 ab	2,92 b	0,95 b	2,25 c	3,87 a
- Mg	36,66 bc	1,57 ab	2,51 b	2,69 ab	2,59 c	0,83 c
- S	41,15 b	1,99 a	7,54 a	2,03 b	6,29 b	1,34 c
- B	38,04 bc	1,68 ab	5,70 a	2,18 b	5,04 bc	2,64 b
- Fe	29,76 c	1,11 b	2,27 bc	3,00 a	9,83 a	1,30 c
- Mn	27,51 c	1,70 ab	2,92 b	2,97 a	10,14 a	0,93 c
Inflorescência						
Completa	31,64 b	4,24 c	4,35 ab	8,70 c	2,11 c	1,90 ab
- P	32,20 b	2,77 d	5,05 a	7,84 cd	1,82 c	1,99 ab
- K	49,64 a	6,07 a	3,71 b	5,59 d	2,39 c	2,37 a
- Ca	33,12 b	5,20 b	4,81 ab	1,75 e	3,91 a	2,20 a
- Mg	31,31 b	1,22 e	2,36 c	16,19 a	1,16 d	1,37 b
- S*	59,23	5,43	74,40	11,57	2,17	1,87
- Fe	33,32 b	4,39 bc	4,90 a	8,69 c	2,18 c	2,03 a
- Mn	30,27 b	1,10 e	1,92 c	13,25 b	3,25 b	1,40 b

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não apresentam diferença significativa, a 5 % de probabilidade pelo teste Tukey -Kramer.

\*Média de apenas uma amostra

Apesar da realização da transformação dos dados, são apresentados os dados reais referentes a teores de Ca em folha, P, K e Ca em raiz e K em inflorescência.

### **Deficiência de nitrogênio**

Plantas cultivadas com omissão de nitrogênio não apresentaram diferença significativa nos teores desse elemento em nenhuma parte da planta, comparando-se à solução completa (Tabela 5). As plantas cultivadas na solução completa, mesmo não sendo detectada diferença estatística, apresentaram maiores dimensões das folhas (Tabela 2) e maiores valores das demais características agronômicas avaliadas (Tabela 3). Assim, esse resultado pode ser explicado por Salvador, Moreira & Muraoka, (1998). Segundo esses autores, à medida que as folhas crescem, há uma diluição dos teores, diminuindo a concentração de nutrientes. Com base nesse princípio, acredita-se que a concentração equilibrada de nitrogênio decorrente da carência desse elemento esteja relacionada a esse efeito. Plantas cultivadas em solução com omissão de nitrogênio apresentaram-se bastante pequenas, mas com teor normal desse elemento, mesmo com sintoma de deficiência.

Barroso et al. (2005) também observaram alto teor de nitrogênio na parte aérea das plantas cultivadas com omissão desse nutriente, explicado pela concentração de reservas durante o período de condução do experimento. Além disso, a matéria seca do tratamento com omissão de nitrogênio foi bastante reduzida, o que demonstra menor acúmulo desse nutriente, comparado às plantas cultivadas na solução completa (Tabela 3).

Para os demais macronutrientes, verificou-se que a deficiência de nitrogênio proporcionou aumento significativo do teor de magnésio das folhas, redução dos teores de enxofre e cálcio dos rizomas, aumento dos teores de fósforo e potássio na raiz e redução de cálcio também na raiz (Tabela 5). A omissão de nitrogênio também proporcionou redução do teor de enxofre nas raízes e caule em plantas de freijó (*Cordia goeldiana*) (Frazão, 1985), aumento do teor de fósforo nas plantas de pimenteira-do-reino (Veloso et al., 1998) e

candeia (Venturin et al., 2005) e a redução do teor de cálcio em plantas de teca (*Tectona grandis*) (Barroso et al., 2005).

### **Deficiência de fósforo**

Com a omissão de fósforo observa-se que o teor desse elemento no rizoma e na inflorescência apresentou-se menor que a testemunha. Apesar de não ter ocorrido diferença significativa nas folhas e no rizoma, do ponto de vista da nutrição mineral de plantas, o teor de fósforo também se apresentou menor que a testemunha (Tabela 5).

Observando-se o teor dos demais nutrientes na Tabela 5, verificou-se que ocorreu aumento significativo no potássio nas folhas, raízes e inflorescências nas plantas cultivadas com deficiência de fósforo. Frazão (1985) também observou esse efeito nos ramos e folhas de freijó (*Cordia goeldiana*).

### **Deficiência de potássio**

Como pode ser observado nos dados da Tabela 5, o tratamento com omissão de potássio proporcionou redução dos teores desse elemento nos rizomas e nas raízes. Os teores de potássio nas folhas e nas inflorescências de copo-de-leite não diferiram das plantas cultivadas na solução completa.

Verificando-se o efeito da omissão de potássio nos teores dos demais nutrientes, foi possível detectar que ocorreu aumento nos teores de fósforo e nitrogênio no rizoma, raiz e folha. Além disso, observou-se aumento do teor de enxofre no rizoma e redução do teor de cálcio na inflorescência. Veloso et al. (1998), da mesma forma, detectaram maiores teores de nitrogênio e fósforo em plantas de pimenteira-do-reino cultivadas em ausência de potássio. Terra (1983) também observou aumento do teor de fósforo em plantas de videira cultivadas com omissão de potássio.

### **Deficiência de cálcio**

O tratamento com ausência de cálcio proporcionou redução significativa dos teores desse elemento tanto no rizoma quanto nas inflorescências. Para os teores de cálcio nas folhas e raízes, verificou-se uma redução bastante expressiva (Tabela 5). Silveira et al. (2002) também não observaram redução estatisticamente significativa do teor de cálcio em mudas de *Eucalyptus* cultivadas com omissão desse nutriente. Vitti et al. (2006) afirmam que é muito comum folhas tomateiro cultivado com deficiência de cálcio, apresentarem teores normais desse nutriente, enquanto o fruto se mostra deficiente devido à pequena translocação e ao transporte unidirecional do Ca no xilema. Entretanto, as inflorescências de copo-de-leite, apesar de apresentarem teor de cálcio significativamente menor que os demais tratamentos, não apresentaram sintomas visíveis de deficiência nutricional nas características agronômicas analisadas (Tabela 4).

A omissão de cálcio proporcionou um aumento no teor de magnésio na folha e na inflorescência e diminuição desse elemento nas raízes. Esse efeito foi também observado por Yeh, Lin & Wright (2000) em *Spathiphyllum* e por Venturin et al. (2005) em plantas de candeia (*Eremanthus erythropappus*). Verificou-se também aumento no teor de enxofre nas folhas, rizomas e raízes, e nos teores de potássio e fósforo nas folhas e rizomas, respectivamente (Tabela 5). Malavolta (2006) justifica o aumento do teor de potássio nas plantas pelo efeito da inibição competitiva entre esse elemento e o cálcio. De acordo com o autor, entre o nutriente cálcio e o potássio pode ocorrer a inibição, ou seja, altas concentrações de cálcio no meio inibem a absorção de potássio. Como as plantas de copo-de-leite foram cultivadas com ausência de cálcio, pode-se inferir que a absorção de potássio foi então favorecida. Terra (1983) verificou aumento do teor de potássio nas folhas de videira e Utumi (1994), no caule de estêvia cultivadas com omissão de cálcio. Frazão (1985) também observou aumento do

teor de fósforo em plantas de feijão (*Cordia goeldiana*) com deficiência de cálcio.

### **Deficiência de magnésio**

Plantas cultivadas com omissão de magnésio apresentaram redução do teor desse nutriente nas raízes e inflorescências de copo-de-leite. De acordo com a Tabela 5, observa-se que o teor de magnésio na folha e no rizoma das plantas cultivadas em solução com deficiência desse elemento não diferiu dos observados para plantas cultivadas em solução completa. Entretanto, pela análise nutricional, houve redução desse teor.

Analisando-se os demais nutrientes verificou-se que o teor de fósforo foi aumentado nas folhas, mas reduzido nas inflorescências das plantas. Também detectou-se pela análise química, aumento no teor de enxofre das folhas e raízes, e de cálcio nas folhas, rizomas e inflorescências. Para o teor de potássio, verificou-se aumento desse elemento apenas no rizoma (Tabela 5). O aumento dos teores de potássio e cálcio pode ser explicado pela inibição competitiva que ocorre entre esses elementos e o magnésio no processo de absorção, concordando com os resultados observados por Yeh, Lin & Wright (2000) em plantas de *Spathiphyllum*. Câmara (1990) também observou aumento do teor de enxofre em plantas de mandioquinha-salsa cultivadas com omissão de magnésio.

### **Deficiência de enxofre**

A omissão de enxofre resultou na redução do teor desse elemento na folha, rizoma e raiz de plantas de copo-de-leite. Esses dados concordam com Vitti et al. (2006) que descrevem que a concentração de enxofre é bastante baixa em plantas deficientes desse nutriente (Tabela 5).

Não foi possível realizar a análise estatística do teor de enxofre nas inflorescências as quais se apresentaram de tamanho bastante reduzido,

resultando em apenas uma amostra útil com a média de todas as repetições (Tabela 5). Os dados são então apenas apresentados.

Na ausência de enxofre, as plantas de copo-de-leite apresentaram aumento do teor de nitrogênio na folha e de fósforo e potássio na raiz (Tabela 5). O aumento do teor de nitrogênio em plantas de copo-de-leite confirma os resultados obtidos por Veloso et al. (1998) em pimenteira-do-reino.

### **Deficiência de boro**

Em ausência de boro, verificou-se redução do teor de cálcio no rizoma e aumento de potássio na raiz de plantas de copo-de-leite (Tabela 5). Da mesma forma, Salvador, Moreira & Muraoka (1999) e Lange et al. (2005) observaram redução do teor de cálcio em plantas de goiabeira e mamona, respectivamente, cultivadas com omissão de boro. Malavolta, Vitti & Oliveira, (1997) relatam que a deficiência de boro reduz a atividade da ATPase e, em consequência, a disponibilidade de energia necessária à absorção ativa, podendo reduzir a absorção de cálcio.

### **Deficiência de ferro**

A deficiência de ferro resultou no aumento do teor de K no rizoma e nas inflorescências. Além disso, verificou-se redução no teor de enxofre na raiz (Tabela 5).

