



**KATIÚCIA DIAS FERNANDES**

**NUTRIÇÃO MINERAL E ÍNDICES  
BIOMÉTRICOS DE COPO-DE-LEITE  
CULTIVADO SOB DEFICIÊNCIA MÚLTIPLA DE  
NITROGÊNIO E FÓSFORO**

**LAVRAS – MG**

**2010**

**KATIÚCIA DIAS FERNANDES**

**NUTRIÇÃO MINERAL E ÍNDICES BIOMÉTRICOS DE COPO-DE-  
LEITE CULTIVADO SOB DEFICIÊNCIA MÚLTIPLA DE  
NITROGÊNIO E FÓSFORO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva

Co-Orientadora

Dra. Janice Guedes de Carvalho

**LAVRAS – MG**

**2010**

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

Fernandes, Katiúcia Dias.

Nutrição mineral e índices biométricos de copo-de-leite cultivado  
sob deficiência múltipla de nitrogênio e fósforo / Katiúcia Dias  
Fernandes. – Lavras : UFLA, 2010.

114 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Patrícia Duarte de Oliveira Paiva.

Bibliografia.

1. *Zantedeschia aethiopica*. 2. Solução de Hoagland e Arnon. 3.  
Flor de corte. 4. Floricultura. 5. Nutrição mineral. I. Universidade  
Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.93464

**KATIÚCIA DIAS FERNANDES**

**NUTRIÇÃO MINERAL E ÍNDICES BIOMÉTRICOS DE COPO-DE-  
LEITE CULTIVADO SOB DEFICIÊNCIA MÚLTIPLA DE  
NITROGÊNIO E FÓSFORO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de setembro de 2010.

Dra. Elka Fabiana Aparecida Almeida EPAMIG

Dr. Paulo Jorge de Pinho UFLA

Dra. Simone Novaes Reis EPAMIG

Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva  
Orientadora

Dra. Janice Guedes de Carvalho  
Co-Orientadora

**LAVRAS - MG**

**2010**

**A minha madrinha Josefina que sempre me incentivou nos estudos**

**Dedico.**

**Aos meus pais Enio e Eva, pelo apoio e ao meu noivo Adler pelo carinho,  
sempre.**

**Ofereço**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar ao meu lado e me dar a oportunidade de estudar.

Aos meus pais e aos meus irmãos Mara e Henrique que sempre me apoiaram nas minhas escolhas.

Ao meu noivo Adler pelo incentivo, carinho e companheirismo.

À minha madrinha Josefina por sempre rezar por mim e a toda família e amigos de Unai por torcerem pelo meu sucesso.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de estudos.

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

Aos professores do DAG, pelos valiosos conhecimentos transmitidos desde a graduação até neste período.

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

Ao professor Carlos Maurício Paglis, pela orientação das análises de crescimento do sistema radicular das plantas.

Aos amigos que me ajudaram durante a realização dos experimentos: Evelyn, Aline, Daniela, Mariel e, em especial a Aiesca e Madeleine e Taís e Carla (Bolsistas BIC-junior/CNPq).

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Paisagismo e Floricultura (NEPAFLOR), local este onde tive a oportunidade de crescer profissionalmente e pessoalmente.

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

Às minhas amigas Marília, Leandra, Livia, Aiesca, Damyane, Dalhilia, Roseane e Daniela pelos bons momentos nesses dois anos de mestrado.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização desse trabalho.

**Obrigada a todos!**

## **BIOGRAFIA**

KATIUCIA DIAS FERNANDES, filha de Eva Maria Dias Fernandes e Enio Alexandre Costa, nascida em 20 de fevereiro de 1984, na cidade de Unaí, MG. Coursou o ensino fundamental na Escola Estadual Manoela Faria Soares na cidade de Unaí MG, de 1995 a 1998. Realizou o ensino médio na Escola Estadual D. Antônia Valadares, na cidade de Divinópolis MG, de 1999 a 2001. Em agosto de 2003 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal de Lavras, graduando-se em fevereiro de 2008. Ao iniciar o curso de graduação em Agronomia no primeiro semestre de 2003 começou a trabalhar no Viveiro de plantas ornamentais do setor de Floricultura e Paisagismo do Departamento de Agricultura, sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Patrícia D. O. Paiva. Logo no segundo semestre, começou a trabalhar no Laboratório de Diagnose de Doenças de Plantas, no Departamento de Fitopatologia, onde permaneceu como bolsista do “Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do PIBIC/CNPq” sob orientação do Prof. Mário Sobral de Abreu no período de 2004 a 2007. Em 2005, tornou-se integrante do Núcleo de Estudos em Paisagismo e Floricultura (NEPAFLOR) no qual desenvolveu as funções de membro, bibliotecária e atualmente vice-presidente. Participou das comissões organizadoras do 4º e 5º Simpósio Internacional de Paisagismo e cursos de arranjos florais. Ingressou no curso de Mestrado em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração Produção Vegetal, em agosto de 2008, concluindo-o em setembro de 2010.



## RESUMO

A produção de flores de corte corresponde a um dos segmentos mais expressivos da floricultura, sendo que aspectos relacionados à nutrição mineral de plantas ornamentais são importantes para a produção de flores de qualidade. A deficiência múltipla de nutrientes é considerada um dos vários fatores que pode induzir a dúvidas na diagnose baseada apenas na sintomatologia, dificultando a identificação. Assim, objetivou-se avaliar o desenvolvimento de copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) e as alterações morfológicas decorrentes da desordem nutricional provocada pela omissão múltipla e isolada de nitrogênio e fósforo em solução nutritiva. Plantas de copo-de-leite foram cultivadas por um período de 8 meses em solução de Hoagland e Arnon (1950) completa e com omissão de N, omissão de P, omissão de NP e ainda solução nutritiva com N e P nas concentrações de 25%, 50% e 75% totalizando assim 7 tratamentos, com 4 repetições e delineamento experimental inteiramente casualizado. Ao final do período experimental foram avaliados a massa seca e o crescimento de copo-de-leite, observando altura de planta, número de brotos, comprimento e diâmetro de haste, dimensões do rizoma e medidas relacionadas ao desenvolvimento do sistema radicular e composição mineral de diferentes partes das plantas. Plantas cultivadas em solução com omissão de N não produziram inflorescências. O maior comprimento, volume e densidade de raízes foram observados em plantas cultivadas na solução com omissão de P ou 25% da concentração de NP. A composição mineral presente em raízes e rizomas das plantas foi influenciada pela deficiência múltipla de N e P, com exceção do N para raízes.

Palavras-chave: *Zantedeschia aethiopica*. Macronutrientes. Solução de Hoagland. Arnon.

## ABSTRACT

A cut flowers production is one of the most significant segments of floriculture. The quality flowers production are related important aspects how mineral nutrition of ornamental plants. Multiple nutritional deficiencies is considered one of several factors that may introduce doubts in diagnosis based only on visual symptoms, hindering identification. Based on that, the objective of this work was to analyze the development of calla lily (*Zantedeschia aethiopica*) and their morphological changes resulting from nutritional disorders caused by multiple and simple omission of nitrogen and phosphorus in nutrient solution. Calla lily plants were cultured for a period of eight months in Hoagland and Arnon (1950), complete solution and with N omission, P omission, N and P omission and further nutrient solution with N and P concentration of 25%, 50%, and 75%, totalizing 7 treatments in 4 replicates and randomized experimental design. At the end of the experiment were evaluated the dry matter and plant growth, observing the height, shoot number, stem length and spathe diameter, size of the rhizome and measures related to root development, besides the mineral composition of different plant parts. Plants that grown in solution with N omission did not produce inflorescences. They showed greater length, volume and density of roots when grown in a solution with P omission or 25 NP. The mineral contents present in roots and rhizomes was influenced by multiple omission of N and P, except N for roots.

Keywords: *Zantedeschia aethiopica*. Macronutrients. Hoagland. Arnon solutions.

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 1

- Figura 1 A. Plantas cultivadas em solução com omissão de N apresentando sintoma de deficiência. B. Planta em solução completa (esquerda) e em solução com omissão de N (direita)..... 37
- Figura 2 A. Sintomas de deficiência de P em copo-de-leite cultivado em solução nutritiva. B. Folhas das plantas desenvolvidas em solução com omissão de P (direita) mais escuras comparado com folhas das plantas cultivadas em solução completa ..... 38
- Figura 3 Amarelecimento do limbo das folhas mais velhas de copo-de-leite, seguido de seca, em plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de NP (direita) em comparação com planta mantidas em solução completa (esquerda) ..... 40

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela 1.1 Composição química das soluções nutritivas utilizadas nos tratamentos (mL solução estoque por litro de solução) <sup>1</sup> UFLA, Lavras MG, 2010 .....	33
Tabela 1.2 Número, comprimento e largura de folhas, altura da planta, massa seca de folhas e brotos, número de brotos e comprimento do maior broto em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução completa e com omissão múltipla de nutrientes. UFLA, Lavras MG, 2010.....	42
Tabela 1.3 Teor e acúmulo médio de macronutrientes (g kg <sup>-1</sup> ) e micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> ) presentes nas folhas de copo-de-leite cultivadas em solução completa e com omissão de macronutrientes. UFLA, Lavras MG, 2010 .....	46
Tabela 1.4 Teor e acúmulo médio de macronutrientes (g kg <sup>-1</sup> ) e micronutrientes presente nos brotos de copo-de-leite cultivado em solução completa e com omissão de macronutrientes. UFLA, Lavras MG, 2010.....	52

### ARTIGO 2

Tabela 2.1 Composição química das soluções nutritivas utilizadas nas soluções (mL solução estoque por litro de solução) <sup>1</sup> para cultivo de copo-de-leite. UFLA, Lavras MG, 2010 .....	68
Tabela 2.2 Número de inflorescências, comprimento da haste, diâmetro da haste, largura e comprimento da espata e massa seca de inflorescências de copo-de-leite cultivado em solução nutritiva completa e com omissão múltipla de N e P. UFLA, Lavras MG, 2010.....	71
Tabela 2.3 Teor médio de macronutrientes (g kg <sup>-1</sup> ) e micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> ) presente nas inflorescências de copo-de-leite cultivadas em solução completa e com omissão de macronutrientes. UFLA, Lavras MG, 2010.....	74
Tabela 3.1 Composição química das soluções nutritivas utilizadas nos tratamentos (mL solução estoque por litro de solução) <sup>1</sup> UFLA, Lavras MG, 2010.....	87
Tabela 3.2 Diâmetro e comprimento do rizoma e diâmetro do rizoma do maior perfilho e massa seca de plantas de copo-de-leite	

cultivadas em solução completa e com omissão múltipla de nutrientes. UFLA, Lavras MG, 2010 .....91

### **ARTIGO 3**

- Tabela 3.3 Comprimento, volume, área de superfície, diâmetro e densidade de comprimento das raízes e massa seca de raízes de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução completa e com omissão múltipla de macronutrientes. UFLA, Lavras MG, 2010 .....94
- Tabela 3.4 Teor médio de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes em rizomas de copo-de-leite cultivados em solução completa e com omissão de macronutrientes. UFLA, Lavras MG, 2010 .....98
- Tabela 3.5 Teor médio de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes presente nas raízes de copo-de-leite cultivado em solução completa e com omissão de macronutrientes. UFLA, Lavras MG, 2010 .....103

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	14
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	17
<b>2.1</b>	<b>Floricultura</b> .....	17
<b>2.2</b>	<b>Características da planta</b> .....	17
<b>2.3</b>	<b>Nutrição mineral de plantas ornamentais</b> .....	18
<b>2.4</b>	<b>Deficiência múltipla</b> .....	19
<b>2.5</b>	<b>Sintomas de deficiência</b> .....	20
<b>2.6</b>	<b>Sistema radicular</b> .....	22
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	23
	<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGOS</b> .....	27
	<b>ARTIGO 1 Nutrição mineral e índices biométricos de copo-de-leite cultivado sob deficiência múltipla de nitrogênio e fósforo</b> .....	28
	<b>ARTIGO 2 Análise do florescimento e estado nutricional de copo-de-leite cultivado sob deficiência múltipla de nitrogênio e fósforo</b> ...	63
	<b>ARTIGO 3 Composição química e efeito da deficiência múltipla de n e p no rizoma e sistema radicular de copo-de-leite</b> .....	82

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO

O setor de Floricultura e Plantas Ornamentais é caracterizado como uma atividade competitiva e dinâmica, de alta rentabilidade e que tem apresentado crescimento constante nos últimos anos principalmente no que tange à estrutura de mercado, à diversificação de espécies e variedades, à difusão de novas tecnologias de produção, à profissionalização dos agentes da cadeia, bem como na sua integração (CORRÊA; PAIVA, 2009; TANIO; SIMÕES, 2005).

Esse setor apresenta uma importância social bastante significativa pela alta demanda de mão-de-obra por área de produção, gerando empregos e possibilitando a melhoria das condições econômicas das pessoas envolvidas nas diversas etapas da cadeia produtiva (ALMEIDA et al., 2009). A produção de flores e plantas ornamentais gera, na média nacional, 3,8 empregos diretos/ha. Ressalta-se, ainda, que 94,4% desses empregos são preenchidos com mão-de-obra permanente, sendo 81,3% contratada e trabalho familiar 18,7% (INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA - IBRAFLOR, 2008).

Atualmente são mais de 4 mil produtores, cultivando uma área de cerca de 6,0 mil hectares, em 304 municípios e constituindo 12 importantes polos de produção. Embora ainda fortemente concentrada no estado de São Paulo, particularmente nas regiões dos municípios de Atibaia e Holambra (IBRAFLOR, 2008), o estado de Minas Gerais também vem se destacando como responsável por 22,15% das áreas de cultivo com espécies ornamentais (LANDGRAF; PAIVA, 2009). Esses dados evidenciam fortes tendências de descentralização produtiva e comercial dessa atividade (IBRAFLOR, 2008).

A gama de produtos engloba desde plantas para corte (flores e folhagens), plantas envasadas, floríferas ou não, até a produção de sementes,

bulbos, palmeiras, arbustos, mudas de árvores e outras espécies para cultivo em jardins (CORRÊA; PAIVA, 2009).

A produção de flores de corte corresponde a um dos segmentos mais expressivos da floricultura, as quais são utilizadas principalmente para elaboração de buquês e arranjos florais. Uma vantagem desse segmento é o rápido retorno do capital investido, e a principal desvantagem é a perda do produto, o qual é perecível e deve ser comercializado rapidamente (ALMEIDA et al., 2009).

Dentre as flores de corte, destaca-se o copo-de-leite que é bastante apreciado, pois suas inflorescências são versáteis na composição de vários estilos de arranjos florais. Ainda, além das inflorescências, as folhas também são utilizadas em arranjos, aumentando ainda mais as vantagens do cultivo dessa espécie (ALMEIDA, 2007). No estado de Minas Gerais é uma das espécies mais produzidas, ocupando uma área de aproximadamente 16 hectares (LANDGRAF; PAIVA, 2009).

No setor 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 altas quantidades 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). Ao contrário, a deficiência de nutrientes provoca distúrbios metabólicos que se manifestam como sintomas visíveis como diminuição no crescimento, amarelecimento, avermelhamento das folhas ou outras anomalias (EPSTEIN; BLOOM, 2006)



Assim, objetivou-se caracterizar os sintomas de deficiências múltiplas de macronutrientes, avaliando o efeito das omissões de nutrientes sob o desenvolvimento e o estado nutricional de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Floricultura**

Atualmente, observa-se grande crescimento e consolidação de importantes polos florícolas, destacando-se, entre esses, o estado de Minas Gerais (IBRAFLOR, 2008). Esse setor de floricultura é dividido em diversos segmentos. Dentre os quais, 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 (ALMEIDA, 2007). De acordo com Landgraf e Paiva (2009) a produção de flores de corte nesse estado é uma atividade realizada por 188 produtores. A produção se concentra nos polos produtivos de Dona Euzébia, Barbacena, região metropolitana de Belo Horizonte, Andradas e Araxá, numa área plantada de aproximadamente 290 ha, sendo as principais espécies cultivadas: rosa, sempre-vivas, cravo, helicônia e copo-de-leite.

### **2.2 Características da planta**

O copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) é uma planta originária da África do Sul, pertencente à família Araceae. 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; ZUK; ZUK, 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, responsáveis pela dispersão das sementes (SALINGER, 1991).

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 (TJIA, 1989).

### **2.3 Nutrição mineral de plantas ornamentais**

De acordo com Bergmann (1992) as causas de deficiências ou toxidez são muitas como: o fornecimento inadequado de nutrientes; a retirada contínua de nutrientes empobrecendo o solo devido ao cultivo sem reposição; a lixiviação ou retenção de nutrientes; o uso de substratos com baixo teor de nutrientes e a aplicação de fertilizantes com fórmulas desbalanceadas, especialmente com nitrogênio (N).

As recomendações científicas sobre o correto manejo da adubação de plantas do gênero *Zantedeschia* ainda são bastante escassas e, muitas vezes, se contradizem (ALMEIDA, 2007). Salinger (1991) cita que não é conveniente fornecer altos níveis de N em plantas do gênero *Zantedeschia*, pois pode estimular maior desenvolvimento vegetativo em detrimento da floração. Clemens et al. (1998) obtiveram maior número de inflorescências em plantas de *Zantedeschia albomaculata* cultivadas em baixas concentrações de N.

Também, para o cultivo de plantas do gênero *Zantedeschia*, é recomendado o uso do fertilizante básico 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, sendo recomendada, no plantio, a utilização de 20 litros de esterco de curral curtido por m<sup>2</sup> (ALMEIDA; PAIVA, 2004).

Dezessete elementos são considerados essenciais para as angiospermas e gimnospermas, incluindo nesses o carbono, oxigênio e hidrogênio, os quais representam cerca de 96% da massa seca das plantas (PAIVA; OLIVEIRA,

2006). De acordo com Almeida (2007), a manifestação dos sintomas de deficiência de macronutrientes em copo-de-leite segue a seguinte ordem cronológica: Nitrogênio (N) > Enxofre (S) > Boro (B) > Potássio (K) > Ferro (Fe) > Fósforo (P) > Cálcio (Ca), mas as recomendações de adubação para essa espécie ainda são bastante insipientes.

Carneiro (2009) desenvolveu um estudo do acúmulo de nutrientes em copo-de-leite em fase inicial de cultivo que, além de determinar o comportamento fisiológico do crescimento e florescimento das plantas, avalia a exigência nutricional. Ela observou que a necessidade da planta segue a seguinte ordem decrescente: N > K > Ca > P = S > Mg, podendo destacar a importância do N para o desenvolvimento satisfatório das plantas de copo-de-leite.

A técnica do elemento faltante em solução nutritiva é utilizada em diversos trabalhos como foi pesquisada por Frazão et al. (2010) em que o bastão-do-imperador mostrou-se mais exigente em B, K, N, P e S na fase inicial de crescimento, afetando também o sistema radicular das plantas. Yeh, Lin e Wright (2000) trabalhando com nutrição mineral, observaram os sintomas de deficiência de nutrientes em plantas de *Spathiphyllum*, podendo concluir que o peso da matéria seca de raízes foi diminuído quando as plantas foram cultivadas em solução com omissão de N e P.

## **2.4 Deficiência múltipla**

Os sintomas de deficiências nutricionais são em geral característicos para cada elemento, dependendo da severidade da deficiência, da espécie ou variedade e de fatores ambientais. Antes do aparecimento dos sintomas morfológicos de deficiências minerais, a planta poderá sofrer de “fome escondida”: a falta de elementos no substrato limita o crescimento e a produção, não sendo, porém, suficientemente aguda para provocar manifestações anormais

visíveis. Dentre os fatores que podem induzir a dúvidas na diagnose, destacam-se as deficiências múltiplas: uma planta pode ter deficiências de dois ou mais elementos o que torna a identificação mais difícil do que quando ocorrem isoladamente (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Salvador, Moreira e Muraoka (1999) avaliaram os efeitos da omissão simples e combinada de dois nutrientes em mudas de goiabeira, e observaram que os sintomas visuais de plantas com deficiência múltipla de NK e NS são semelhantes e intensificados em comparação com os sintomas de deficiência de N de forma isolada.

Pinho (2007) utilizou a bananeira ornamental (*Musa velutina*) para caracterizar os sintomas visuais de deficiência nutricional simples e múltipla de Ca e B e de Mg e Mn. Souza (2010) trabalhando com solução nutritiva, caracterizou os sintomas e alterações químicas em mamoneira sob deficiência simples e múltipla de nutrientes, sendo observada dominância dos sintomas de deficiência de B quando associado à omissão de outro nutriente.

## **2.5 Sintomas de deficiência**

De acordo com Malavolta (2006) a identificação de sintomas visuais de deficiências e excessos se baseia no princípio de que um dado elemento exerce a(s) mesma(s) função(ões) em todas as plantas, cultivadas ou não. Dessa forma a falta ou excesso provoca a(s) mesma(s) desordem(ns) nutricional(ais) ou seja, há um denominador comum para os sintomas em todas as espécies.

Em plantas com deficiência de N, a clorose geral e o estiolamento são os sintomas mais característicos. Também o crescimento é atrasado e lento e as plantas têm aparência raquítica. As partes mais maduras da planta são as primeiras a serem afetadas, pois as proteínas das folhas mais velhas sofrem proteólise, sendo hidrolisadas e resultando em aminoácidos que são

redistribuídos para folhas e tecidos novos (MALAVOLTA, 2006; MENGEL; KIRKBY, 1982). Malavolta (2006) destaca outros sintomas como: ocorrência de ângulo agudo entre caule e folhas, dormência das gemas laterais, redução no perfilhamento, senescência precoce e formação de folhas menores.

O N é comumente o quarto elemento mais abundante nas plantas sendo absorvido principalmente como nitrato, reduzido e incorporado em compostos orgânicos, constituinte de aminoácidos, nucleotídeos e coenzimas (EPSTEIN, 1975).

Yeh, Lin e Wright (2000) observaram redução no peso da matéria seca em razão da carência de N em *Spathiphyllum*. Almeida (2007) observou que a omissão isolada de N inibe o florescimento de plantas de copo-de-leite, além de induzir a emissão de folhas novas de tamanho reduzido e clorose no limbo e no pecíolo das folhas mais velhas.

Frazão et al. (2010) verificaram que o tratamento com omissão de N, foi um dos que mais limitou o desenvolvimento de bastão-do-imperador em altura e número de hastes vegetativas, quando comparadas àquelas do tratamento completo, seguido pelos nutrientes: B, P e K.

A principal função do P é armazenar e transferir energia por meio da adenosina trifosfato (ATP) (MALAVOLTA, 2006). Também, o P está presente no DNA e RNA e participa da síntese de proteínas (MENGEL; KIRKBY, 1982). A absorção desse nutriente é feita, principalmente, como íon  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (EPSTEIN, 1975).

A coloração verde-escura das folhas é um dos primeiros sintomas de deficiência de P em muitas espécies. O crescimento é reduzido e, em condições de deficiência severa, as plantas ficam anãs (EPSTEIN, 1975). Outros sintomas descritos por Malavolta (2006) são menor perfilhamento, gemas laterais dormentes, número reduzido de frutos e sementes e atraso no florescimento.

De acordo com Yeh, Lin e Wright (2000), plantas de *Spathiphyllum* 'Sensation' com deficiência de P tiveram crescimento lento e não mostraram sintomas típicos de deficiência. Almeida (2007) observou que a omissão de P proporciona folhas com tonalidade mais escura seguido de manchas purpúreas nas folhas de plantas de copo-de-leite, além de apresentar um crescimento reduzido.

## **2.6 Sistema radicular**

Sobre os fenômenos que ocorrem em sistemas radiculares desenvolvidos sob deficiência nutricional, o conhecimento ainda é restrito. Para tanto, métodos de medição manual podem ser empregados, mas os sistemas automatizados têm sido amplamente utilizados para medição de morfologia radicular (WANG; ZHANG, 2009). Sistemas de análise de imagens fornecem uma oportunidade para facilitar o processo de avaliação (HIMMELBAUER; LOISKANDL; KASTANEK, 2004), sendo um deles o WinRHIZO system (REGENT INSTRUMENTS, 2004). Este utiliza um método não-estatístico para avaliar a morfologia radicular, permitindo o cálculo do comprimento total de raízes (WANG; ZHANG, 2009).

Blouinm, Bator e Roumet (2007) citam que as informações sobre a distribuição de diâmetro de raiz são essenciais para uma boa compreensão do sistema radicular e do funcionamento do solo. Raízes de maior diâmetro representam a maior parte do sistema radicular e servem como vias de transporte a longa distância para condução de água e nutrientes, sendo importantes também para o armazenamento, a fixação e suporte de raízes laterais. Raízes menores compõem a maior parte da superfície do sistema radicular e são responsáveis pela absorção de água e de nutrientes.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. F. A. **Nutrição mineral em plantas de copo-de-leite: deficiência de nutrientes e adubação silicatada**. 2007. 120 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- ALMEIDA, E. F. A. et al. Produção de flores e plantas ornamentais: como começar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 249, p. 7-15, mar./abr. 2009.
- ALMEIDA, E. F. A.; PAIVA, P. D. O. **Floricultura 2: cultivo de copo-de-leite**. Lavras: UFLA, 2004. 28 p. Texto acadêmico.
- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis**. Jena: G. Fischer, 1992. 741 p.
- BLOUIN, M.; BAROT, S.; ROUMET, C. A quick method to determine root biomass distribution in diameter classes. **Plant and Soil**, The Hague, v. 290, n. 1/2, p. 371-381, Jan. 2007.
- BRICKELL, C.; ZUK, J.; ZUK, J. D. (Ed.). **A-Z encyclopedia of garden plants**. Alexandria: American Horticultural Society, 1996. 576 p.
- CARNEIRO, D. N. M. **Acúmulo de nutrientes em copo-de-leite em fase inicial de cultivo**. 2009. 53 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- CLEMENS, J. et al. 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.