### **Deficiência de manganês**

Plantas cultivadas com omissão de manganês apresentaram aumento do teor de potássio do rizoma, aumento do teor de magnésio e cálcio das inflorescências, redução do teor de fósforo também das inflorescências e redução do teor de enxofre da raiz (Tabela 5). Entre o cálcio e o manganês e o manganês e o magnésio também ocorre inibição competitiva (Malavolta, 2006),

explicando os maiores teores desses de cálcio e magnésio nas inflorescências de copo-de-leite no tratamento com ausência de manganês.

### **3.3 Concentração de micronutrientes**

Como podem ser observados na Tabela 6, os valores médios dos teores de micronutrientes foram influenciados pelos tratamentos estudados referentes à omissão de nutrientes da solução nutritiva.

#### **Deficiência de nitrogênio**

A partir da análise estatística foi possível detectar que plantas de copo-de-leite cultivadas com omissão de nitrogênio apresentaram, nas raízes, teores de boro e manganês significativamente maiores que os demais tratamentos. Observou-se menor teor de zinco também das raízes (Tabela 6). Silveira et al. (2002) também verificaram aumento do teor de boro nas folhas das plantas de *Eucalyptus* e Venturin et al. (2005) em plantas de candeia cultivadas com omissão de nitrogênio. Também, Frazão (1985) observou aumento do teor de manganês em folhas de feijó (*Corida goeldiana*).

TABELA 6. Teor médio de micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) nas folhas, rizomas, raízes e inflorescências de copo-de-leite cultivadas em solução completa e com omissão de nutrientes. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Tratamento	B	Fe	Mn	Zn	Cu
Folha					
Completa	41,57 bc	122,84 b	129,25 b	210,61 ab	10,19 ab
- N	46,90 bc	96,88 b	177,15 ab	104,58 bc	10,86 ab
- P	61,75 ab	185,20 ab	251,30 a	177,68 ab	11,92 ab
- K	66,26 ab	112,97 b	166,95 ab	270,43 a	14,06 a
- Ca	81,33 a	249,92 a	244,12 a	134,29 b	8,81 b
- Mg	42,55 bc	153,69 b	157,54 ab	284,29 a	11,48 ab
- S	57,13 b	94,94 b	181,13 ab	67,36 c	8,83b
- B	27,60 c	91,80 b	83,94 bc	56,26 c	8,39 ab
- Fe	49,68 bc	120,27 b	154,14 b	212,72 ab	10,72 ab
- Mn	40,78 c	126,41 b	30,80 c	217,02 ab	9,48 b
Rizoma					
Completa	12,91 ab	144,86 cd	46,62 bc	89,69 c	11,18 b
- N	7,35 b	83,42 d	62,09 b	101,26 bc	8,66 b
- P	15,50 a	147,83 cd	58,42 b	74,75 cd	12,05 ab
- K	9,44 b	175,85 c	46,87 bc	133,04 a	16,10 a
- Ca	11,09 ab	158,93 cd	86,87 a	118,25 ab	11,71 b
- Mg	11,75 ab	425,30 a	59,07 b	123,17 ab	8,93 b
- S	6,92 b	87,44 d	50,53 bc	42,45 e	10,87 b
- B	5,36 b	90,80 d	30,62 c	68,20 d	9,86 b
- Fe	12,43 ab	77,21 d	51,17 b	109,66 b	13,82 ab
- Mn	9,46 b	329,05 b	14,19 d	89,24 c	9,55 b
Raiz					
Completa	31,59 b	980,44 b	7,32 b	141,81 b	23,00 b
- N	45,25 a	1629,38 ab	12,18 a	51,23 c	21,56 b
- P	44,20 ab	436,60 b	5,70 b	108,52 bc	31,98 ab
- K	36,15 ab	2253,75 a	9,58 ab	178,58 ab	49,37 a
- Ca	40,41 ab	1214,83 b	5,58 b	107,52 bc	48,25 a
- Mg	30,80 b	1548,75 ab	5,99 b	189,81 a	23,57 b
- S	46,40 a	1442,81 ab	9,30 ab	36,70 c	10,02 b
- B	38,72 ab	979,50 b	11,59 a	62,69 c	10,17 b
- Fe	29,18 b	471,44 b	7,03 b	135,40 b	21,32 b
- Mn	26,15 b	1183,13 b	3,42 c	151,07 ab	14,12 b
Inflorescência					
Completa	59,37 a	51,31 b	77,82 bc	51,82 b	5,88 b
- P	53,24 a	76,98 a	104,78 a	66,01 b	8,65 b
- K	59,54 a	75,89 a	62,72 c	97,83 a	16,65 a
- Ca	63,33 a	64,24 ab	112,40 a	62,57 b	8,04 b
- Mg	55,31 a	75,95 a	73,14 bc	58,22 b	8,40 b
- S*	64,43	58,53	152,37	51,45	8,70
- Fe	58,44 a	62,85 ab	94,45 ab	62,53 b	7,86 b
- Mn	59,36 a	67,55 ab	17,12 d	60,45 b	8,69 b

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não apresentam diferença significativa, a 5 % de probabilidade, pelo teste Tukey-Kramer.

\*Média de apenas uma amostra

Apesar da realização da transformação dos dados, são apresentados os dados reais referentes a teores de Mn em raiz e Zn em folha.

### **Deficiência de fósforo**

Para as variáveis referentes aos teores de micronutrientes em plantas de copo-de-leite, verificou-se que o tratamento com deficiência de fósforo proporcionou redução do teor de manganês tanto nas folhas quanto nas inflorescências (Tabela 6). Esse resultado foi contrário ao obtido por Terra (1983), que observou aumento do teor de manganês nas folhas e caules de videira em deficiência de fósforo.

### **Deficiência de potássio**

Observou-se aumento dos teores de zinco e cobre no rizoma e nas inflorescências de plantas de copo-de-leite cultivadas com omissão de potássio. Também verificaram-se maiores teores de cobre e ferro nas raízes das plantas submetidas a esse tratamento (Tabela 6). Barroso et al. (2005) também observaram que plantas de teca (*Tectona grandis*) cultivadas com omissão de potássio apresentaram aumento da concentração de ferro nas raízes. Da mesma forma, Camargos (1999) observaram menores teores de cobre no caule de mudas de castanheira-do-Brasil deficientes de potássio.

### **Deficiência de cálcio**

A omissão de cálcio no cultivo de copo-de-leite resultou no aumento dos teores de ferro e boro nas folhas, aumento do teor de manganês nas folhas, rizomas e inflorescências, aumento dos teores de zinco nos rizomas e cobre nas raízes (Tabela 6). Igualmente, Câmara (1990) verificou aumento do teor de ferro e manganês em plantas de mandioquinha-salsa cultivadas com omissão de cálcio.

### **Deficiência de magnésio**

A omissão de magnésio aumentou significativamente o teor de zinco e de ferro nos rizomas e de zinco nas raízes (Tabela 6). Pode-se inferir que o aumento do teor de zinco deve-se à inibição competitiva, descrita por Malavolta, Vitti & Oliveira (1997), que ocorre entre o magnésio e o zinco. Assim, na ausência de magnésio, a absorção de zinco é facilitada, o que acarreta no aumento do teor desse elemento nas plantas, confirmando os resultados obtidos por Barroso (2005), analisando plantas de teca (*Tectona grandis*).

### **Deficiência de enxofre**

Plantas cultivadas com ausência de enxofre apresentaram redução do teor de zinco tanto na raiz quanto nas inflorescências de copo-de-leite. Além disso, verificou-se aumento do teor de boro na raiz (Tabela 6).

### **Deficiência de boro**

Os teores de boro nas folhas e rizomas de plantas de copo-de-leite cultivadas com omissão de boro apresentaram-se bastante reduzidos pela análise química, apesar de essa diferença não ter sido detectada pela análise estatística. Entretanto, o teor de boro na raiz apresentou-se bastante semelhante ao teor observado na solução completa (Tabela 6).

Para os demais nutrientes, é possível observar, pelos dados da Tabela 5, que o teor de zinco foi influenciado pela omissão de boro, apresentando-se reduzido na folha, rizoma e raiz. Verificou-se, ainda, o aumento do teor de manganês na raiz de plantas deficientes de boro. Silveira et al. (2002) verificaram aumento do teor de manganês em folhas de *Eucalyptus* cultivadas com omissão de boro.

### **Deficiência de ferro**

Mesmo não apresentando diferença significativa, verificou-se que o teor de ferro no rizoma e na raiz de copo-de-leite apresentou-se bastante reduzido quando comparado à solução completa (Tabela 6). Entretanto, as análises das folhas e inflorescências mostraram teores de ferro semelhantes aos da solução completa, à semelhança dos resultados obtidos por Harbaugh (1986), que também não observou redução do teor de ferro nas folhas de *Caladium x hortulanum* cultivadas com ausência desse elemento.

Entre os demais micronutrientes, verificou-se apenas o aumento significativo do teor de zinco do rizoma. Salvador, Moreira & Muraoka (1999) verificaram aumento do teor de zinco em folhas de goiabeira e Camargos (1999), em raízes de castanheira-do-brasil cultivadas com omissão de ferro.

### **Deficiência de manganês**

As plantas cultivadas com omissão de manganês apresentaram teor desse nutriente significativamente menor em todas as partes da planta, inclusive nas inflorescências (Tabela 6).

Dentre os micronutrientes, observou-se apenas o aumento do teor de ferro no rizoma nas condições experimentais estudadas. Entre o manganês e o ferro ocorre inibição no processo de absorção, o que justifica aumento do teor de ferro no rizoma de copo-de-leite na ausência de manganês (Malavolta, 2006). Entretanto, Lange et al. (2005) não observaram o efeito da inibição em plantas de mamona cultivadas em solução com omissão de manganês.

## **CONCLUSÕES**

- O desenvolvimento das plantas de copo-de-leite foi bastante afetado pelas deficiências nutricionais, podendo-se destacar as omissões de fósforo,

enxofre, cálcio, nitrogênio e boro, como as que proporcionaram menor crescimento das plantas.

- As deficiências de boro e nitrogênio inibiram o florescimento de plantas de copo-de-leite e a omissão de fósforo e enxofre reduziu o número de inflorescências emitidas. Além disso, as inflorescências apresentaram menor qualidade quando cultivadas com omissão de enxofre e potássio.
- A composição mineral de todas as partes da planta foi influenciada pela deficiência dos nutrientes.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. F. A.; PAIVA, P. D. O. **Floricultura 2: cultivo de copo-de-leite**. Lavras: UFLA, 2004. 28 p. Texto Acadêmico.

BARROSO, D.G.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. de.; PEREIRA, R. de C.; MENDONÇA, A.V. R.; SILVA, L. da C. 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: Gustav Fischer, 1992. 741 p.

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

CAMARGOS, S. L. **Diagnose de deficiência, teor e acúmulo de nutrientes em castanheira-do-Brasil**. 1999. 90 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CÂMARA, F. L. A. **Sintomatologia de carências de macronutrientes e boro em mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**. 1990. 66 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

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

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Tradução de NUNES, M.E.T. Londrina: Planta, 2004. 403 p.  
FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FRAZÃO, D. A. C. **Sintomatologia das carências de macronutrientes em casa de vegetação e recrutamento de nutrientes pelo freijó (*Corida goeldiana*) aos 2, 3, 4 e 8 anos de idade implantado em latossolo amarelo distrófico, Belterra, Pará**. 1985. 194 p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A.de A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

HARBAUGH, B. Visual nutrient symptoms in *Caladium x hortulanum* Birdsey. **Journal of the American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 2, n. 111, p. 248-253, Mar. 1986.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: The College of Agriculture University of California, California Agricultural Experimental Station, 1939. 32p. (Circular, 347).

JACOBSON, L. Maintenance of Fe supply. **Plant physiology**, Rockville, v. 26, n. 2, p. 411-413, Mar./Apr. 1951.

JASMIN, J. M.; MONNERAT, P. H.; ROSA, R. C. C. Efeito da omissão de N, Ni, Mo, Co, e S sobre os teores de N e S em feijoeiro. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 967-975, out./dez. 2002.

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

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 254 p.

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

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

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1982. 655p.

NOWAK, J.; RUDNICKI, R. M. **Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plants**. Portland: Timber Press, 1990. 210 p.

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.

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

SALINGER, J. P. **Producción comercial de flores**. Zaragoza: Acribia, 1991. 371 p.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, R. Deficiência nutricional em mudas de goiabeira decorrente da omissão simultânea de dois macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n. 10, p. 1623-1631, out. 1998.

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

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT/SAS/IML software**: usage and reference: version 6. Cary, 1990. 501 p.

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

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artemd. 2004. 719 p.

TERRA, M. M. **Carência de macronutrientes afetando o crescimento, concentração, acúmulo e interação de nutrientes na videira CV ‘Niagara Rosada’, desenvolvida em solução nutritiva.** 1983. 221 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

UTUMI, M.M. **Deficiências minerais em estévia (*Stevia rebaudiana* (Bert) Bertoni): sintomas visuais, composição mineral, crescimento e produção de esteviosídeo.** 1994. 100 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VELOSO, C. A. C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; CARVALHO, J. G de. Diagnose de deficiências de macronutrientes em pimenteira-do-reino. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n.11, p.1889-1896, nov. 1998.

VENTURIN, N.; SOUZA, P. A. MACEDO, R. L. G.; NOGUEIRA, F. D. Adubação mineral em candeia (*Eremanthus erythropappus*). **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 211-219, maio/ago. 2005.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas.** Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 299-326.

YEH, D. M.; 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. 4, p. 223-233, July 2000.

## **CAPÍTULO IV**

### **EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE SILÍCIO NO DESENVOLVIMENTO E NA NUTRIÇÃO MINERAL EM PLANTAS DE COPO-DE-LEITE**

## RESUMO

ALMEIDA, Elka Fabiana Aparecida. Efeito de diferentes doses de silício no desenvolvimento e na nutrição mineral em plantas de copo-de-leite. 2007. p. 77-100. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Os estudos sobre o efeito do silício na produção de flores de corte ainda são bastante escassos. O silício pode afetar a produção vegetal por meio de várias ações indiretas, como melhorar arquitetura das plantas, com folhas mais eretas, diminuindo o auto-sombreamento e reduzir a incidência de patógenos. Assim, este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito silício no desenvolvimento da planta e na produção de inflorescências de copo-de-leite. Mudanças de copo-de-leite provenientes da micropropagação, depois de aclimatizadas, foram transplantadas para vasos de 7 dm<sup>3</sup> com substrato à base de LATOSSOLO VERMELHO, areia lavada e esterco bovino curtido, na proporção de 2:1:1. Após o transplante, as plantas receberam a adubação silicatada, via solo, utilizando-se as concentrações de 25, 50, 75 e 100 mg dm<sup>-3</sup> de silício, e uma testemunha que não recebeu essa adubação. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro repetições e três plantas por parcela, sendo uma planta por vaso. As plantas foram avaliadas quanto às características de desenvolvimento, produção de inflorescências e teores de nutrientes no solo, na folha e nas inflorescências. Não houve diferença entre os tratamentos para o desenvolvimento das plantas e a produção de inflorescências. As plantas de copo-de-leite não são acumuladoras de silício, entretanto, o teor desse elemento nas folhas foi aumentado com as doses de silicato de potássio fornecidas. A utilização de silicato de potássio aumenta o pH do solo e a absorção de enxofre. Assim, conclui-se que as plantas de copo-de-leite não respondem à adubação silicatada ou a concentração de silício utilizada pode ter sido insuficiente.

**Palavras chave:** *Zantedeschia aethiopica*, silicato de potássio, floricultura.

---

\* Comitê orientador: Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva – UFLA (Orientadora), Janice Guedes de Carvalho (Co-orientadora).

## ABSTRACT

ALMEIDA, Elka Fabiana Aparecida. Effect of different silicon contents on development and mineral nutrition of calla lily plants. Lavras: UFLA, 2007. p. 77-100. Thesis (Doctorate in Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG, Brazil. <sup>4</sup>.\*

Studies on the effect of silicon in cut flowers are not enough. The silicon can affect vegetal production by many indirect actions, like improving the plants architecture, with more erect leaves, decreasing the self shading, and decreasing the pathogens incidence. Thus, the aim of this present work was to evaluate the silicon in the plant development and yield of calla lily inflorescences. Micropropagated calla lily seedlings, after acclimatization, were transplanted to a 7 dm<sup>3</sup> pot with red oxisol, washed sand and manure as substrate, in the proportion of 2:1:1. After transplantation the plants received silicon fertilizer in soil with concentrations of 25, 50, 75 and 100 mg dm<sup>-3</sup> of silicon and a control which have not receive this fertilizer. It was a randomized block design with four replicate and three plants per plot. The plants were evaluated according to the development characteristics, inflorescence production and nutrient content in soil, in the leaves and in the inflorescences. There were no differences among the treatment for the development of the inflorescences production. Calla lily is not silicon accumulative, however the content of this element in the leaves was increased with the silicon concentrations given. The use of potassium silicate increases the pH of the soil and the absorption of sulfur. Silicon fertilizer did not influence the calla lily development or the silicon concentration used might have been insufficient.

**Key words:** *Zantedeschia aethiopica*, potassium silicon, floriculture.

---

\*Guidance Committee: Patrícia Duarte de Oliveira Paiva – UFLA (Advisor), Janice Guedes de Carvalho (Co-advisor).

## 1 INTRODUÇÃO

Os elementos minerais que estimulam o crescimento, mas não são essenciais, ou que são essenciais apenas para algumas espécies de plantas, ou sob condições específicas, são considerados elementos benéficos (Furlani, 2004). Esses elementos são importantes no crescimento e no desenvolvimento normal de algumas plantas, mas sua ausência não é considerada um fator limitante. Dentre os elementos considerados benéficos, pode-se destacar o silício (Korndörfer, 2006).

A essencialidade do silício foi demonstrada apenas para um pequeno número de espécies silicófilas, como *Equisetum arvense*. Mas, esse elemento favorece o desenvolvimento de outras espécies, estando normalmente associado à resistência das plantas a fatores bióticos e abióticos, como ataque de pragas e doenças e resistência ao estresse hídrico (Epstein & Bloom, 2004; Furlani, 2004; Korndörfer, 2006).

As plantas absorvem silício diretamente da solução do solo, o qual é transportado até as raízes, principalmente via fluxo de massa (Korndörfer 2006). As espécies de plantas diferem entre si quanto à absorção e ao acúmulo de silício e podem ser divididas em dois grupos: acumuladoras e não acumuladoras. As acumuladoras incluem as gramíneas, como o arroz, as quais contêm de 10% a 15% de SiO<sub>2</sub> na matéria seca. Esse grupo inclui também alguns cereais, cana-de-açúcar e poucas eudicotiledôneas, com teores bem mais baixos, na ordem de 1% a 3%. As não acumuladoras, geralmente, são eudicotiledôneas, com teores menores que 0,5% de SiO<sub>2</sub> (Faquin, 2005).

Os efeitos benéficos da absorção e da acumulação de silício, em geral, estão relacionados às funções estruturais e à defesa das plantas, isto é, o silício pode afetar a produção vegetal por meio de várias ações indiretas, como a melhor arquitetura das plantas (folhas mais eretas) e, assim, diminuir o auto-sombreamento, redução do acamamento, aumentando a rigidez estrutural dos

tecidos, amenizando a toxidez de Fe, Mn, Al, e Na e diminuindo a incidência de patógenos (Korndörfer, 2006). Esses efeitos benéficos são possíveis porque o silício é depositado nas paredes das células dos vasos do xilema, o que confere rigidez e resistência, importante na prevenção da compressão dos vasos sob elevada taxa de transpiração, do acamamento das plantas e, também, da invasão de patógenos e parasitas no córtex (Furlani, 2004).

Segundo Korndörfer (2006), em solos pobres em silício disponível, o uso de silicatos, geralmente, eleva o teor de silício nas plantas, resultando em aumentos de produtividade, principalmente em gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, milheto, sorgo, trigo, aveia, milho, etc.), mas também em outras espécies, como soja, feijão, alface, pepino e morango. Entretanto, há resultados divergentes sobre a produtividade das plantas em função da adubação silicatada, com relatos de incremento na produtividade de grãos em arroz (Barbosa Filho et al., 2001) e ausência de resposta também para a cultura do arroz (Silva & Bohenen, 2001, Mauad et al., 2003) e tomateiro (Lana et al., 2003; Pereira et al., 2003).