CORRÊA, P. R.; PAIVA, P. D. O. Agronegócio da floricultura brasileira. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 21, n. 4, p. 253-261 out./dez. 2009.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. 2. ed. Tradução Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Planta, 2006. 401 p.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas**: princípios e perspectivas. São Paulo: USP, 1975. 344 p.

FRAZÃO, J. E. M. et al. Deficiência nutricional em bastão-do-imperador (*Etilingera elatior* (Jack) R. M. Smith): efeito na produção de matéria seca e índices biométricos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 294-299, mar./abr. 2010.

HIMMELBAUER, M. L.; LOISKANDL, W.; KASTANEK, F. Estimating length, average diameter and surface area of roots using two different Image analyses systems. **Plant and Soil**, The Hague, v. 260, n. 1/2, p. 111-120, Mar. 2004.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 32 p. (Circular, 347).

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. Floricultura no Brasil. **Apontamentos mais relevantes sobre o papel sócio-econômico recente da atividade**. Disponível em: <<http://www.ibraflor.org/userfiles/file/FloriculturanoBrasil-atualizado06.2008.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2010.

JACOBSON, L. Maintenance of Fe supply. **Plant Physiology**, Rockville, v. 26, n. 3, p. 411-413, July 1951.

LANDGRAF, P. R. C.; PAIVA, P. D. O. Produção de flores cortadas no estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 120-126, jan./fev. 2009.

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

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

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e produção vegetal**. Lavras: UFLA, 2006. 104 p.

PINHO, P. J. **Deficiências nutricionais em bananeira ornamental (*Musa velutina* H. Wedl. & Drude)**: alterações químicas e morfológicas e caracterização de sintomas visuais. 2007. 152 p. Tese (Doutorado em Nutrição Mineral de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

RÉGENT INSTRUMENTS. Image Analysis for Plant Science. **WinRHIZO**<sup>®</sup>. Ottawa, 2004. Disponível em: < <http://www.regentinstruments.com/> >. Acesso em: 04 ago. 2009.

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

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Efeito da omissão combinada de N, P, K e S nos teores foliares de macronutrientes em mudas de goiabeira. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 501-507, maio 1999.

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.

SOUZA, G. A. **Caracterização de sintomas e alterações químicas em mamoneira (*Ricinus communis* L.) cv. Guarani sob deficiências simples e múltiplas de nutrientes**. 2010. 110 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição Mineral de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

TANIO, D. S.; SIMÕES S. C. **Cadeia de suprimentos de flores e plantas ornamentais no Brasil**: uma nova abordagem para aumentar a participação do setor no mercado internacional. Florianópolis: UFSC, 2005. Grupo de Estudos Logísticos. Disponível em: <  
[http://www.gelog.ufsc.br/site/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=12&tmpl=component&format=raw&Itemid=16](http://www.gelog.ufsc.br/site/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=12&tmpl=component&format=raw&Itemid=16)>. Acesso em: 02 mar. 2010.

TJIA, B. O. Zantedeschia. In: HALEVY, A. H. **Handbook of flowering**. Boca Raton: CRC, 1989. v. 6, 753 p.

WANG, M. B.; ZHANG, Q. Issues in using the WinRHIZO system to determine physical characteristics of plant fine roots. **Acta Ecologica Sinica**, Pequim, v. 29, n. 2, p. 136-138, June 2009.

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, June 2000.

**SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

**NUTRIÇÃO MINERAL E ÍNDICES BIOMÉTRICOS DE COPO-DE-  
LEITE CULTIVADO SOB DEFICIÊNCIA MÚLTIPLA DE  
NITROGÊNIO E FÓSFORO**

**Preparado de acordo com as normas da Revista Pesquisa Agropecuária  
Brasileira - PAB**

## **Nutrição mineral e índices biométricos de copo-de-leite cultivado sob deficiência múltipla de nitrogênio e fósforo**

Katiúcia Dias Fernandes<sup>1</sup>, Patrícia Duarte de Oliveira Paiva<sup>1</sup>, Janice Guedes de Carvalho<sup>2</sup>, Aiesca Cecília Resende<sup>1</sup>, Madeleine Alves de Figueiredo<sup>1</sup>

### **Resumo**

A deficiência múltipla é considerada um dos vários fatores que pode induzir dúvidas na diagnose baseada apenas na sintomatologia, pois torna a identificação mais difícil. Assim, objetivou-se avaliar o desenvolvimento de copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) e as alterações morfológicas decorrentes da desordem nutricional provocada pela omissão múltipla e isolada de nitrogênio e fósforo em solução nutritiva. O copo-de-leite foi cultivado por um período de 8 meses em solução de Hoagland e Arnon (1950) completa e com omissão simples de nitrogênio (N), de fósforo (P) e múltipla de NP e, ainda, solução nutritiva com NP nas concentrações na concentração de 25%, 50% e 75% totalizando 7 tratamentos, com 4 repetições e delineamento experimental inteiramente casualizado. Ao final do período experimental foram avaliados a altura de planta, o número de folhas emitidas, dimensões de folhas, número de brotos e a composição mineral da parte aérea. A omissão de nutrientes tanto na forma simples quanto múltipla afetou o desenvolvimento das plantas. A maior formação de brotos ocorreu em plantas cultivadas em solução com omissão NP e com 25% da concentração de NP. A composição mineral dos macronutrientes presentes em folhas e brotos das plantas foi influenciada pela deficiência múltipla de N e P.

Termos para indexação: *Zantedeschia aethiopica*, solução de Hoagland e Arnon, flor de corte.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de agricultura/ DAG – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – kkatuicia@yahoo.com.br, patriciapaiva@dag.ufla.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de Ciência do Solo/ DCS – Lavras, MG.

## **Mineral nutrition and biometric index of calla lily under multiple deficiency of nitrogen and phosphorus**

### **ABSTRACT**

The multiple nutritional deficiencies are considered one of several factors that can induce doubt in the diagnosis based on symptoms only, because it makes identification more difficult. The objective of this work was to measure the development of calla lily (*Zantedeschia aethiopica*) and the morphological changes resulting from nutritional disorder caused by multiple and simple deficiencies of nitrogen and phosphorus in nutrient solution. The plants of calla lily was grown for a period of eight months in a solution of Hoagland and Arnon (1950) complete, with simple omission of Nitrogen (N), phosphorus (P), and multiple N and P, and also nutrient solution with NP at a concentration of 25%, 50% and 75% to 7 treatments with 4 replicates and randomized experimental design. At the end of the trial evaluated the plant height, number of emitted leaves, leaf size, number of shoots and the mineral composition of the shoot. The omission of both nutrients as simple as multiple affected the growth of plants. The greatest shoot formation occurred in plants grown in solution with NP omission and 25 NP. The mineral composition of macronutrients present in leaves and shoots of plants was influenced by multiple deficiency of N and P, especially when N was omitted.

Keywords: *Zantedeschia aethiopica*, Hoagland e Arnon solutions, floriculture.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor de Floricultura engloba desde plantas para corte (flores e folhagens), plantas envasadas, floríferas ou não, até a produção de sementes, bulbos, palmeiras, arbustos, mudas de árvores e outras espécies para cultivo em jardins (CORRÊA; PAIVA, 2009). A produção de flores de corte corresponde a um dos segmentos mais expressivos da floricultura e essas são utilizadas para elaboração de buques e arranjos florais. Uma vantagem desse segmento é o rápido retorno do capital investido, e a principal desvantagem é a perda do produto, que é perecível e deve ser comercializado rapidamente (ALMEIDA et al., 2009).

Nesse setor, os cultivos são intensivos (SILBERBUSH; LIETH, 2004). Assim, são utilizados novos sistemas automatizados de fertirrigação, adubos de liberação lenta, novos substratos, visando sincronizar a exportação de nutrientes da cultura com o aporte de nutrientes, a fim de evitar excesso ou escassez produtivo (BARBOSA et al., 2009). Segundo Epstein e Bloom (2006) quando um dos elementos químicos essenciais para a vida de uma planta está presente no meio em quantidades insuficientes, a deficiência de tal elemento nas células provocará distúrbios no metabolismo. Eventualmente, esses distúrbios metabólicos se manifestam em sintomas visíveis como diminuição no crescimento, amarelecimento, avermelhamento das folhas ou outras anomalias (MALAVOLTA, 2006).

Sendo assim, vários fatores combinados podem induzir dúvidas na diagnose baseada apenas na sintomatologia. Dentre estes podem se destacar as deficiências múltiplas. Uma planta pode ter deficiências de dois ou mais elementos o que torna a identificação mais difícil do que quando ocorrem isolados (EPSTEIN; BLOOM, 2004). Salvador et al. (1999) avaliaram os efeitos da omissão simples e combinada de dois nutrientes, estabelecida entre os

macronutrientes N, P, K e S em mudas de goiabeira. Observaram que, havendo uma interrupção conjunta no fluxo de dois nutrientes e, sendo um deles o N, a falta deste é que determinará, preferencialmente, a redução no crescimento da planta. Já Pinho (2007) que utilizou a bananeira ornamental para caracterizar os sintomas visuais de deficiência nutricional simples e múltipla de Ca e B, e de Mg e Mn, observou que a omissão dos nutrientes de forma isolada, ou em combinações na solução nutritiva, causou alterações morfológicas traduzidas em sintomas visuais de deficiência.

O copo-de-leite é uma planta de grande importância para o segmento da floricultura sendo as inflorescências do copo-de-leite muito apreciadas, pois são versáteis na composição de vários estilos de arranjos florais. Além das inflorescências, as folhas do copo-de-leite também são utilizadas em arranjos, aumentando ainda mais as vantagens do cultivo dessa espécie (ALMEIDA, 2007). Segundo Landgraf e Paiva (2009) o copo-de-leite é uma das espécies mais produzidas no estado de Minas Gerais, ocupando uma área de aproximadamente 16 hectares.

Em decorrência da importância da cultura do copo-de-leite no setor de Floricultura, objetivou-se caracterizar os sintomas de deficiências múltiplas de macronutrientes, avaliando o efeito das omissões de N e P sob o desenvolvimento e estado nutricional de plantas de copo-de-leite.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (Lavras-MG), definida geograficamente pelas coordenadas de 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste, altitude de 918 m.

Mudas micropropagadas de copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) e aclimatizadas por um período de 60 dias, com altura média de 15 cm, foram transferidas para bandejas plásticas contendo 36L de solução de Hoagland e Arnon (1950) completa, nas concentrações de 50% da sua força iônica nos primeiros 15 dias e 30% da sua força iônica após, totalizando 30 dias de adaptação, com aeração constante. Após esse período de adaptação, as plantas foram individualizadas em vasos com capacidade para 3 L também com aeração constante, fixadas pelo caule utilizando uma placa de isopor de 30 cm de diâmetro e 4 cm de espessura. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 7 tratamentos, em 4 repetições, sendo 2 vasos por parcela e uma planta por vaso. Os tratamentos consistiram de solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) a 30% da sua força iônica, utilizando como controle a solução completa, solução com omissão de nitrogênio (- N), omissão de fósforo (-P), omissão de N e P (-NP) e ainda solução com NP nas concentrações de 25% (25 NP), 50% (50 NP) e 75% (75 NP).

As trocas das soluções foram realizadas quinzenalmente, sendo o volume dos vasos mantido sempre em 3 L, com reposição diária com água deionizada. As plantas foram cultivadas sob tela Sombrite® 50%, disposta dentro da casa de vegetação.

Tabela 1.1 Composição química das soluções nutritivas utilizadas nos tratamentos (mL solução estoque por litro de solução)<sup>1</sup>

Soluções estoque	Molaridade	Completa	-N	-P	-NP	25% NP	50% NP	75% NP
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1 M	1	0,1	0,1	0,1	0,25	0,50	0,75
KNO <sub>3</sub>	1 M	6	0,6	6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4 H <sub>2</sub> O	1M	4	0,4	4	0,4	0,4	0,4	0,4
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1M	2	2	2	2	2	2	2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,5 M	-	3	-	0,9	0,9	0,9	0,9
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	-	250	250	250	250
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1 M	-	-	1	-	-	-	-
*Solução A		1	1	1	1	1	1	1
**Fe-EDTA		1	1	1	1	1	1	1

<sup>1</sup> Segundo Hoagland e Arnon (1950), solução número 2/ 30%

\*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).

As plantas foram frequentemente observadas, verificando-se qualquer manifestação dos sintomas de deficiência nutricional, fotografadas e anotadas todas as características das folhas e brotos que distinguiam as plantas com sintomas de deficiência daquelas cultivadas na solução completa. Dessa forma, foi possível acompanhar a evolução dos sintomas durante o período experimental.