Muitos estudos têm demonstrado outros benefícios da utilização do silício, que também interferem indiretamente no aumento da produtividade, como redução do efeito tóxico do alumínio em cevada (Liang et al., 2001), milho (Corrales et al., 1997, Ma et al., 1997) e teosinte (*Zea Mays* spp.) (Barcelo et al., 1993) e aumento da tolerância à salinidade em plantas de cevada (Liang et al., 1996).

Os estudos sobre o efeito do silício no segmento da Floricultura ainda são bastante restritos. Rodrigues (2006) avaliou diferentes doses de silício fornecidas por meio da fertirrigação para crisântemo e observou a produção de mudas de melhor qualidade quando a dose  $37,5 \text{ mg L}^{-1}$  foi utilizada.

Devido aos benefícios observados para outras espécies, é necessário avaliar o efeito do silício no desenvolvimento das plantas e na qualidade das

flores produzidas, principalmente para espécies que apresentam importância comercial, como o copo-de-leite.

O copo-de-leite é uma das flores de corte mais tradicionalmente apreciadas no Brasil. Simboliza a pureza e, por isso, é bastante utilizado na composição de arranjos florais, principalmente em decorações de casamentos (Almeida & Paiva 2004). Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adubação silicatada no desenvolvimento e produção de inflorescências de copo-de-leite, bem como os teores de Si e dos demais nutrientes no solo e na planta.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, MG, no período de junho de 2006 a janeiro de 2007. O município de Lavras situa-se sob as coordenadas geográficas 21°14'30"S e 45°00'10"W, altitude de 918 m e precipitação média anual de 1.529,7 mm (Brasil, 1992). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo Cwa, com características Cwb, apresentando duas estações definidas: seca, com temperaturas mais baixas, de abril a setembro e chuvosa, com temperaturas mais elevadas, de outubro a março.

Foram utilizadas mudas de copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) produzidas por propagação *in vitro*. As mudas foram retiradas do laboratório e aclimatizadas em estufa de nebulização intermitente por um período de 60 dias, em substrato Plantmax<sup>®</sup>, disposto em bandejas plásticas. Quando as mudas apresentaram altura média de 7 cm, foram transplantadas para vasos de 7 dm<sup>-3</sup>, em substrato preparado a partir de uma mistura de terra, esterco bovino curtido e areia lavada, na proporção de 2:1:1, para permitir a aeração e favorecer a percolação da água. Os dados referentes às características do substrato antes da aplicação dos tratamentos podem ser observados na Tabela 1.

TABELA 1. Atributos do substrato utilizado para cultivo de plantas de copo-de-leite antes da aplicação dos tratamentos. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Nutrientes									
P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
mg dm <sup>3</sup>	mg dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	mg dm <sup>3</sup>	mg dm <sup>3</sup>	mg dm <sup>3</sup>	mg dm <sup>3</sup>	mg dm <sup>3</sup>	mg dm <sup>3</sup>
44,7	134	4,2	0,8	6,8	64,6	41,7	22,4	0,3	37,2
Outros atributos									
pH H <sub>2</sub> O			Classe textural			Matéria orgânica dag kg			
7,5			Textura média			1,9			

Quatro meses após o transplântio das mudas, realizou-se a aplicação dos tratamentos que consistiram na utilização de diferentes doses de silício aplicado via solo: 25, 50, 75, e 100 mg dm<sup>-3</sup> mais a testemunha, que não recebeu a adubação silicatada. Utilizou-se, como fonte de silício, o silicato de potássio, o qual apresenta as concentrações de 55% de SiO<sub>2</sub> e 22% de K<sub>2</sub>O. Para isolar o efeito do silício foi realizada uma adubação de correção para potássio, de forma que todos os tratamentos recebessem a mesma concentração desse elemento.

A adubação de plantio seguiu a recomendação de Malavolta & Muraoka (1985) (adaptada) para adubações em vasos para experimentos. Dessa forma, foram fornecidos: 300 mg dm<sup>-3</sup> de N (parcelado em duas aplicações), 200 mg dm<sup>-3</sup> de P, 300 mg dm<sup>3</sup> de K (parcelado em duas aplicações), 75 mg dm<sup>-3</sup> de Ca, 30 mg dm<sup>-3</sup> de Mg, 50 mg dm<sup>-3</sup> de S, 0,5 mg dm<sup>-3</sup> de B, 1,5 mg dm<sup>-3</sup> de Cu, 5,0 mg dm<sup>-3</sup> de Fe, 0,1 mg dm<sup>-3</sup> de Mo e 5 mg dm<sup>-3</sup> de Zn.

As plantas foram cultivadas sob sombreamento de 50%, proporcionado pela tela sombrite® disposta dentro da estufa. A temperatura média durante o período experimental variou de 15,5° a 27,5°C, com umidade relativa do ar em média de 70%.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e três plantas por parcela e uma planta por vaso. Os dados

foram interpretados por meio de análise de variância e regressão polinomial por meio do software Sistema de Análise de Variância para Dados Balanceados (Sisvar) (FERREIRA, 2000).

## **2.1 Avaliações**

### **2.1.1 Caracteres agronômicos**

As inflorescências produzidas durante o período experimental foram colhidas assim que apresentaram padrão para colheita (espata totalmente expandida e ausência de pólen), conforme estabelecido por Nowak & Rudnicki (1990) e Salinger (1991). Após a colheita, realizada ao longo do período experimental, cada inflorescência foi avaliada quanto à qualidade, observando-se o comprimento e o diâmetro da haste, a largura e o comprimento da espata.

Seis meses após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram avaliadas quanto às características de desenvolvimento que consistiam na observação do número, largura e comprimento das folhas, altura da planta, número de brotos e número de folhas dos brotos.

Após a realização das avaliações agronômicas, as plantas foram segmentadas em folhas, rizomas e raízes, sendo essas partes lavadas separadamente em água corrente e, posteriormente, em água destilada, evitando, dessa forma, possíveis contaminações por fontes externas. Esse mesmo procedimento foi realizado com as inflorescências colhidas no decorrer do período experimental. Em seguida, todas as amostras (inflorescências, folhas, raízes e rizomas) foram acondicionadas em sacos de papel permeável, devidamente etiquetados e secadas em estufa de circulação forçada com temperatura de 65°C a 70°C até o peso constante, realizando-se, então, a determinação da matéria seca.

### **2.1.2 Análises químicas das folhas, inflorescências**

Após a secagem, procedeu-se também à moagem para a posterior análise química das folhas e das inflorescências determinando-se os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Zn e Mn, seguindo-se os métodos descritos por Malavolta, Vitti & Oliveira, (1997). Além disso, foi realizada a avaliação do teor de silício nos tecidos das inflorescências e das folhas, analisado-se segundo os métodos propostos por Gallo & Furlani (1978).

### **2.1.3 Análises químicas do solo**

Após a colheita das plantas, foi realizada amostragem do solo em todos os tratamentos e repetições para a realização das análises dos atributos químicos: pH (em água), P ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), K ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), Zn ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), Fe ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), Mn ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) e Cu ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) com extrator Mehlich 1, Ca ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e Mg ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) extrator KCl, B ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) extrator água quente, S ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) extrator fosfato monocálcico em ácido acético. Além disso, realizou-se a análise do silício disponível no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) com extrator cloreto de cálcio.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Efeito das doses de silício no solo**

As diferentes concentrações de silício avaliadas proporcionaram diferenças significativas nos atributos químicos do solo. Como podem ser observadas no gráfico da Figura 1, as doses de silício mais elevadas proporcionaram um aumento do teor de silício no solo. Observa-se que o teor de silício no solo aumentou significativamente quando doses superiores a  $35 \text{ mg dm}^{-3}$  foram utilizadas (Figura 1).

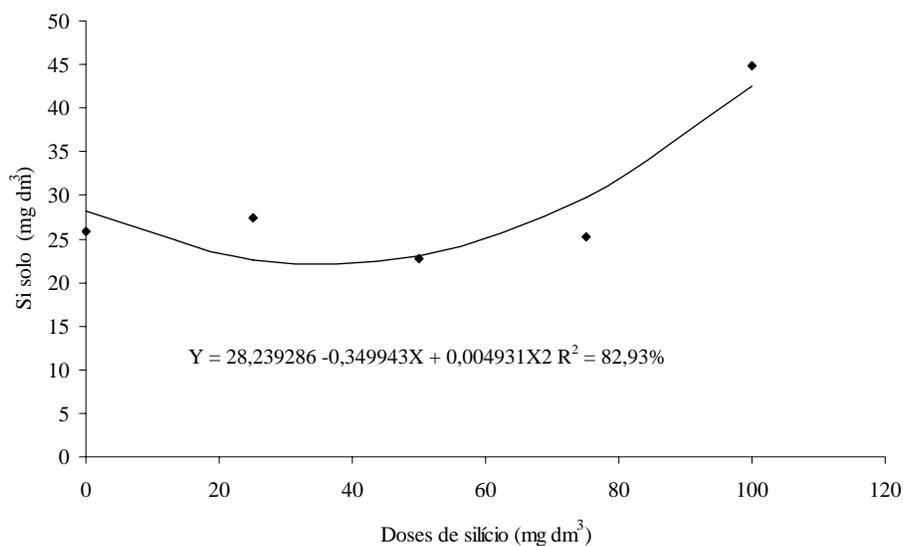


FIGURA 1. Alterações dos teores de silício (mg dm<sup>-3</sup>) no solo em função das doses de silicato de potássio aplicadas. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Também, a partir da análise do solo, constataram-se aumentos significativos do pH com a aplicação de silício (Figura 2). Segundo Furtini Neto (2001), após reações no solo, os fertilizantes, em função da forma química dos nutrientes, podem acidificar, alcalinizar ou não alterar a acidez do solo. Assim, o aumento do pH do solo constatado nesse experimento ocorreu devido ao silicato de potássio utilizado, que apresenta pH 7,5. Além disso, segundo Malavolta (2006), os silicatos têm poder de neutralização do solo.

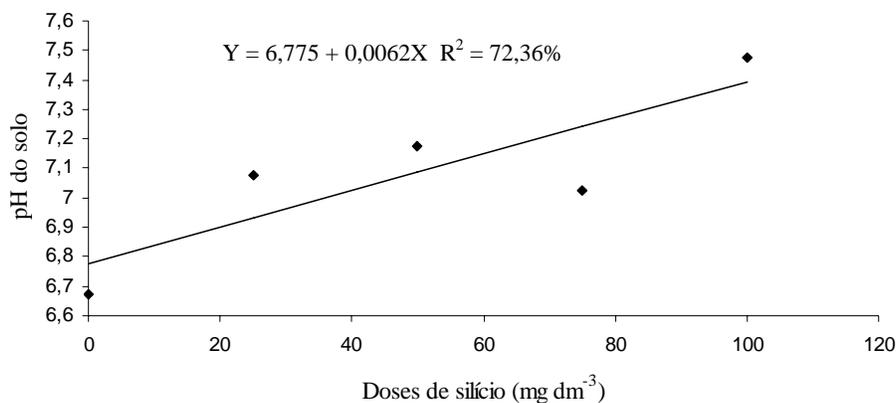


FIGURA 2. Alterações do pH do solo, em função das doses de silício aplicadas no substrato. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Observou-se que não houve diferença significativa nos teores de macronutrientes no solo, em função das doses de silício estudadas (Tabela 2).

TABELA 2. Teores médios de macronutrientes no solo, em função de diferentes doses de silício aplicadas. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Doses de Si (mg dm <sup>-3</sup> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K (mg dm <sup>-3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	S (mg dm <sup>-3</sup> )
0	122,15	140,25	10,13	0,95	122,63
25	145,53	177,75	9,75	0,88	108,05
50	139,83	135,75	9,88	0,85	110,18
75	128,20	146,50	10,25	0,93	108,43
100	112,65	109,00	9,38	0,78	110,18
Média	129,67	141,85	9,88	0,88	111,89

Verificou-se que não houve diferença significativa entre as doses de silício avaliadas para as variáveis referentes ao teor de micronutrientes no solo (Tabela 3).

TABELA 3. Teores médios de micronutrientes no solo, em função de diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Doses de Si mg dm <sup>-3</sup>	B mg dm <sup>-3</sup>	Fe mg dm <sup>-3</sup>	Mn mg dm <sup>-3</sup>	Zn mg dm <sup>-3</sup>	Cu mg dm <sup>-3</sup>
0	0,35	70,50	59,10	12,43	5,85
25	0,41	75,33	62,10	15,68	7,48
50	0,30	72,70	61,60	15,15	7,60
75	0,36	69,38	63,73	14,25	5,83
100	0,30	74,15	57,38	12,43	5,88
Média	0,34	72,41	60,78	13,99	6,53

### 3.2 Efeito das doses de silício na planta

As doses de silício estudadas não influenciaram no desenvolvimento das plantas de copo-de-leite. Como pode ser observado na Tabela 4, não houve diferença significativa entre as plantas que receberam diferentes doses de silício e a testemunha, as quais apresentaram médias equivalentes, quanto às características avaliadas.

TABELA 4. Médias das características agronômicas de desenvolvimento das plantas de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Doses Si (mg dm <sup>3</sup> )	Nº folhas	Altura (cm)	Comprimento Folha (cm)	Largura folha (cm)	Nº brotos	Nº folhas por brotos
0	5,08	18,70	17,30	11,94	5,42	19,67
25	5,67	18,43	16,56	11,08	5,50	19,50
50	5,75	18,93	16,42	11,92	4,75	15,96
75	5,42	18,90	16,58	11,93	6,17	17,83
100	5,42	17,88	16,21	11,87	5,58	16,92
Média	5,47	18,57	16,61	11,75	5,48	17,98

Avaliando-se a produção de massa seca das plantas, também foi possível observar que não houve diferença significativa entre os tratamentos. A mesma produção de massa seca foi observada, nas diferentes partes da planta, comparando-se as diferentes doses de silício e a testemunha. Em média, as plantas apresentaram massa seca de 8,27 g nas folhas, 14,5 g no rizoma e 4,73 g nas raízes (Tabela 5). Mauad et al. (2003) também constataram que as diferentes doses de silício aplicadas na cultura do arroz não proporcionaram alterações significativas na matéria seca da planta.

Independente das doses estudadas, pela separação das diferentes partes da planta para avaliação da massa seca, é possível afirmar que as plantas de copo-de-leite acumulam maiores reservas nos rizomas, os quais apresentam maior peso.

TABELA 5. Massa seca (MS) das folhas, rizomas e raízes de plantas de copo-de-leite, em diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Doses Si (mg dm <sup>3</sup> )	MS da folha (g)	MS do rizoma (g)	MS da raiz (g)
0	8,72	15,17	4,48
25	8,90	14,86	4,78
50	8,36	13,28	5,20
75	8,30	13,95	4,76
100	7,07	15,26	4,42
Média	8,27	14,50	4,73

Considerando o teor de silício na planta, houve diferença significativa entre as doses de silício utilizadas. Como pode ser observado na Figura 3, ocorreu incremento do teor desse nutriente nas folhas das plantas de copo-de-leite nas doses mais elevadas de silicato aplicadas no solo.

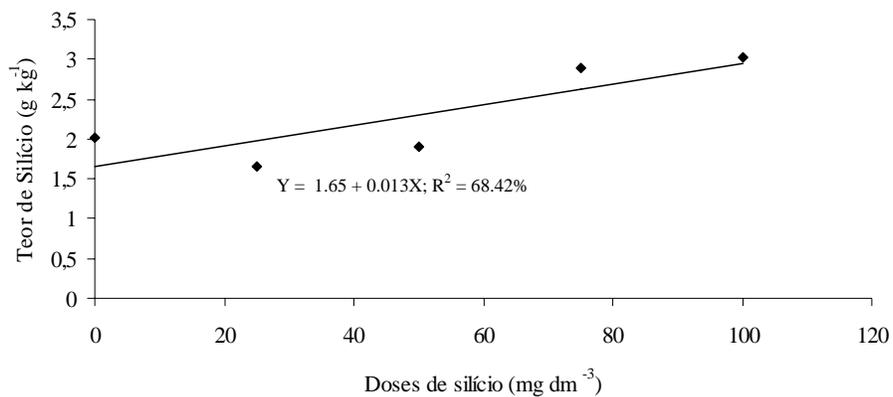


FIGURA 3. Teor de silício ( $\text{g kg}^{-1}$ ) nas folhas de copo-de-leite, em função das diferentes doses de silício aplicadas no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Entre os macronutrientes analisados, observou-se uma tendência de aumento do teor de enxofre nas folhas de copo-de-leite à medida que ocorreu aumento das doses de silício fornecidas no solo. A equação linear proporcionou melhor explicação para o comportamento do teor de S nas folhas, em função do teor de silício no solo (Figura 4).

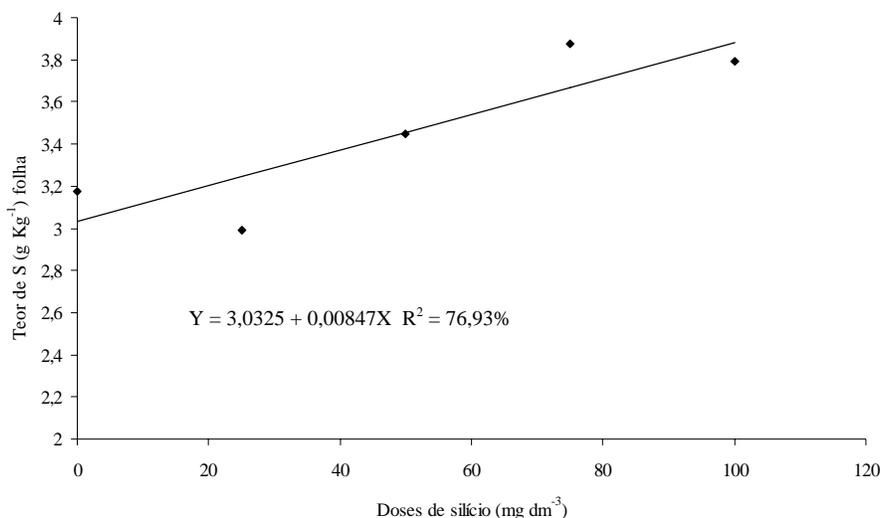


FIGURA 4. Teor de enxofre (g kg<sup>-1</sup>) nas folhas de copo-de-leite, em função das diferentes doses de silício aplicadas no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Devido ao fato da adsorção do  $\text{SO}_4^{2-}$  ser reduzida pela elevação do pH, a concentração de sulfato é menor quanto maior for o pH, em virtude de maiores perdas por lavagem e pela absorção pelas plantas, pois o sulfato torna-se mais disponível no solo (Mello et al., 1983). Como mencionado anteriormente, o pH do solo foi alterado com as doses de silicato de potássio. Assim, pode-se inferir que a disponibilidade de enxofre foi favorecida com os tratamentos, disponibilizando maior teor do mesmo na solução do solo para absorção pelas plantas. Possivelmente, devido à menor adsorção do  $\text{SO}_4^{2-}$ , pode ter ocorrido lixiviação do enxofre e, estatisticamente, o teor desse nutriente no solo não foi influenciado pelos tratamentos.

Como pode ser observado na Tabela 6, verificou-se que não houve diferença significativa entre o teor dos demais macronutrientes analisados nas folhas das plantas cultivadas em substrato com diferentes doses de silício e testemunha.

TABELA 6. Teores médios de micronutrientes na folha em função de diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Doses de Si mg dm <sup>-3</sup>	N g kg <sup>-1</sup>	P g kg <sup>-1</sup>	K g kg <sup>-1</sup>	Ca g kg <sup>-1</sup>	Mg g kg <sup>-1</sup>
0	36,32	3,46	24,75	12,66	1,68
25	38,85	3,54	25,50	13,43	1,69
50	38,36	3,64	24,90	13,83	1,66
75	38,37	3,49	24,30	15,10	1,72
100	40,87	3,86	27,40	13,10	1,62
Média	38,55	3,60	25,37	13,62	1,67

Silva & Bohnen (2001), que estudaram o acúmulo de nutrientes pelo arroz em solução nutritiva com e sem adição de silício, também observaram que a absorção de silício pelas plantas não alterou significativamente os teores de macronutrientes no colmo e nas folhas dessa cultura.