Os índices biométricos foram obtidos após 180 dias de cultivo das plantas nos tratamentos com omissão de N e P devido à ocorrência de doença comumente conhecida como podridão mole (*Pectobacterium carotovorum*) que poderia influenciar nos tratamentos, e aos 240 dias de cultivo para as plantas dos outros tratamentos. Foram mensurados a altura das plantas, o número de folhas, o comprimento e largura da folha, o comprimento do pecíolo da folha e número de brotos.

Após as avaliações agrônômicas, as folhas e os brotos foram lavados separadamente em água corrente e depois em água destilada, acondicionadas em saco de papel Kraft, identificadas e secas em estufa de circulação forçada de ar com temperatura regulada entre 65° a 70°C até o peso constante. O mesmo procedimento foi adotado para as inflorescências (haste, espata e espádice). Determinaram-se os pesos das matérias secas das folhas e brotos em balança de precisão (0,01g).

Após a secagem, procedeu-se também à moagem em moinho tipo 'Willey' 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 e Oliveira (1997).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ) com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA,2000). Os dados de comprimento do maior broto foram transformados com o uso da fórmula  $\sqrt{x+1}$ . Altura de plantas foi

submetida à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,08$ ).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Observou-se que as plantas deficientes de N emitiram folhas novas pequenas, reduzindo o crescimento, conforme ilustra as Figuras 1A e B. As plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de N apresentaram, inicialmente, clorose uniforme no limbo e no pecíolo das folhas mais velhas. Com o decorrer do tempo, o sintoma evoluiu, ocorrendo amarelecimento em todo o limbo das folhas mais velhas, seguido de seca ou senescência que culminou com a morte foliar. Este estágio só é atingido, conforme Souza e Fernandes (2006), após os processos da senescência remobilizarem os nutrientes para outras partes da planta. Os primeiros sintomas visíveis de deficiência de N ocorreram 45 dias após a instalação do experimento, semelhantemente ao observado por Almeida (2007) trabalhando com deficiência nutricional em copo-de-leite.

Plantas cultivadas em solução com omissão de N apresentaram menor crescimento em relação às plantas cultivadas em solução completa. Pinho (2007) trabalhando com a bananeira ornamental, observou que as plantas sob deficiência desse nutriente também apresentaram crescimento retardado.



Figura 1 A. Plantas cultivadas em solução com omissão de N apresentando sintoma de deficiência. B. Planta em solução completa (esquerda) e em solução com omissão de N (direita)

As plantas cultivadas com omissão de P apresentaram crescimento semelhante às plantas mantidas em tratamento completo. De acordo com Carneiro (2009) o P foi o terceiro nutriente menos exigido por plantas de copo-de-leite na fase inicial de desenvolvimento. Já Almeida (2007) cita que o P foi o penúltimo elemento a apresentar o sintoma de deficiência de acordo com a ordem cronológica de sua pesquisa, o que ocorreu apenas após 107 dias de cultivo. Isso revela a menor exigência desse nutriente em plantas de copo-de-leite na fase inicial de desenvolvimento, sendo que o P presente no rizoma e raiz, somados ao P absorvido na fase de adaptação (solução completa), foram suficientes para manter o crescimento das plantas neste período.

Somente após 60 dias de cultivo sob omissão de P, algumas plantas apresentaram os primeiros sintomas de deficiência, conforme também já observado por Almeida (2007), apresentando crescimento menor em comparação com aquelas cultivadas em solução completa (Figura 2A). Outro sintoma típico de deficiência de P é a coloração verde-escura que as folhas

velhas apresentaram, também observado por Almeida (2007) (Figura 2. B). Esse sintoma foi observado também aos 60 dias de cultivo em plantas com omissão de P. Essa característica de folhas mais velhas com tonalidade verde-escura é explicada pelo reduzido crescimento das folhas, não afetando inicialmente a síntese de clorofila. Assim, há um aumento da concentração de clorofila por unidade de área foliar proporcionando uma cor mais escura (BERGMANN, 1992).

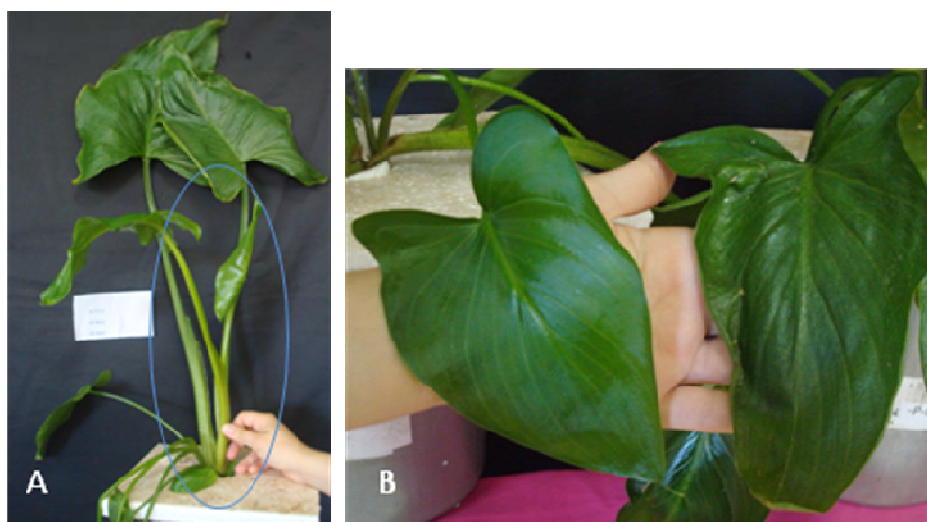


Figura 2 A. Sintomas de deficiência de P em copo-de-leite cultivado em solução nutritiva. B. Folhas das plantas desenvolvidas em solução com omissão de P (direita) mais escuras comparado com folhas das plantas cultivadas em solução completa

Pinho (2007) trabalhando com deficiência nutricional em bananeira ornamental, observou que as plantas sob deficiência de P inicialmente apresentaram crescimento retardado, quando comparadas às plantas do tratamento completo. Araújo e Machado (2006) mencionam que os sintomas de deficiência de P não são tão marcantes como de outros nutrientes e seus efeitos mais evidentes são uma redução do crescimento. Ainda assim, pode-se observar

coloração mais escura em folhas mais velhas (Figura 2). Após 180 dias da implantação do experimento, não se observou tonalidade purpúrea das bordas em direção ao centro nas folhas velhas, sintoma este característico da deficiência de P conforme descrição de Epstein e Bloom (2006). Não se observou o desenvolvimento de pigmentos purpúreos possivelmente devido ao encerramento do experimento antes de surgir esses sintomas. Epstein e Bloom (2006) citam ainda que a folha verde-escura ou azul-esverdeada é um dos primeiros sintomas em muitas espécies, e frequentemente desenvolvem-se pigmentos vermelhos, purpúreos e marrons nas folhas especialmente ao longo da nervura. Niedziela Júnior et al. (2008) trabalhando com *Lillium longiflorum* ‘Nellie white’, não observaram modificação na pigmentação ou tonalidade purpúrea nas plantas com omissão de P.

As plantas, antes de serem submetidas ao tratamento, permaneceram em solução completa para adaptação por 30 dias. Durante esse período, podem ter armazenado uma quantidade de nutriente tal que as possibilitaram crescer e desenvolver, de forma que não indicassem sintomas visuais de deficiência. Souza (2009) trabalhando com doses de B em solução nutritiva para desenvolvimento de copo-de-leite, também não observou sintomas visuais de deficiência durante os 210 dias de cultivo, atribuindo também ao acúmulo satisfatório desse nutriente advindo da solução de adaptação.

As plantas apresentaram sintomas característicos de deficiência nas folhas quando cultivadas em solução com omissão de N e P de forma isolada, não apresentando um sintoma diferente nas folhas quando cultivadas em solução com omissão múltipla de N e P. Os sintomas de deficiência de N pode ter mascarado os sintomas de deficiência em P, sendo esta a maior dificuldade encontrada na diagnose visual, pois existe deficiência de dois nutrientes, mas apenas um deles expressa o sintoma característico. Apenas em relação ao desenvolvimento que as plantas apresentaram sintomas de deficiência múltipla.



Após 120 dias, as plantas cultivadas em solução com omissão múltipla de N e P apresentaram clorose uniforme no limbo e no pecíolo das folhas mais velhas, conforme se visualiza na Figura 3. Com o tempo, os sintomas evoluíram, ocorrendo amarelecimento em todo o limbo das folhas mais velhas, seguido de seca (Figura 3).

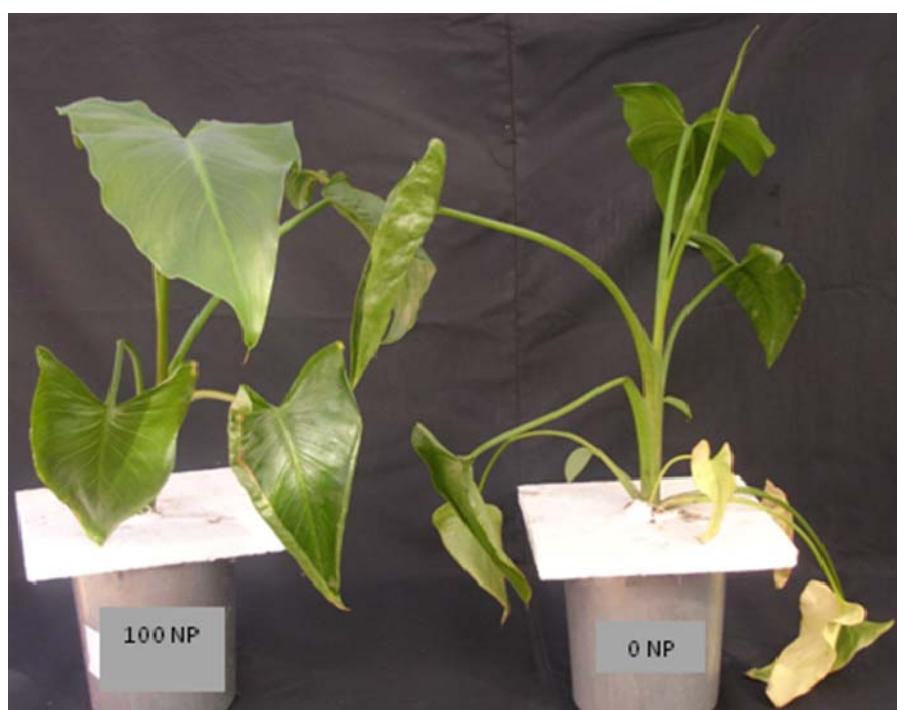


Figura 3 Amarelecimento do limbo das folhas mais velhas de copo-de-leite, seguido de seca, em plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de NP (direita) em comparação com planta mantidas em solução completa (esquerda)

Salvador, Moreira e Muraoka (1998) descrevem os sintomas visuais de deficiências múltipla de N e P em mudas de goiabeira como uma clorose inicial generalizada, seguido de manchas de coloração vermelho-escura internervais nas folhas mais velhas e de menor intensidade nas medianas, ocorrência de

pontuações necróticas avermelhadas no ápice das folhas velhas. Em copo-de-leite, também se observou amarelecimento do limbo das folhas mais velhas, seguido de seca (Figura 3), além do menor número de folhas quando comparado com as plantas cultivadas em solução completa.

Aos 150 dias após a implantação do experimento, as plantas cultivadas apresentaram desenvolvimento reduzido com um número de folhas menor em relação às plantas mantidas em solução completa (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 Número, comprimento e largura de folhas, altura da planta, massa seca de folhas e brotos, número de brotos e comprimento do maior broto em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução completa e com omissão múltipla de nutrientes.

Soluções	Nº folhas	Comprimen to folha (cm)	Largura folha (cm)	Altura* (cm)	Massa seca folhas (g)	Comprimen to maior broto (cm)	Número de brotos	Massa seca brotos (g)
Completa	5,00 a	20,37	16,21	72,62 a	11,02a	22,43	28,25 a	11,33 a
75 NP	4,75 b	17,38	14,20	67,92 a	7,87 b	18,85	21,28 b	6,14 b
50 NP	4,50 b	15,35	12,37	57,60 b	9,03 b	21,37	30,37 a	10,47 a
25 NP	4,50 b	17,68	13,21	66,50 a	8,77 b	19,64	20,71 b	4,79 b
-NP	3,50 b	18,66	10,76	59,44 b	5,92 c	21,53	16,37 b	7,58 b
-N	4,00 b	-**	-	60,25 b	9,26 b	11,87	21,62 b	5,28 b
-P	4,50 b	-	-	66,62 a	6,17 c	15,83	12,00 b	4,72 b

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5 % e 8%\* de probabilidade

\*\* Dados não mensurados

Resultado semelhante foi encontrado por Souza (2009) analisando o número de folhas de copo-de-leite, o qual não diferenciou significativamente em função das diferentes doses de B testadas. Já Carneiro (2009) observou que a produção média de folhas de copo-de-leite foi de 6,78 folhas/planta em seu experimento de acúmulo de nutrientes.