Dentre os micronutrientes analisados, ocorreu diferença significativa para o teor de cobre nas folhas das plantas de copo-de-leite com as doses de silício (Figura 5). Verificou-se que ocorreu redução no teor de cobre nas folhas até a dose 50,22 mg dm<sup>-3</sup> de silício, aumentando, posteriormente, com a utilização de doses mais elevadas desse elemento.

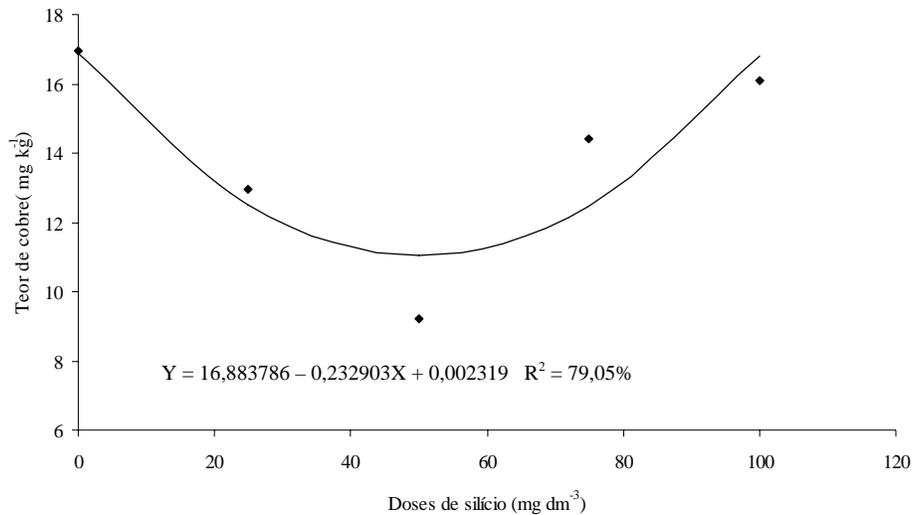


FIGURA 5. Teor de cobre (mg kg<sup>-1</sup>) nas folhas de copo-de-leite, em função das doses de silício aplicadas no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

A resposta da planta ao fornecimento de silício foi semelhante ao resultado obtido por Pozza (2004), que observou redução da eficiência de absorção de cobre nas mudas da variedade de café Icatu com as doses de silício até 0,48g dm<sup>-3</sup> de silicato de cálcio, aumentando após essa concentração. Apesar de estatisticamente significativo, a variação do teor de cobre nas folhas das plantas de copo-de-leite, em função das doses de silício, não foi importante do ponto de vista nutricional.

Não ocorreu diferença significativa entre os teores dos demais micronutrientes nas folhas de plantas de copo-de-leite, em função dos tratamentos utilizados (Tabela 7).

TABELA 7. Teores médios de micronutrientes na folha em função de diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Doses de Si mg dm <sup>-3</sup>	B mg kg <sup>-1</sup>	Fe mg kg <sup>-1</sup>	Mn mg kg <sup>-1</sup>	Zn mg kg <sup>-1</sup>
0	41,87	161,55	36,92	70,34
25	42,52	161,55	32,60	73,10
50	43,64	179,94	40,33	65,72
75	41,68	173,34	37,07	72,61
100	44,23	198,69	32,31	71,67
Média	42,79	175,01	35,85	70,69

### 3.3 Efeito das doses de silício na produção de inflorescências de copo-de-leite

Verificou-se que o silício, nas concentrações utilizadas neste experimento, não influenciou, de forma significativa, a produção e a qualidade das inflorescências de copo-de-leite emitidas. As plantas de copo-de-leite produziram, em média, durante o período experimental de 6 meses, 3 inflorescências, as quais apresentaram em média hastes com 25,19 cm de comprimento, 0,88 cm de diâmetro, espata de 8,17 cm de largura e 8,27 cm de comprimento e massa seca de 1,38 g (Tabela 8).

TABELA 8. Número de inflorescências produzidas (NI), comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), largura da espata (LE), comprimento da espata (CE) e massa seca das inflorescências de copo-de-leite (MSI) em diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Doses Si mg dm <sup>3</sup>	NI	CH (cm)	DH (cm)	LE (cm)	CE (cm)	MSI (g)
0	2,50	23,42	0,83	8,06	8,27	1,27
25	3,09	24,19	0,82	7,93	7,88	1,34
50	3,08	24,36	0,83	8,14	7,93	1,37
75	2,56	23,67	0,88	8,52	8,75	1,47
100	2,67	25,33	0,86	8,22	8,51	1,43
Média	2,78	24,19	0,84	8,17	8,27	1,38

Observou-se que as crescentes doses de silício utilizadas não influenciaram no teor de silício das inflorescências, o qual apresentou-se semelhante ao da testemunha, cujo valor médio foi de 2,50 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 9). O silício é transportado pelo xilema e depositado na parede celular das células epidérmicas das folhas. Dependendo da forma em que é depositado, torna-se imóvel e não mais se redistribui na planta. Segundo Korndörfer (2006), vários experimentos confirmam a baixa mobilidade do silício, pois, a partir de análises químicas em plantas cultivadas com fornecimento de silício, foi possível observar que elas apresentam maior concentração desse elemento nas folhas mais velhas. Como a redistribuição do silício nas plantas é bastante reduzida, possivelmente não ocorreu translocação desse elemento para as inflorescências. Assim, pode-se inferir que os baixos teores de silício nas inflorescências de copo-de-leite, mesmo com o aumento do teor desse elemento nas folhas, foram decorrentes da sua baixa mobilidade nas plantas.

TABELA 9. Teores médios de silício nas inflorescências de copo-de-leite, em função de diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Doses Si mg dm <sup>3</sup>	Si inflorescência g kg <sup>-1</sup>
0	2,53
25	2,90
50	2,40
75	2,40
100	2,28
Média	2,50

Para o teor de macronutrientes avaliados nas inflorescências de copo-de-leite, não se verificaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 10).

TABELA 10. Teores médios de macronutrientes nas inflorescências de copo-de-leite, em função de diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Doses Si (mg dm <sup>-3</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	P (g kg <sup>-1</sup> )	K (g kg <sup>-1</sup> )	Ca (g kg <sup>-1</sup> )	Mg (g kg <sup>-1</sup> )	S (g kg <sup>-1</sup> )
0	37,34	4,42	28,20	9,85	1,69	3,05
25	36,80	4,68	26,40	9,95	1,64	2,83
50	38,62	4,84	27,15	9,83	1,64	2,77
75	38,72	4,81	27,45	9,97	1,72	2,89
100	37,88	4,51	27,00	10,29	1,73	2,78
Média	37,87	4,65	27,24	9,99	1,68	2,86

Não houve diferença significativa entre as plantas cultivadas em diferentes concentrações de silício e a testemunha, para a concentração de micronutrientes nas inflorescências de copo-de-leite (Tabela 11).

Tabela 11. Teores médios de micronutrientes nas inflorescências de copo-de-leite, em função de diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Doses Si mg dm <sup>-3</sup>	B mg kg <sup>-1</sup>	Fe mg kg <sup>-1</sup>	Mn mg kg <sup>-1</sup>	Zn mg kg <sup>-1</sup>
0	57,35	89,30	35,72	91,97
25	51,90	92,04	35,86	94,56
50	53,52	64,11	30,74	85,36
75	49,40	84,17	35,93	87,72
100	57,63	86,01	38,76	83,91
Média	53,96	83,13	35,40	88,70

Assim como foi observado em plantas de arroz cultivadas com aplicação de silício (Silva & Bohnen, 2001), a utilização de diferentes doses desse elemento para a cultura do copo-de-leite não proporcionou o efeito esperado e relatado em literatura. O silício não foi eficiente na produção e na qualidade das inflorescências, como descrito para outras culturas (Barbosa Filho, 2001; Rodrigues, 2006). Segundo Silva & Bohnen (2001), tal comportamento poderia estar relacionado com as condições em que o experimento foi conduzido, ou seja, sem a ocorrência de algum estresse de ordem nutricional ou ambiental significativo, os quais ocorrem normalmente no campo. Além disso, a concentração de silício utilizada pode ter sido baixa para interferir no comportamento das plantas, sendo necessários novos estudos com doses mais elevadas e maior frequência de adubação.

## CONCLUSÕES

- As plantas de copo-de-leite não são acumuladoras de silício, entretanto o teor desse elemento nas folhas foi aumentado com as doses de silicato de potássio fornecidas.
- A utilização de silicato de potássio aumenta o pH do solo e a absorção de enxofre.
- A adubação silicatada não influenciou no desenvolvimento e na produção de inflorescências de copo-de-leite.
- Muitos dos resultados obtidos foram explicados pela equação linear, indicando que as doses de silício utilizadas foram baixas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. F. A.; PAIVA, P. D. O. **Floricultura 2: cultivo de copo-de-leite**. Lavras: UFLA, 2004. 28 p. Texto Acadêmico.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; FAGERIA, N. K.; DATNOFF, L. E.; SILVA, O. F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz sequeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 325-330, abr./jun. 2001.

BARCELO, J.; GUEVARA, P.; POSCHENRIEDER, CH. Silicon amelioration of aluminium toxicity in teosinte (*Zea mays* L. ssp. *Mexicana*). **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 154, n. 2, p. 249-255, July 1993.

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

CORRALES, I.; POSCHENRIEDER, C.; BARCELÓ, J. Influence of silicon pretreatment on aluminium toxicity in maize roots. **Plant and soil**, Dordrecht, v. 190, n. 2, p. 203-209, Mar. 1997.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Tradução de NUNES, M.E.T. Londrina: Planta, 2004. 403 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.183 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 225-258.

FURLANI, A. M. C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. São Paulo, 2004. p. 40-75.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.. RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A.de A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

GALLO, J. R.; FURLANI, P. R. Determinação de silício em material vegetal pelo método colorimétrico do azul de molibdênio. **Bragantia**, Campinas, v. 37, n. 2, p. 5-11, 1978.

KORNDÖRFER, G.H. Elementos benéficos. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. p. 355-374.

LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; SILVA, F.da; LANA, A. M. Q. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p.15-20, July/Dec. 2003.

LIANG, Y.; SHEN, Q.; SHEN, Z.; MA, T. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. **Journal of plant nutrition**, New York, v. 19, n. 1, p. 173-183, 1996.

LIANG, Y.; YANG, C.; SHI, H. Effects of silicon on growth and mineral composition of barley grown under toxic levels of aluminum. **Journal of plant Nutrition**, New York, v. 24, n. 2, 229-243, 2001.

MA, J. F.; SASAKI, M.; MATSUMOTO, H. Al-induced inhibition of root elongation in corn, *Zea mays* L. is overcome by Si addition. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.188, n. 2, p. 171-176, Jan. 1997.

MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. **Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo**: métodos de vegetação e diagnose por subtração em vasos. Piracicaba: CENA/USP, 1985. 7 p. Mimeografado.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, 1997, 319p.  
MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**, São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MAUAD, M. GRASSI FILHO, H.; CRUSCIOL, C. A. C. CORRÊA, J.C. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27. n. 5, p. 867-873, set./out. 2003.

MELLO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O. C. B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; NETTO, A. C.; KIEHL, J. C. **Fertilidade do solo**. Piracicaba: Nobel, 1983. 400 p.

NOWAK, J.; RUDNICKI, R. M. **Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plants**. Portland: Timber Press, 1990. 210 p.

PEREIRA, H. S.; VITTI, G. C.; KORNDÖRFER, G. H. Comportamento de diferentes fontes de silício no solo e na cultura do tomateiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 101-108, jan./fev. 2003.

POZZA, A. A. A. **Silício em mudas de cafeeiro: efeito na nutrição mineral e na suscetibilidade à cercosporiose em três variedades**. 2004. 83 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RODRIGUES, T. M. **Produção de crisântemo cultivado em diferentes substratos fertirrigados com fósforo, potássio e silício**. 2006. 84 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SALINGER, J. P. **Producción comercial de flores**. Zaragoza: Acribia, 1991. 371 p.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT/SAS/IML software: usage and reference: version 6**. Cary, 1990. 501 p.

SILVA, L. S.; BOHNEN, H. Rendimento e acúmulo de nutrientes pelo arroz em solução nutritiva com e sem a adição de silício. **Revista brasileira de ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 771-777, jul./set. 2001.

## LISTA DE ANEXOS

### Capítulo 3

Tabela 1 Resumo da análise de variância para as características: número (NF), altura (AL), número de brotos (NB) e número de folhas nos brotos (NFB) de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	<b>103</b>
Tabela 2 Resumo da análise de variância para as características: comprimento (CF) e largura (LF) de folhas de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	<b>103</b>
Tabela 3 Resumo da análise de variância para as características: massa seca de folha (MSF), rizoma (MSRI) e raiz (MSR) de plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007. ....	<b>103</b>
Tabela 4 Resumo da análise de variância para as características de comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), largura da espata (LE) e comprimento da espata (CE) de inflorescências de copo-de-leite cultivadas com diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007. ....	<b>103</b>
Tabela 5 Resumo da análise de variância para matéria seca da inflorescências(MSIN) e número de inflorescências (N°INF) em função de diferentes deficiências nutricionais em plantas de copo-de-leite. UFLA, Lavras, MG, 2007. ....	<b>104</b>
Tabela 6 Resumo da análise de variância para os teores médios dos macronutrientes (P, K e S) nas folhas de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.	
Tabela 7 Resumo da análise de variância para os teores médios de macronutrientes (Mg, Ca e N) nas folhas de copo-de-leite em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	<b>104</b>
Tabela 8 Resumo da análise de variância para os teores médios de micronutrientes nas folhas de copo-de-leite em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007. ....	<b>104</b>
Tabela 9 Resumo da análise de variância para os teores médios dos macronutrientes (P, K e S) nas inflorescências de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	<b>105</b>
Tabela 10 Resumo da análise de variância para os teores médios de macronutrientes (Mg, Ca e N) nas inflorescências de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	<b>105</b>
Tabela 11 Resumo da análise de variância para os teores médios de micronutrientes nas inflorescências d copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	<b>105</b>
Tabela 12 Resumo da análise de variância para os teores médios dos macronutrientes (P, K e S) nos rizomas de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	<b>105</b>
Tabela 13 Resumo da análise de variância para os teores médios de macronutrientes (Mg, Ca e N) nos rizomas de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais em plantas de copo-de-leite. UFLA, Lavras, MG, 2007. ....	<b>106</b>
Tabela 14 Resumo da análise de variância para os teores médios de micronutrientes nos rizomas de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	<b>106</b>
Tabela 15 Resumo da análise de variância para os teores médios dos macronutrientes (P, K e S) nas raízes de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	<b>106</b>

Tabela 16 Resumo da análise de variância para os teores médios de macronutrientes (Mg, Ca e N) nas raízes de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais em plantas de copo-de-leite. UFLA, Lavras, MG, 2007. ....106

Tabela 17 Resumo da análise de variância para os teores médios de micronutrientes nos rizomas de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.....107

## Capítulo 4

Tabela 1 Resumo da análise de variância para as características: número (NF), altura (AL), comprimento (CF) e largura (LF) de folhas, número de brotos (NB) e número de folhas nos brotos (NFB) de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.....107

Tabela 2 Resumo da análise de variância para as características: massa seca de folha (MSF), rizoma (MSRI), raiz (MSR) e inflorescências (MSIN) de plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007. ....107

Tabela 3 Resumo da análise de variância para as características de comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), largura da espata (LE), comprimento da espata (CE) e número de inflorescências de copo-de-leite cultivadas com diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.....107

Tabela 4 Resumo da análise de variância para os teores médios de macronutrientes nas folhas de plantas de copo-de-leite, em função de diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007. ....108

Tabela 5 Resumo da análise de variância para os teores médios de micronutrientes nas folhas de plantas de copo-de-leite, em função de diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007. ....108

Tabela 6 Resumo da análise de variância para os teores médios de macronutrientes nas inflorescências de plantas de copo-de-leite, em função de diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007. ....108

Tabela 7 Resumo da análise de variância para os teores médios de micronutrientes nas folhas de plantas de copo-de-leite, em função de diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007. ....108

Tabela 8 Resumo da análise de variância para os teores médios de macronutrientes no solo em função de diferentes doses de silício, em plantas de copo-de-leite. UFLA, Lavras, 2007. ....109

Tabela 9 Resumo da análise de variância para o pH no solo, em função de diferentes doses de silício em plantas de copo-de-leite. UFLA, Lavras, 2007. ....109

Tabela 10 Resumo da análise de variância para os teores médios de micronutrientes no solo, em função de diferentes doses de silício em plantas de copo-de-leite. UFLA, Lavras, 2007. ....109

Tabela 11 Resumo da análise de variância para os teores de silício na folha (SI FOL), flor (SI FLOR) e solo (SI SOLO,) em função de diferentes doses de silício em plantas de copo-de-leite. UFLA, Lavras, MG, 2007.....109

## ANEXOS

### Capítulo 3

Tabela 1 Resumo da análise de variância para as características: número (NF), altura (AL), número de brotos (NB) e número de folhas nos brotos (NFB) de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		NF	AL	NB	NFB
Tratamento	9	11,3451*	119,8719*	0,2696*	1222,3580*
Bloco	3	0,6370	30,5536	0,1294	83,4537
Resíduo	25	1,0736	6,8777	0,0616	37,9956
CV(%)		25,24	17,32	9,8651	20,30

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 2 Resumo da análise de variância para as características: comprimento (CF) e largura (LF) de folhas de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios	
		CF	LF
Tratamento	8	24,4176*	22,9260*
Bloco	3	18,3008	4,8111
Resíduo	22	6,9823	1,9970
CV(%)		18,38	14,10

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 3 Resumo da análise de variância para as características: massa seca de folha (MSF), rizoma (MSRI) e raiz (MSR) de plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		MS RAIZ	MS RIZOMA	MS FOLHA
Tratamento	9	43,3663*	354,3374*	512,5308*
Bloco	3	0,0317	32,3595	36,5197
Resíduo	24	0,7308	16,6461	9,3264
CV(%)		12,44	18,71	15,07

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 4 Resumo da análise de variância para as características de comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), largura da espata (LE) e comprimento da espata (CE) de inflorescências de copo-de-leite cultivadas com diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		CH	DH	LE	CE
Tratamento	7	78,7526*	0,0290*	15,0567*	12,2497*
Bloco	3	34,1758	0,1002	0,1478	0,2892
Resíduo	21	2,3021	0,0061	1,0965	0,8925
CV(%)		7,20	9,61	13,30	11,17

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 5 Resumo da análise de variância para matéria seca da inflorescências(MSIN) e número de inflorescências (N°INF) em função de diferentes deficiências nutricionais em plantas de copo-de-leite. UFLA, Lavras, MG, 2007.