Não houve diferença no comprimento e largura de folhas das plantas cultivadas em diferentes soluções, apesar de Araújo e Machado (2006) citarem que o baixo suprimento de P diminui a área foliar em consequência da redução do número de folhas e limita a expansão foliar. O mesmo foi observado por Souza (2009) que, analisando copo-de-leite cultivado em diferentes doses de B, verificou que não houve diferença nas dimensões das folhas. Carneiro (2009) trabalhando com acúmulo de nutrientes em plantas de copo-de-leite, observou que as dimensões médias da folha recém madura foi de 20,99 cm (largura da folha) e 27,91 cm (comprimento da folha). Essa diferença nas dimensões pode ser devido à forma diferente de condução das plantas, tendo sido utilizado substrato e recipiente de cultivo de 8L, o que favoreceu o desenvolvimento das plantas de Carneiro (2009).

Observa-se diferença entre as alturas das plantas, ficando as plantas cultivadas em solução com -N, -NP e 50NP com as menores alturas. No presente trabalho, plantas cultivadas em solução completa apresentaram a altura média de 72,62 cm, obtida aos 240 dias de cultivo. Carneiro (2009) observou, aos 210 dias de cultivo, que as plantas de copo-de-leite apresentaram 91,46 cm de altura. Essa diferença pode ser atribuída ao diferente substrato de fixação e vaso com capacidade menor (3L) utilizado no presente experimento. Nos processos que aumentam a eficiência de utilização do nutriente P envolvem a remobilização do P interno, modificações no metabolismo de C que contornem as etapas que requerem P e a utilização de vias respiratórias alternativas (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

As plantas cultivadas em solução com omissão de macronutrientes apresentaram produção de massa seca foliar inferior àquelas mantidas em solução completa, sendo que a omissão de NP e P promoveu menores valores (Tabela 1.2). Esse resultado pode ter sido influenciado pelo nutriente com menor teor, no caso o P. Frazão et al. (2010), analisando a omissões simples de N e P em *Etilingera elatior*, também observaram menores produções de massa seca das folhas. Resultados semelhantes foram obtidos por Pinho (2007), em plantas de bananeira ornamental, nas quais as omissões simples de P e N foram as que mais afetaram a parte aérea. Almeida (2007) também observou que a omissão de N interfere na produção de massa seca das plantas de copo-de-leite.

O número de brotos foi maior em plantas cultivadas na solução completa e com 50 NP, não diferindo entre as outras soluções. Carneiro (2009) trabalhando com plantas de copo-de-leite observou a formação de 29,30 brotos. Valor próximo foi observado no presente trabalho, que em plantas cultivadas no tratamento completo produziram 28,25 brotos por planta. A redução na formação de brotos de acordo com Malavolta (2006) é um sintoma visual de deficiência tanto de N quanto de P.

As plantas cultivadas em solução com 50 NP apresentaram produção de massa seca de brotos semelhante ao das plantas cultivadas em solução completa (Tabela 1.2) e superior às das plantas dos demais tratamentos. Observa-se que esses mesmos tratamentos (50 NP e completa) apresentaram número de brotos semelhantes. A adubação, mesmo em baixa concentração frequentemente aumenta as produções (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Em relação à formação de brotos pode-se observar que 50% NP utilizados foram suficientes para produzir brotos em número e peso da matéria seca, semelhantemente às plantas cultivadas na solução completa. De acordo com Malavolta (2006) o perfilhamento de plantas está fortemente relacionado com o suprimento de N e P. Não foi

observada variação no comprimento do maior broto das plantas cultivadas nas diferentes soluções.

Pode-se observar pela Tabela 1.3 que o menor acúmulo de N ocorreu nas folhas das plantas cultivadas em solução com NP. Baixos teores seguidos de baixa produção de massa seca resultaram no menor acúmulo do nutriente na planta.

Tabela 1.3 Teor e acúmulo médio de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) presentes nas folhas de copo-de-leite cultivadas em solução completa e com omissão de macronutrientes.

Soluções	N		P		S	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completa	2,67 b	29,46 a	5,30 a	58,51 a	5,09 c	56,22 a
75 NP	1,94 c	15,28 c	4,56 b	35,98 b	6,49 a	51,11 b
50 NP	1,59 d	14,41 c	3,22 c	29,15 c	6,47 a	58,54 a
25 NP	1,53 d	13,42 c	3,09 c	27,13 c	5,54 b	48,64 b
-NP	1,36 d	8,07 d	1,29 d	7,67 d	5,93 b	35,15 c
- N	1,83 c	16,97 c	4,01 b	37,19 b	5,89 b	54,59 a
-P	3,70 a	22,87 b	1,87 d	11,63 d	4,53 c	28,01 d
	K		Ca		Mg	
Completa	6,60 d	72,73 d	7,51 b	82,77 a	6,91 a	76,14 a
75 NP	12,30 c	96,80 c	7,64 b	60,16 b	2,34 b	18,45 b
50 NP	16,0 b	144,48 b	7,24 b	65,37 b	1,71 c	15,83 b
25 NP	25,40 a	222,76 a	6,39 c	56,03 b	1,68 c	14,79 b
-NP	25,00 a	147,99 b	6,37 c	37,64 c	1,47 c	08,74 c
- N	24,80 a	229,65 a	5,94 c	55,01 b	1,65 c	15,29 b
-P	24,40 a	150,54 b	9,22 a	56,89 b	2,35 b	14,54 b
	B		Cu		Fe	
Completa	74,67 a	822,89 a	5,28 b	58,27 a	99,68 c	1098,5 a
75 NP	54,35 b	427,76 b	6,59 b	51,89 a	97,09 c	764,1 b
50 NP	47,50 b	428,96 b	5,20 b	59,73 a	83,21 c	751,5 b
25 NP	40,02 c	350,99 c	6,55 b	57,47 a	82,54 c	723,9 b
-NP	49,76 b	294,64 d	5,54 b	32,87 b	90,76 c	537,3 c
- N	45,82 b	424,33 b	6,69 b	62,00 a	120,26b	1113,6 a
-P	33,25 c	205,19 e	9,99 a	61,72 a	186,01a	1147,7a
	Zn		Mn			
Completa	103,63 a	1141,9 a	275,04 b	3030,9 a		
75 NP	108,11 a	850,8 b	251,36 b	1978,3 a		
50 NP	91,88 b	829,7 b	241,06 b	2176,8 a		
25 NP	95,59 b	838,4 b	248,19 b	2176,7 a		
-NP	109,57 a	648,7 c	318,55 <sup>a</sup>	1885,8 a		
- N	92,61 b	857,7 b	311,88 a	2168,8 a		
-P	86,41 b	533,1 c	159,77c	985,8 b		

São identificados efeitos gerais do suprimento limitado de P na assimilação de N como a diminuição na absorção de  $\text{NO}_3^-$  e diminuição na translocação do  $\text{NO}_3^-$  absorvido para a parte aérea, indicada por acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  nas raízes (ARAÚJO; MACHADO, 2006). Pode-se observar um maior teor de N nas raízes das plantas cultivadas com deficiência múltipla de N e P, quando comparado com o teor presente nas folhas dessas plantas.

Tanto o acúmulo como os teores de P nas folhas de copo-de-leite foram influenciados pela deficiência múltipla de N e P na solução. As folhas das plantas cultivadas em solução com omissão múltipla de NP e omissão simples de P apresentaram os menores teores de P. Em plantas deficientes em P, o fornecimento limitado de P inorgânico da raiz é suplementado pela mobilização de P de folhas velhas para jovens e raízes (ARAÚJO; MACHADO, 2006), o que justifica os baixos teores de P nas folhas.

Plantas cultivadas em solução com 25 NP e omissão de NP e P apresentaram altos teores de S nas folhas, seguidos de baixas produções de massa seca, o que resultou na concentração de S nas folhas. Pode-se observar menor acúmulo de S nas folhas das plantas cultivadas nessas soluções. Diferentemente, Salvador, Moreira e Muraoka (1999) observaram que os teores de S presentes nas folhas de goiabeira cultivada em solução com omissão de NP foi menor que nas folhas das plantas cultivadas em solução completa. O S é encontrado em dois aminoácidos e é constituinte de proteínas, assim como o N (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Baixas concentrações de N e P tanto na forma múltipla quanto isolada na solução aumentaram o teor de K nas folhas de copo-de-leite. Dado semelhante foi encontrado por Salvador Moreira e Muraoka (1999) em que a omissão de N aumentou as concentrações de K em mudas de goiabeiras. De acordo com Malavolta (2006) o K está associado ao N aumentando o teor de carboidratos, gorduras e proteínas. O K atua em muitos processos fisiológicos, ativa sistemas



enzimáticos, favorece um alto estado de energia (necessário para produção de ATP), além de incrementar a absorção de N e síntese de proteínas (MEURER, 2006). Sendo assim, pode-se inferir que quando há menor teor de N e P nas plantas o K tende a concentrar, apresentando altos teores na massa seca. Observa-se também um aumento no acúmulo de K nas folhas quando comparado com as das plantas cultivadas na solução completa. Os maiores teores de K são encontrados nas folhas quando comparado com os teores presentes nos brotos. O K tem grande importância no desenvolvimento de plantas de copo-de-leite, pois, de acordo com Carneiro (2009), trabalhando com acúmulo de nutrientes, o K foi o nutriente mais acumulado entre os macronutrientes, sendo a parte aérea o principal local de acúmulo.

Nas folhas das plantas cultivadas em solução com omissão de P observou-se um alto teor de Ca quando comparado com os demais (Tabela 1.3). Isso pode ter ocorrido devido ao efeito de concentração em que a baixa produção de massa seca faz com que o Ca se concentre na folha. Já nas folhas das plantas cultivadas com omissão múltipla de N e P verificaram-se os menores teores de Ca como nos tratamentos 25 NP e NP, seguido do tratamento -N com baixos teores de Ca (Tabela 1.4). O acúmulo desse nutriente em plantas cultivadas com omissão de N e P foi inferior quando comparado com plantas cultivadas em solução completa, com destaque para plantas cultivadas em solução com omissão de NP, que apresentou o menor acúmulo de Ca. O teor de Ca de  $6,39 \text{ g.kg}^{-1}$  foi observado em plantas cultivadas em solução com 25 NP aos 240 dias de cultivo, valor abaixo do encontrado por Carneiro (2009) em plantas jovens de copo-de-leite com 60 dias de cultivo, que foi de  $6,75 \text{ g.kg}^{-1}$ . O valor  $6,39 \text{ g.kg}^{-1}$  de Ca aos 240 dias de cultivo não é indicado para um desenvolvimento satisfatório de plantas jovens de copo-de-leite.

Pode-se observar que houve um menor acúmulo de Mg principalmente nas folhas de plantas cultivadas em solução -NP. Os baixos teores observados

desse elemento seguido de baixos pesos de matéria seca resultaram no menor acúmulo de Mg nas folhas. Diferente do que foi observado por Almeida (2007) que, trabalhando com deficiência de N, observou que a omissão desse nutriente proporcionou aumento significativo do teor de Mg das folhas de copo-de-leite. Plantas com 240 dias de cultivo em solução com omissão múltipla de N e P apresentaram teor de Mg inferior ao de plantas de copo-de-leite com 30 dias de cultivo, de acordo com dados de Carneiro (2009), sendo  $1,47 \text{ g. kg}^{-1}$  e  $3,38 \text{ g. kg}^{-1}$  respectivamente.

A omissão de N e P na solução tanto na forma isolada quanto múltipla interferiu no teor de B nas folhas das plantas (Tabela 1.3). Os baixos teores associados às baixas produções de massa seca culminaram nos menores acúmulos de B em plantas sob omissão múltipla e isolada de N e P, com destaque para plantas cultivadas em solução de P que apresentaram menor acúmulo de B. As concentrações de B entre  $30$  e  $50 \text{ mg.kg}^{-1}$  na massa seca são consideradas adequadas para um crescimento normal das plantas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Folhas de copo-de-leite cultivadas em solução com omissão simples de P obtiveram valor de  $33,25 \text{ mg.kg}^{-1}$  bem próximo ao limite inferior para o crescimento normal, mas ainda dentro do limite recomendado.

Nas folhas de plantas cultivadas com omissão de P, observou-se o maior teor de Cu,  $9,99 \text{ mg.Kg}^{-1}$ . Valor este satisfatório para o desenvolvimento de copo-de-leite de acordo com resultados de Carneiro (2009) que, trabalhando com acúmulo de nutrientes, obteve o teor de  $8,63 \text{ mg.Kg}^{-1}$  em plantas com 210 dias de cultivo. O acúmulo de Cu nas folhas das plantas cultivadas nessa solução, não variou em relação à completa devido à menor produção de massa seca das plantas cultivadas na solução -P, fazendo com que a planta acumulasse quantidades semelhantes de Cu. Nos demais tratamentos não houve diferenças, mas ficou abaixo dos valores observados por Carneiro (2009) que variou de  $10,50$  a  $8,63 \text{ mg.kg}^{-1}$  o teor de Cu. Almeida (2007) não observou diferença nos

teores de Cu em folhas de copo-de-leite quando cultivadas em solução com omissão de N ou P.

Foram observados sintomas leves de deficiências de Cu em folhas de copo-de-leite: folhas jovens com aspecto murcho e retorcidas, tornando-se quebradiças, com manchas necróticas que se estendem em direção a base, como descrito por Dechen e Nachtigall (2006) e Taiz e Zeiger (2004). Esses sintomas foram observados nas plantas cultivadas em todas as soluções, inclusive naquelas cultivadas em solução completa, sugerindo que o cultivo das plantas em solução de Hoagland e Arno a 30% de força iônica apresenta concentração de Cu abaixo do que é proposto para o cultivo satisfatório de plantas de copo-de-leite.

Em folhas de plantas cultivadas em solução com omissão simples de N e P, observou-se altos teores de Fe seguido de baixo peso da matéria seca de folhas, observando assim a concentração do Fe (Tabela 1.3). Nas folhas das plantas cultivadas em solução com deficiência múltipla não se observou variação nos teores de Fe quando comparadas com os teores das folhas das plantas cultivadas em solução completa. Carneiro (2009) encontrou em plantas de copo-de-leite com 210 dias de cultivo os teores de Fe de  $79,55 \text{ mg.Kg}^{-1}$ .

Para Zn pode-se observar que a omissão simples e múltipla de N e P interferiu nos teores desse nutriente, sendo que plantas cultivadas em solução com -P e -NP apresentaram o menor acúmulo de Zn. De acordo com dados de Carneiro (2009) os teores de Zn estão abaixo do exigido pela cultura de copo-de-leite, que encontrou o teor de  $188,75 \text{ mg.Kg}^{-1}$  em plantas de copo-de-leite com 210 dias de cultivo. De acordo com Malavolta (2006) o fornecimento de N aumenta o teor de Zn nas folhas. Sabe-se da inibição não competitiva que existe entre o P e Zn e, sendo assim, resultados controversos têm sido publicados sobre a interação entre esses nutrientes (ARAUJO; MACHADO, 2006;

MALAVOLTA, 2006). Observou-se que a omissão de P nos vários níveis pode ter diminuído o transporte de Zn da raiz para a parte aérea.

Nas folhas de plantas cultivadas com omissão múltipla de NP e omissão simples de N foram encontrados os altos teores de Mn. Teores semelhantes de Mn foram encontrados por Carneiro (2009) trabalhando acúmulo de nutrientes em copo-de-leite. Com exceção das plantas cultivadas nas soluções -NP e -N que apresentaram maiores teores de Mn. Almeida (2007) verificou nos tratamentos com deficiência de fósforo a redução do teor de Mn nas folhas de copo-de-leite. De acordo com Malavolta (2006) a presença de N-NH<sub>4</sub> aumenta o teor de Mn na folha pelo efeito na disponibilidade. Pode-se observar que os maiores teores de Mn são encontrados nas folhas de copo-de-leite quando comparado com os teores presentes nos brotos (Tabela 1.4 e 1.5). Ainda, de acordo com Malavolta (2006) o excesso de Fe pode induzir deficiência de Mn. Ao observar os teores desses nutrientes nas folhas de plantas cultivadas com omissão de P, pode-se perceber essa relação.

As brotações das plantas cultivadas em solução com omissão de N e P apresentaram baixos teores de N, mostrando que este nutriente afeta diretamente a formação de novas estruturas na planta (Tabela 1.4).

Tabela 1.4 Teor e acúmulo médio de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes presente nos brotos de copo-de-leite cultivado em solução completa e com omissão de macronutrientes.

Soluções	N		P		S	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completa	2,70 b	30,59 a	4,67 a	52,98 a	2,44 b	27,78 a
75 NP	2,60 b	16,00 b	4,94 a	30,36 c	2,42 b	14,94 c
50 NP	1,69 d	17,73 b	3,66 b	38,41 b	2,29 b	23,51 b
25 NP	2,09 c	10,01 c	4,11 b	19,54 d	2,15 b	10,32 d
-NP	1,32 d	10,03 c	2,21 c	16,80 d	1,52 c	11,60 d
- N	1,61 d	08,52 c	4,01 b	21,24 d	1,58 c	8,36 d
-P	3,83 a	18,09 b	1,42 d	06,75 e	3,10 a	14,64 c
	K		Ca		Mg	
Completa	13,2	148,55 a	12,97 d	147,06 c	1,54 a	17,53 a
75 NP	15,6	95,78 c	24,40 c	149,85 c	1,12 b	6,87 c
50 NP	14,0	146,58 a	27,68 c	289,83 a	0,98 c	10,29 b
25 NP	13,8	66,10 d	45,32 a	217,11 b	1,15 b	5,54 d
-NP	14,0	110,67 b	39,54 b	299,79 a	0,96 c	7,30 c
- N	14,6	73,92 d	0,62 e	4,43 d	1,22 b	6,44 c
-P	13,6	64,19 d	2,76 e	13,05 d	1,54 a	7,29 c
	B		Cu		Fe	
Completa	15,54 b	389,62 a	7,2	81,65 a	66,16 b	749,8 a
75 NP	20,00 a	122,83 b	8,57	52,64 b	72,49 b	440,5 c
50 NP	13,12 b	137,39 b	8,32	87,21 a	61,50 b	644,0 a
25 NP	11,03 c	52,85 b	9,81	47,04 b	73,65 b	352,8 c
-NP	09,46 c	71,79 b	8,06	61,12 b	68,32 b	516,0 b
- N	13,42 b	70,89 b	7,87	41,61 b	74,15 b	391,6 c
-P	22,11 a	104,40 b	8,06	45,29 b	113,14a	534,1 b
	Zn		Mn			
Completa	72,00	815,8 a	20,39 a	532,8 a		
75 NP	79,12	485,8 c	14,96 b	342,8 c		
50 NP	67,67	708,5 b	11,77 c	453,0 b		
25 NP	74,96	359,1 d	15,04 b	335,7 c		
-NP	67,96	515,2 c	12,94 c	620,5 a		
- N	76,87	405,9 d	12,09 c	459,5 b		
-P	76,48	361,0 d	12,67 c	417,3 b		

Analisando a massa seca dos brotos das plantas cultivadas nessas soluções pode-se observar que as mesmas também apresentaram baixo peso quando comparado com os brotos das plantas cultivadas em solução completa (Tabela 1.2). Quando isso ocorre seguido de um baixo teor de N resulta em um menor acúmulo de N nos brotos. Esse valor era esperado, pois à medida que se diminuem as concentrações de N e P nas soluções, se reduz também o acúmulo de N nos brotos de copo-de-leite. Já os brotos cultivados em solução com omissão simples de P, como não houve omissão de N, apresentaram alto teor de N quando comparado com os brotos cultivados em solução completa.

Os teores de P nos brotos de copo-de-leite foram influenciados pela deficiência múltipla de N e P na solução. Esses valores eram esperados, já que à medida que se diminui a concentração de N e P nas soluções observa-se uma diminuição dos teores de P. Os brotos das plantas cultivadas em solução -NP apresentaram o menor teor de P. Já os brotos cultivados com omissão de P apresentaram o menor acúmulo de P. Os demais teores foram menores que o encontrado para brotos das plantas cultivadas em solução completa, com exceção do 75NP. Para as plantas cultivadas nessa solução pode ter ocorrido o efeito de concentração em que a produção de massa seca reduziu muito quando se diminuiu um pouco o N e P na solução, concentrando assim o P nos brotos. Pode-se observar que os teores dos brotos cultivados na solução 75 NP e solução completa são semelhantes, mas os pesos de matéria seca são diferentes.

Os brotos das plantas cultivadas em solução com omissão simples de N e múltipla de NP apresentaram o menor teor de S. Os demais teores foram semelhantes aos encontrados para brotos das plantas cultivadas em solução completa, com exceção do P. O S é encontrado em dois aminoácidos e é constituinte de proteínas, assim como o N (TAIZ; ZEIGER, 2004). Observa-se que nos brotos cultivados em solução de -P em que o teor de N não foi omitido, o teor de S foi maior que nos brotos das plantas cultivadas nas demais soluções.

Isso pode ter ocorrido devido ao efeito de concentração, em que baixa produção de massa seca das plantas cultivadas em solução com omissão de P, fez com que o S se concentrasse nos brotos. O S não é remobilizado com facilidade para as folhas jovens, na maioria das espécies (TAIZ; ZEIGER, 2004), o que se observa nos baixos teores encontrados para brotos de copo-de-leite quando comparado com teores em folhas.

Não houve diferença nos teores de K em brotos de plantas de copo-de-leite, mas observa-se um acúmulo desse nutriente em brotos de plantas cultivadas em solução com 50 NP semelhantemente aos brotos de plantas cultivadas em solução completa. As plantas cultivadas nessa solução já haviam apresentado maior número de brotos e produção de massa seca semelhante aos das plantas cultivadas em solução completa. Carneiro (2009) cita que K tem grande importância no desenvolvimento de plantas de copo-de-leite, pois, em seu trabalho, esse foi o nutriente mais acumulado. Como o broto é uma das formas de propagação da espécie para produção comercial, esse teor de K semelhante aos teores em brotos de plantas cultivadas em solução completa pode favorecer um maior desenvolvimento de mudas em campo.

Os brotos das plantas cultivadas com omissão múltipla de N e P apresentaram maiores teores de Ca quando comparados com o teor presente nos brotos da solução completa. Isso pode ter ocorrido devido ao efeito de concentração do Ca com o menor desenvolvimento dos brotos em menores concentrações de N e P. Já nos brotos das plantas cultivadas com omissão simples de N e P o teor foi bem baixo quando comparado com os demais. O mesmo foi observado com Pinho (2007) analisando bananeira ornamental. Os teores de Ca nos brotos de plantas cultivadas em solução com omissão de N foram inferiores quando comparado com os teores dos brotos da solução completa. Pode-se observar que houve um maior acúmulo de Ca nos brotos quando comparados com folhas das plantas de copo de leite.

Observou-se um baixo teor seguido de menor acúmulo de Mg nos brotos de plantas cultivadas com omissão múltipla de N e P. O P tem relação direta com o Mg (MALAVOLTA, 2006) sendo que baixo teor de P induz a menor teor de Mg. Pode-se observar que houve um menor acúmulo de Mg nos brotos do que nas folhas de plantas de copo de leite. O Mg faz parte da estrutura em anel da molécula de clorofila, faz ligações com o ATP e tem papel em várias reações da fotossíntese, sendo exigido maior presença nas folhas das plantas.

Apesar da variação nos teores de B nos brotos das plantas cultivadas nas soluções com omissão de N e P, observou-se diferença no acúmulo de B apenas nos brotos das plantas cultivadas na solução completa. Malavolta (2006) relata que plantas deficientes em P têm maior concentração de B, pelo fato dos brotos não terem se desenvolvido de forma satisfatória. Isso pode ser observado nos brotos das plantas cultivadas com omissão de P.

Na análise de Cu pode-se observar que não houve diferença nos teores desse nutriente nos brotos das plantas cultivadas, mas houve variação no acúmulo. As plantas cultivadas em solução completa e com 50NP apresentaram maior acúmulo de Cu. O Cu tem como função a síntese de proteínas e metabolismo de carboidratos – há diminuição no teor de açúcares redutores quando o Cu é deficiente no tecido. O maior acúmulo de Cu nos brotos de plantas cultivadas em solução completa e com 50 NP pode estar relacionada à propagação da planta, um maior teor de açúcares redutores pode favorecer o processo de brotamento.

Brotos de plantas cultivadas em solução com omissão de P apresentaram teores de Fe maiores que os da solução completa, mas um acúmulo de Fe menor que o da solução completa, devido ao menor desenvolvimento da massa seca. Nas demais soluções os brotos apresentaram teores de Fe semelhantes, não diferindo da solução completa. O acúmulo de Fe de forma semelhante nos brotos das plantas cultivadas em solução completa e 50NP pode ter ocorrido devido à



produção de massa seca semelhante e a não variação no teor de Fe nos brotos dessas plantas.

Não houve diferença nos teores de Zn presente nos brotos de plantas de copo-de-leite cultivadas sob omissão simples e múltipla de N e P. Percebe-se que o menor acúmulo desse nutriente ocorreu nos brotos cultivados com omissão simples de N e P e nas menores concentrações de NP devido à menor produção de massa seca de brotos.

Na análise de Mn pode-se observar que a omissão múltipla de N e P interferiu nos teores e acúmulo desse nutriente. Brotos das plantas cultivadas na solução completa tiveram os maiores teores e maior acúmulo quando comparadas com as plantas dos demais tratamentos.