FV	GL	Quadrados Médios	
		MSIN	N° INF
Tratamento	7	0,4655*	3,4821*
Bloco	3	0,0158	1,2083
Resíduo	21	0,0250	0,4226
CV(%)			

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 6 Resumo da análise de variância para os teores médios dos macronutrientes (P, K e S) nas folhas de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		P	K	S
Tratamento	9	6,0180*	2856,9521*	3,2337*
Bloco	3	0,7361	94,9416	0,3978
Resíduo	24	0,7144	82,7598	0,0898
CV(%)		18,60	26,74	10,92

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 7 Resumo da análise de variância para os teores médios de macronutrientes (Mg, Ca e N) nas folhas de copo-de-leite em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		Mg	Ca	N
Tratamento	9	14,0928*	18566919,9*	388,6009*
Bloco	3	0,4976	2560309,9	48,5444
Resíduo	24	0,7444	2422195	32,1768
CV(%)		22,08	47,40	14,83

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 8 Resumo da análise de variância para os teores médios de micronutrientes nas folhas de copo-de-leite em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		B	Fe	Mn	Zn	Cu
Tratamento	9	803,2109*	7335,1592*	14264,6639*	1,2723*	11,2329*
Bloco	3	25,6564	1503,9800	1515,8346	0,0201	4,0516
Resíduo	24	40,7442	737,1917	994,3544	0,0380	2,9774
CV(%)		12,72	20,94	20,99	3,88	16,60

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 9 Resumo da análise de variância para os teores médios dos macronutrientes (P, K e S) nas inflorescências de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		P	K	S
Tratamento	9	14,8705*	0,6121*	0,5799*
Bloco	3	0,1167	0,0014	0,0665
Resíduo	24	0,1259	0,0133	0,0717
CV(%)		9,94	8,88	14,14

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 10 Resumo da análise de variância para os teores médios de macronutrientes (Mg, Ca e N) nas inflorescências de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		Mg	Ca	N
Tratamento	9	3,3420*	90,2435*	182,7143*
Bloco	3	0,0469	0,4877	43,4672
Resíduo	24	0,0785	1,4988	28,0598
CV(%)		11,66	13,82	15,35

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 11 Resumo da análise de variância para os teores médios de micronutrientes nas inflorescências de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		B	Fe	Mn	Zn	Cu
Tratamento	6	42,4210 <sup>ns</sup>	350,2482*	4089,1951*	885,6606*	47,2457*
Bloco	3	32,6125	449,5800	57,9996	55,1146	8,4385
Resíduo	18	39,1480	74,5462	104,6125	172,9190	3,9897
CV(%)		10,72	12,73	13,20	20,04	21,79

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 12 Resumo da análise de variância para os teores médios dos macronutrientes (P, K e S) nos rizomas de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		P	K	S
Tratamento	9	14,4365*	854,5385*	1,5422*
Bloco	3	0,7060	2,5866	0,0451
Resíduo	24	0,7841	1,4417	0,0689
CV(%)		15,61	8,95	13,58

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 13 Resumo da análise de variância para os teores médios de macronutrientes (Mg, Ca e N) nos rizomas de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais em plantas de copo-de-leite. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		Mg	Ca	N
Tratamento	9	1,1887*	162,9026*	527,0413*
Bloco	3	0,0624	2,0025	39,8871
Resíduo	24	0,0411	1,7372	29,0541
CV(%)		11,97	19,24	12,07

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 14 Resumo da análise de variância para os teores médios de micronutrientes nos rizomas de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		B	Fe	Mn	Zn	Cu
Tratamento	9	31,5252*	53561,3275*	1295,5341*	2948,814*	21,1581*
Bloco	3	3,6878	1010,2427	20,3902	85,6654	2,6969
Resíduo	24	2,9779	968,5073	43,4263	52,2707	2,0964
CV(%)		17,42	17,90	13,37	7,58	12,92

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 15 Resumo da análise de variância para os teores médios dos macronutrientes (P, K e S) nas raízes de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		P	K	S
Tratamento	9	0,1444*	1,2181*	4,2159*
Bloco	3	0,0117	0,0247	0,0575
Resíduo	24	0,0196	0,0481	0,1086
CV(%)		31,66	17,50	15,45

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 16 Resumo da análise de variância para os teores médios de macronutrientes (Mg, Ca e N) nas raízes de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais em plantas de copo-de-leite. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		Mg	Ca	N
Tratamento	9	25,4819*	0,5512*	170,6216*
Bloco	3	1,2739	0,0018	7,9285
Resíduo	24	1,4860	0,0063	10,3850
CV(%)		18,58	10,80	8,93

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 17 Resumo da análise de variância para os teores médios de micronutrientes nos rizomas de copo-de-leite, em função de diferentes deficiências nutricionais. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		B	Fe	Mn	Zn	Cu
Tratamento	9	193,4471*	1042845,217*	0,5770*	11124,5866*	708,6753*
Bloco	3	70,5362	23986,512	0,0093	576,5408	2,4320
Resíduo	24	19,9246	145994,16	0,0186	306,0799	38,5379
CV(%)		12,27	30,36	6,80	15,02	25,46

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo

## Capítulo 4

Tabela 1 Resumo da análise de variância para as características: número (NF), altura (AL), comprimento (CF) e largura (LF) de folhas, número de brotos (NB) e número de folhas nos brotos (NFB) de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		NF	AL	CF	LF	NB	NFB
Tratamento	4	0,2730 <sup>ns</sup>	0,7488 <sup>ns</sup>	0,6885 <sup>ns</sup>	0,5507 <sup>ns</sup>	1,0203 <sup>ns</sup>	10,3991 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1,1212	10,9808	4,3339	0,8944	0,0352	25,1594
Resíduo	12	0,6206	2,1340	1,1240	0,6587	1,3096	16,0112
CV(%)		14,41	7,87	6,38	6,91	20,87	22,26

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo

Tabela 2 Resumo da análise de variância para as características: massa seca de folha (MSF), rizoma (MSRI), raiz (MSR) e inflorescências (MSIN) de plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		MSF	MSRI	MSR	MSIN
Tratamento	4	2,0444 <sup>ns</sup>	2,9324 <sup>ns</sup>	0,3883 <sup>ns</sup>	0,0241 <sup>ns</sup>
Bloco	3	12,9960	1,3061	3,2093	0,0096
Resíduo	12	1,4020	2,3131	1,8828	0,0076
CV(%)		14,32	10,49	29,01	6,34

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 3 Resumo da análise de variância para as características de comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), largura da espata (LE), comprimento da espata (CE) e número de inflorescências de copo-de-leite cultivadas com diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		CH	DH	LE	CE	NFLOR
Tratamento	4	2,1962 <sup>ns</sup>	0,0025 <sup>ns</sup>	0,01945 <sup>ns</sup>	0,5276 <sup>ns</sup>	0,3141 <sup>ns</sup>
Bloco	3	22,4473	0,0005	0,3088	0,3902	0,7161
Resíduo	12	2,7114	0,0015	0,2170	0,4246	0,1648
CV(%)		6,81	4,61	3,29	7,87	14,59

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 4 Resumo da análise de variância para os teores médios de macronutrientes nas folhas de plantas de copo-de-leite, em função de diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		P	K	S	Mg	Ca	N
Tratam.	4	0,1041 <sup>ns</sup>	0,0095 <sup>ns</sup>	0,5829*	0,0058 <sup>ns</sup>	3,4652 <sup>ns</sup>	105000 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,1144	0,0125	0,1058	0,0167	1,8783	21,0244
Resíduo	12	0,1783	0,0420	0,0817	0,0154	4,1894	28,4487
CV(%)		11,74	17,20	8,27	7,42	15,03	13,84

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 5 Resumo da análise de variância para os teores médios de micronutrientes nas folhas de plantas de copo-de-leite, em função de diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		B	Fe	Mn	Zn	Cu
Tratamento	4	4,9571 <sup>ns</sup>	950,1793 <sup>ns</sup>	45,8192 <sup>ns</sup>	35,2977 <sup>ns</sup>	37,2239*
Bloco	3	13,1384	2854,3451	18,7716	64,2959	8,8749
Resíduo	12	6,5348	1824,7737	38,2336	46,9349	6,1622
CV(%)		5,97	24,41	17,25	9,69	17,81

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 6 Resumo da análise de variância para os teores médios de macronutrientes nas inflorescências de plantas de copo-de-leite, em função de diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios					
		P	K	S	Mg	Ca	N
Tratamento	4	0,1355 <sup>ns</sup>	1,7370 <sup>ns</sup>	0,0531 <sup>ns</sup>	0,0067 <sup>ns</sup>	0,1399 <sup>ns</sup>	2,7082 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,2124	1,4880	0,0204	0,0025	0,4564	2,8521
Resíduo	12	0,0981	3,2730	0,0261	0,0148	0,2743	5,5378
CV(%)		6,73	6,64	5,64	7,22	5,25	4,97

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 7 Resumo da análise de variância para os teores médios de micronutrientes nas folhas de plantas de copo-de-leite, em função de diferentes doses de silício. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		B	Fe	Mn	Zn	Cu
Tratamento	4	50,2146 <sup>ns</sup>	488,6138 <sup>ns</sup>	33,3021 <sup>ns</sup>	80,0766 <sup>ns</sup>	15,3867*
Bloco	3	22,4531	35,9789	20,4464	53,5572	7,5003
Resíduo	12	43,4264	172,9813	27,7325	55,2432	3,1630
CV(%)		12,21	15,82	14,92	8,38	8,29

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 8 Resumo da análise de variância para os teores médios de macronutrientes no solo em função de diferentes doses de silício, em plantas de copo-de-leite. UFLA, Lavras, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		P	K	S	Mg	Ca
Tratamento	4	702,8968 <sup>ns</sup>	2429,3250 <sup>ns</sup>	147,8745 <sup>ns</sup>	0,0188 <sup>ns</sup>	0,4688 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1749,4113	520,9833	232,4460	0,1018	1,0792
Resíduo	12	1234,5884	1135,6917	545,8802	0,0731	2,2354
CV(%)		27,10	23,76	20,88	30,90	15,14

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 9 Resumo da análise de variância para o pH no solo, em função de diferentes doses de silício em plantas de copo-de-leite. UFLA, Lavras, 2007.

FV	GL	Quadrados Médios
		pH
Trat.	4	0,3320*
Bloco.	3	0,0458
Res.	12	0,0533
CV(%)		3,26

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 10 Resumo da análise de variância para os teores médios de micronutrientes no solo, em função de diferentes doses de silício em plantas de copo-de-leite. UFLA, Lavras, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		B	Fe	Mn	Zn	Cu
Tratamento	4	0,0095 <sup>ns</sup>	24,4683 <sup>ns</sup>	25,5043 <sup>ns</sup>	9,1508 <sup>ns</sup>	3,4263 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0125	39,8647	196,9640	14,5672	4,3898
Resíduo	12	0,0420	51,3659	90,4453	10,4234	2,0736
CV(%)		17,02	9,90	15,65	23,09	22,07

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.

Tabela 11 Resumo da análise de variância para os teores de silício na folha (SI FOL), flor (SI FLOR) e solo (SI SOLO) em função de diferentes doses de silício em plantas de copo-de-leite. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		SI FOL	SI FLOR	SI SOLO
Tratamento	4	1,5438*	0,2313 <sup>ns</sup>	314,9208*
Bloco	3	0,0667	0,0667	64,8752
Resíduo	12	0,2021	0,1813	66,4398
CV(%)		19,55	17,03	27,88

\* Significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.  
ns – Não significativo.