#### **4 CONCLUSÕES**

- A omissão de nutrientes tanto na forma simples quanto múltipla afeta o desenvolvimento da planta, ocorrendo menor número de folhas, de brotos, altura e diminuição no peso de matéria seca de folhas e brotos.
- A composição mineral dos macronutrientes presente em folhas e brotos das plantas é influenciada pela deficiência múltipla de N e P.
- A omissão de N e P nas plantas não influencia os teores de K, Cu e Zn nos brotos de copo-de-leite.
- Plantas cultivadas em solução completa e com 50 NP apresentaram acúmulo semelhante de Cu, Fe e K nos brotos.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. F. A. **Nutrição mineral em plantas de copo-de-leite:** deficiência de nutrientes e adubação silicatada. 2007. 120 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- ALMEIDA, E. F. A. et al. Produção de flores e plantas ornamentais: como começar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 249, p. 7-15, mar./abr. 2009.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. cap. 10, p. 253-280.
- BARBOSA, J. G. et al. Nutrição mineral e adubação de plantas ornamentais: como começar. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 249, p. 16-21, mar./abr. 2009.
- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants:** development, visual and analytical diagnosis. Jena: G. Fischer, 1992. 741 p.
- CARNEIRO, D. N. M. **Acúmulo de nutrientes em copo-de-leite em fase inicial de cultivo**. 2009. 53 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- CORRÊA, P. R.; PAIVA, P. D. O. Agronegócio da floricultura brasileira. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 21, n. 4, p. 253-261 out./dez. 2009.
- DECHEM, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2006. cap. 13, p. 327-354

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. 2. ed. Tradução Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Planta, 2006. 403 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.

FRAZÃO, J. E. M. et al. Deficiência nutricional em bastão-do-imperador (*Etilingera elatior* (Jack) R. M. Smith): efeito na produção de matéria seca e índices biométricos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 294-299, mar./abr. 2010.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 32 p. (Circular, 347).

LANDGRAF, P. R. C.; PAIVA, P. D. O. Produção de flores cortadas no estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n.1, p. 120-126, jan./fev. 2009.

JACOBSON, L. Maintenance of Fe supply. **Plant Physiology**, Rockville, v. 26, n. 3, p. 411-413, July 1951.

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

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

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. cap. 11, p. 281-298.

NIEDZIELA JÚNIOR, C. E. et al. Effects of N-P-K deficiency and temperature regime on the growth and development of *Lilium logiflorum* 'Nellie White' during bulb production under phytotron conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 116, n. 4, p. 430-436, May 2008.

PINHO, P. J. **Deficiências nutricionais em bananeira ornamental (*Musa velutina* H. Wedl. & Drude)**: alterações químicas e morfológicas e caracterização de sintomas visuais. 2007. 152 p. Tese (Doutorado em Nutrição Mineral de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Deficiência nutricional em mudas de goiabeira decorrentes 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, T. Efeito da omissão combinada de N, P, K e S nos teores foliares de macronutrientes em mudas de goiabeira. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 501-507, maio 1999.

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.

SOUZA, R. R. **Desenvolvimento de Copo-de-leite sob doses de boro em solução nutritiva**. 2009. 66 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

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

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

**ANÁLISE DO FLORESCIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DE  
COPO-DE-LEITE CULTIVADO SOB DEFICIÊNCIA MÚLTIPLA DE  
NITROGÊNIO E FÓSFORO**

**Preparado de acordo com as normas da Revista Pesquisa Agropecuária  
Brasileira PAB**

## **Análise do florescimento e estado nutricional de copo-de-leite cultivado sob deficiência múltipla de nitrogênio e fósforo**

Katiúcia Dias Fernandes<sup>1</sup>, Patrícia Duarte de Oliveira Paiva<sup>1</sup>, Janice Guedes de Carvalho<sup>2</sup>, Aiesca Cecília Resende<sup>1</sup>, Madeleine Alves de Figueiredo<sup>1</sup>, Daniella Nogueira Moraes Carneiro<sup>1</sup>

### **Resumo**

As inflorescências do copo-de-leite são muito apreciadas, pois são versáteis na composição de arranjos florais. A cultura, embora tenha produção de destaque na região sudeste, não possui recomendações precisas sobre o correto manejo da adubação, as quais, além de bastante escassas, muitas vezes se contradizem. Objetivou-se caracterizar a composição química de plantas e avaliar as características das inflorescências de copo-de-leite cultivadas em solução sob deficiência múltipla de nitrogênio e fósforo. Mudanças de copo-de-leite foram cultivadas por um período de 8 meses nos tratamentos constituídos de solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) completa, com omissão de N, P, e NP e, ainda, solução nutritiva com 25%, 50% e 75% de NP totalizando assim 7 tratamentos, com 4 repetições, em delineamento experimental inteiramente casualizado. As inflorescências produzidas durante o experimento foram colhidas assim que apresentaram padrão de colheita e avaliadas analisando-se comprimento e diâmetro de haste, largura e comprimento da espata e massa seca. As inflorescências de plantas de copo-de-leite não apresentaram variação em relação a dimensões das inflorescências. A composição mineral dos macronutrientes presentes em inflorescências das plantas foi influenciada pela deficiência múltipla de N e P, com exceção do S e K.

Termos para indexação: *Zantedeschia aethiopica*, inflorescências, nutrição mineral.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de Agricultura/ DAG – Cx. P. 3037 – 37200000 – Lavras, MG – [kkatiucia@yahoo.com.br](mailto:kkatiucia@yahoo.com.br), [patriciapaiva@dag.ufla.br](mailto:patriciapaiva@dag.ufla.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de Ciência do Solo/ DCS – Lavras, MG



**Analysis of flowering and nutritional status of calla lily under multiple deficiencies of nitrogen and phosphorus**

**ABSTRACT**

Inflorescences of the calla lily are greatly appreciated, as they are versatile in the composition of floral arrangements. The crop, although production of prominence in the southeastern Brazil has no specific recommendations on the proper management of fertilization, which, besides being very scarce, often contradictory. The objective of this work was to characterize the chemical composition of plants and evaluate the characteristics of inflorescences of calla lily grown in solution under deficiencies multiple of nitrogen and phosphorus. The plants of calla lily was grown for a period of eight months in a solution of Hoagland and Arnon (1950) complete with simple omission of Nitrogen (N), phosphorus (P), and multiple N and P, and also nutrient solution with NP at a concentration of 25%, 50% and 75% to 7 treatments with 4 replicates and randomized experimental design. Inflorescences produced during the experiment were collected so that presented a pattern of harvest and evaluated by analyzing the length and stem diameter, length and width of the spathe and dry matter. Inflorescences of plants of calla lily showed no variation from the dimensions of the inflorescences The mineral composition of macronutrients present in the inflorescences of the plants was influenced by multiple deficiency of N and P, with the exception of S and K.

Keywords: *Zantedeschia aethiopica*, Inflorescences, mineral nutrition.

## 1 INTRODUÇÃO

A floricultura é dividida 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 (ALMEIDA, 2007). A produção de flores de corte no estado de Minas Gerais é uma atividade realizada por 188 produtores, numa área plantada de aproximadamente 290 ha sendo as principais espécies cultivadas: rosa, sempre-vivas, cravo, helicônia e copo-de-leite. (LANDGRAF; PAIVA, 2009).

A cultura copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*), que, embora tenha produção de destaque na região sudeste (CORRÊA; PAIVA, 2009), não possui recomendações precisas sobre o correto manejo da adubação, as quais, além de bastante escassas, muitas vezes se contradizem (ALMEIDA, 2007).

A aparência geral da planta e os sintomas específicos localizados são importantes para identificação das deficiências (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Por exemplo, Almeida (2007) observou que o número de inflorescências de copo-de-leite foi bastante reduzido nas plantas cultivadas em solução com omissão de fósforo (P), tendo sido produzidas em média 1,75 inflorescências por planta, já nas plantas cultivadas com omissão de nitrogênio (N) não houve o florescimento.

Carneiro (2009) trabalhando com acúmulo de nutrientes em copo-de-leite em fase inicial de cultivo, observou que o acúmulo de N na haste floral foi crescente ao longo do tempo. Souza (2009) não observou diferença nas características avaliadas nas inflorescências produzidas em plantas cultivadas com diferentes doses de boro (B).

Dentre os fatores que podem induzir dúvidas na diagnose baseada apenas na sintomatologia pode-se destacar a deficiência múltipla. Uma planta pode ter

deficiências de dois ou mais elementos, o que torna a identificação mais difícil do que quando ocorrem isolados (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Salvador Moreira e Muraoka (1998) observaram sintomas típicos de carência nutricional referente a cada elemento em mudas de goiaba em decorrência da omissão simultânea de macronutrientes. O acúmulo de massa seca total foi reduzido em todos os tratamentos com omissão dos nutrientes, podendo-se destacar aquelas mudas com omissão de N e de P, cuja redução chegou a ser de 77% e 54% respectivamente.

Assim, objetivou-se determinar a composição química e avaliar as características das inflorescências de copo-de-leite sob deficiência múltipla de N e P.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (Lavras-MG), definida geograficamente pelas coordenadas de 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste, altitude de 918 m.

Mudas micropropagadas de copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) aclimatizadas por um período de 60 dias, com altura média de 15 cm foram transferidas para bandejas plásticas contendo 36L de solução de Hoagland e Arnon (1950) completa, nas concentrações de 50% da sua força iônica nos primeiros 15 dias e 30% da sua força iônica nos outros dias, totalizando 30 dias de adaptação, com aeração constante. Após esse período de adaptação, as plantas foram individualizadas em vasos com capacidade para 3 L também com aeração constante, fixadas pelo caule utilizando uma placa de isopor de 30 cm de diâmetro e 4 cm de espessura. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 7 tratamentos, em 4 repetições, sendo 2 vasos por parcela e uma planta por vaso. Os tratamentos consistiram de solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) a 30% da força iônica, sendo solução com omissão de N (-N), omissão de P (-P), omissão de N e P (-NP) e, ainda, solução com N e P nas concentrações de 25% (25 NP), 50% (50 NP) e 75% (75 NP), utilizando como controle a solução completa (Tabela 2.1).

As trocas das soluções foram feitas quinzenalmente, sendo o volume dos vasos mantido sempre em 3 L, com reposição diária de água deionizada. As plantas foram cultivadas sob tela Sombrite® 50%, disposta dentro da casa de vegetação.

Tabela 2.1 Composição química das soluções nutritivas utilizadas nas soluções (mL solução estoque por litro de solução)<sup>1</sup> para cultivo de copo-de-leite.

Soluções	Molarid.	Completa	-N	-P	-NP	25% NP	50% NP	75% NP
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1 M	1	0,1	0,1	0,1	0,25	0,50	0,75
KNO <sub>3</sub>	1 M	6	0,6	6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4 H <sub>2</sub> O	1M	4	0,4	4	0,4	0,4	0,4	0,4
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1M	2	2	2	2	2	2	2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,5 M	-	3	-	0,9	0,9	0,9	0,9
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	-	250	250	250	250
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1 M	-	-	1	-	-	-	-
*Solução A		1	1	1	1	1	1	1
**Fe-EDTA		1	1	1	1	1	1	1

<sup>1</sup> Segundo Hoagland e Arnon (1950), solução número 2/ 30%

\*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)

As inflorescências produzidas durante a condução do experimento foram colhidas assim que apresentaram padrão de colheita (espata totalmente expandida e ausência de pólen), conforme estabelecido por Nowak e Rudnicki (1990) e Salinger (1991). Após a colheita, realizaram-se as medições do comprimento e diâmetro da haste; largura e comprimento da espata.

As inflorescências foram lavadas separadamente em água corrente e, depois, em água destilada, e acondicionadas em saco de papel Kraft, identificadas e secas em estufa de circulação forçada de ar com temperatura regulada entre 65° a 70°C até o peso constante. Após esse processo, determinaram-se as massas seca das inflorescências e procedeu-se a moagem em moinho tipo “Willey” para análise química, determinando-se os teores de N, P, Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn) e Manganês (Mn), seguindo os métodos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000). Os dados de número de inflorescência e diâmetro da haste foram transformados com o uso da fórmula  $\sqrt{x+1}$ .

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, as plantas cultivadas em solução com omissão de N não produziram inflorescências, assim como já observado por Almeida (2007), cultivando copo-de-leite, e Pinho (2007) cultivando bananeira ornamental, sob deficiência de N. Segundo Malavolta (2006), a ausência de N inibe a formação de gemas floríferas.

Plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de NP não formaram células que dariam origem aos grãos de pólen na espádice de algumas flores. O mesmo sintoma foi observado em plantas cultivadas nas soluções com 75 NP e 50 NP além da ocorrência de inflorescências deformadas. Segundo Bergmann (1992), o P tem uma importante função no desenvolvimento reprodutivo das plantas e, em sua deficiência, ocorre tanto atraso na emissão floral quanto inibição da divisão celular. Almeida (2007) não observou alteração na espádice das inflorescências de copo-de-leite cultivadas em solução com omissão de P.

O número de inflorescências produzidas não variou entre os tratamentos (Tabela 2.2). Epstein e Bloom (2006) relatam que a disponibilidade de N geralmente limita a produtividade das plantas. Carneiro (2009) obteve o número médio de hastes florais totais acumuladas/planta 2,33 após 180 dias de cultivo de copo-de-leite. Clemens et al. (1998) observaram o maior número de inflorescências em plantas de *Zantedeschia albomaculata* quando cultivadas em baixas concentrações de N.

Tabela 2.2 Número de inflorescências, comprimento da haste, diâmetro da haste, largura e comprimento da espata e massa seca de inflorescências de copo-de-leite cultivado em solução nutritiva completa e com omissão múltipla de N e P.

Tratam.	Nº de inflorescências	Comprim. haste (cm)	Diâmetro da haste (mm)	Largura da espata (cm)	Comprim. espata (cm)	Massa seca (g)
Completa	1,16	62,00	7,75	7,96	9,73	2,24
75NP	1,17	56,46	7,80	8,83	10,56	1,66
50NP	1,11	46,10	6,70	9,70	11,00	1,21
25NP	1,32	61,16	7,27	8,32	9,86	1,65
-NP	1,21	51,15	8,30	9,02	10,47	1,34
-N	-	-	-	-	-	-
-P	1,11	56,50	8,20	8,20	10,50	1,84

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



Não foi observada diferença entre as inflorescências das plantas cultivadas nas diferentes soluções em relação ao: comprimento da haste, largura e comprimento da espata, diâmetro da haste e massa seca. Resultados semelhantes foram observados por Carneiro (2009) em seu trabalho de acúmulo de nutrientes, o qual observou que as plantas de copo-de-leite não expressaram todo seu potencial produtivo de hastes florais, por ser uma planta perene e ainda se encontrarem em fase inicial de cultivo, semelhante ao presente trabalho. Souza (2009) também não observou diferença nas características avaliadas nas inflorescências produzidas em plantas de copo-de-leite cultivadas com diferentes doses de B. Carneiro (2009) observou que as hastes de copo-de-leite, aos 210 dias de cultivo, apresentavam médias 80,7 cm de comprimento, tamanho esse superior ao requerido pelo mercado (60 cm).

Os valores de massa seca observados foram menores quando comparados com os dados de Carneiro (2009) que aos 60 dias de cultivo de copo-de-leite obteve 9,6 g por haste floral. Castro et al. (2007) observaram que a massa seca da haste floral de helicônia foi mais influenciada pela omissão de N, o que acarretou redução de 67% em comparação com as plantas cultivadas com solução completa. A redução da massa seca em razão da carência de N também é relatada em outras culturas ornamentais, como *Spathiphyllum* (YEH; LIN; WRIGHT, 2000). Almeida (2007) não observou diferença na massa seca das inflorescências das plantas cultivadas em solução com omissão de P. De acordo com Malavolta (2006) a participação do P tem fundamental importância nos seguintes aspectos: maior pegamento da florada, regulador de maturação e quando deficiente causa menor vegetação e produção, assim como para o N, quando fornecido adequadamente melhora a qualidade dos produtos agrícolas.

O diâmetro da haste não foi influenciado pelos níveis de N e P na solução. Castro et al. (2007) trabalhando com *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* Aristeguieta, cultivar 'Golden Torch', observaram que o

diâmetro das hastes em solução completa foi superior ao das plantas dos tratamentos com omissão de N e P e reafirmam que a omissão de macronutrientes afeta a produção de hastes florais a partir do segundo perfilho em helicônias.

Analisando-se a composição mineral pela Tabela 2.3, observa-se que as inflorescências de copo-de-leite cultivadas em solução com deficiência múltipla de N e P apresentaram menor teor e acúmulo de N quando comparado com aquelas cultivadas em solução completa, o que não foi observado em função da omissão simples P. Isso pode ser explicado devido a altos teores de N, com semelhantes pesos de matéria seca, culminando num maior acúmulo desse nutriente nas inflorescências. Almeida (2007) também observou que as inflorescências de plantas cultivadas com omissão de P obtiveram o mesmo teor de N quando comparado com as inflorescências das plantas cultivadas em solução completa.

Com o suprimento limitado de P, este pode influenciar na assimilação de N ocorrendo um acúmulo de aminoácidos resultante da inibição da síntese ou da degradação das proteínas. Ainda, pode restringir o transporte de  $\text{NO}_3^-$  da raiz para parte aérea, limitar a síntese de proteínas, que resulta em aumento na proporção de N não assimilado na parte aérea (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

Tabela 2.3 Teor médio de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) presente nas inflorescências de copo-de-leite cultivadas em solução completa e com omissão de macronutrientes.

Soluções	N		P		S	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completa	3,27 a	7,29 a	4,48 a	9,98 a	2,71	6,03 a
75 NP	2,32 b	4,08 b	3,98 a	7,02 b	2,82	5,89 a
50 NP	2,10 b	2,54 c	3,40 a	4,12 c	3,35	3,41 c
25 NP	2,29 b	3,77 b	3,80 a	6,27 b	2,79	4,60 b
-NP	1,80 b	2,40 c	2,65 b	3,56 c	2,62	3,51 c
-P	3,41 a	6,28 a	2,40 b	4,42 c	2,74	5,05 b
	K		Ca		Mg	
Completa	26,40	58,87 a	2,79 b	6,23	3,59 a	8,00 a
75 NP	25,80	45,40 b	4,81 a	8,47	2,44 b	4,29 b
50 NP	26,10	31,57 c	6,78 a	8,20	2,56 b	3,10 c
25 NP	26,40	43,56 b	5,18 a	8,55	2,33 b	3,85 b
-NP	26,20	35,10 c	5,64 a	7,57	2,15 b	2,88 c
-P	27,0	49,67 b	5,76 a	10,61	2,32 b	4,28 b
	B		Cu		Fe	
Completa	41,56	92,68 a	10,85	24,21	83,63	186,5 a
75 NP	40,59	71,45 b	12,43	21,88	86,36	151,9 b
50 NP	52,17	63,12 b	15,16	18,34	77,76	94,06 c
25 NP	41,87	69,08 b	16,06	26,52	93,66	154,5 b
-NP	45,71	61,25 b	14,05	18,83	95,22	124,02 c
-P	39,89	73,39 b	12,86	23,66	76,83	141,4 b
	Zn		Mn			
Completa	87,52	195,2	111,83b	249,39b		
75 NP	89,94	158,3	142,20b	250,28b		
50 NP	87,54	105,9	187,43a	226,80b		
25 NP	91,11	150,3	196,87a	328,56a		
-NP	99,23	133,0	243,10a	325,75a		
-P	82,03	150,9	78,53 b	144,50a		

Observa-se que as inflorescências de plantas cultivadas em solução -NP e em solução com omissão simples de P apresentaram o menor teor e menor acúmulo de P quando comparado com o teor presente nas inflorescências das plantas cultivadas em solução completa. Araújo e Machado (2006) citam que o

N e P interagem de forma sinérgica, em que ambos os nutrientes, em doses adequadas, promovem aumento na produção vegetal maiores do que aqueles obtidos com aplicação de cada nutriente isolado. O mesmo também foi observado por Almeida (2007) trabalhando com copo-de-leite cultivado com omissão de P.

Não houve diferença nos teores de S das inflorescências analisadas, mas houve maior acúmulo naquelas produzidas por plantas cultivadas em solução completa e com 75NP. Não houve diferença nos teores de K e B nas inflorescências analisadas, mas houve maior acúmulo naquelas produzidas por plantas cultivadas em solução completa. Almeida (2007) observou que os teores de K, B, Zn e Cu nas inflorescências de copo-de-leite não diferiram das plantas cultivadas na solução completa quando se omitiu P nas soluções. Não houve diferença nos teores de Cu e Zn nas inflorescências das plantas cultivadas em solução sob deficiência de N e P.

As inflorescências das plantas cultivadas em solução com deficiência múltipla de N e P apresentaram maior teor de Ca, mas não apresentou diferença no acúmulo quando comparado com inflorescências das plantas cultivadas em solução completa. De acordo com Epstein e Bloom (2006) quase sem exceção, estresses diversos causam aumento na concentração de Ca no citoplasma.

Em relação ao teor de Mg, as inflorescências apresentaram teor e acúmulo menor que aqueles das plantas cultivadas em solução completa. Analisando as folhas, inflorescências e brotos cultivados em solução com deficiência simples e múltipla de N e P, as inflorescências apresentaram 43% do total do Mg contido nas três partes. Isso corrobora com o fato de que o Mg é mais abundante no tecidos novos, alimentados pelo floema, principalmente, em vias de crescimento e nos órgãos reprodutores como flores (MALAVOLTA, 2006). De acordo com Vitti, Lima e Cicarone (2006) a taxa de absorção de Mg pode ser afetada por outros cátions, como  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Ca^+$  e o  $Mn^+$ . Ao se

observar os teores de Ca e de Mg, percebe-se uma diminuição dos teores de Mg, que pode ser devido a maiores teores de Ca (VITTI; LIMA; CICARONE, 2006).

Analisando-se os teores de Mn, pode-se observar que, com a diminuição dos níveis de N e P, de forma múltipla, há um aumento nos teores de Mn nas inflorescências; isso pode ter ocorrido devido ao efeito de concentração, em que altos teores do nutriente associados a baixas produções de massa seca resultaram na concentração do Mn nas inflorescências. Almeida (2007) observou que em plantas de copo-de-leite, o tratamento com deficiência de P proporcionou redução do teor de Mn tanto nas folhas quanto nas inflorescências. De acordo com Malavolta (2006) em plantas deficientes em N, este interage com outros nutrientes aumentando seu teor, dentre esses o Mn.

#### **4 CONCLUSÕES**

- Inflorescências de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução com deficiência múltipla de N e P não apresentaram variação em relação a dimensões das inflorescências.
- A deficiência múltipla e isolada não afeta a qualidade de inflorescências de plantas de copo-de-leite em estágio inicial de desenvolvimento.
- A composição mineral dos macronutrientes presente em inflorescências das plantas é influenciada pela deficiência múltipla de N e P.
- A composição mineral dos micronutrientes presentes em inflorescências das plantas é influenciada pela deficiência múltipla de N e P, com exceção do Cu e Zn.
- Plantas cultivadas em solução com omissão de N não produziram inflorescências.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. F. A. **Nutrição mineral em plantas de copo-de-leite:** deficiência de nutrientes e adubação silicatada. 2007. 120 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas.** Viçosa, MG: SBCS, 2006. cap. 10, p. 253-280.

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

CARNEIRO, D. N. M. **Acúmulo de nutrientes em copo-de-leite em fase inicial de cultivo.** 2009. 53 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

CASTRO, A. C. R. et al. Hastes florais de helicônia sob deficiência de macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1299-1306, set. 2007.

CLEMENS, J. et al. 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.

CORRÊA, P. R.; PAIVA, P. D. O. Agronegócio da floricultura brasileira. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 21, n. 4, p. 253-261 out./dez. 2009.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas:** princípios e perspectivas. 2. ed. Tradução Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Planta, 2006. 403 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.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 32 p. (Circular, 347).

JACOBSON, L. Maintenance of Fe supply. **Plant Physiology**, Rockville, v. 26, n. 3, p. 411-413, July 1951.

LANDGRAF, P. R. C.; PAIVA, P. D. O. Produção de flores cortadas no estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 120-126, jan./fev. 2009.

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

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

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

PINHO, P. J. **Deficiências nutricionais em bananeira ornamental (*Musa velutina* H. Wedl. & Drude): alterações químicas e morfológicas e caracterização de sintomas visuais**. 2007. 152 p. Tese (Doutorado em Nutrição Mineral de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

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



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

SOUZA, R. R. **Desenvolvimento de copo-de-leite sob doses de boro em solução nutritiva**. 2009. 66 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

VITTI, C. G.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. cap. 12, 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, June 2000.

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E EFEITO DA DEFICIÊNCIA MÚLTIPLA  
DE N E P NO RIZOMA E SISTEMA RADICULAR DE COPO-DE-LEITE**

**Preparado de acordo com as normas da Revista Pesquisa Agropecuária  
Brasileira - PAB**

## Composição química e efeito da deficiência múltipla de n e p no rizoma e sistema radicular de copo-de-leite

Katiúcia Dias Fernandes<sup>1</sup>, Patrícia Duarte de Oliveira Paiva<sup>1</sup>, Janice Guedes de Carvalho<sup>2</sup>, Carlos Maurício Paglis<sup>1</sup>, Aiesca Cecília Resende<sup>1</sup>, Madeleine Alves de Figueiredo<sup>1</sup>

### Resumo

A deficiência múltipla é considerada um dos vários fatores que pode introduzir dúvidas na diagnose baseada apenas na sintomatologia, sendo que uma planta pode ter deficiências de dois ou mais elementos tornando a identificação mais difícil do que quando ocorrem isolados. Objetivou-se avaliar os efeitos provocados pela omissão múltipla e isolada de nitrogênio e fósforo em solução nutritiva no rizoma e desenvolvimento radicular de copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*). Mudanças de copo-de-leite foram cultivadas por um período de 8 meses nos tratamentos constituídos de solução nutritiva Hoagland e Arnon (1950) completa (controle), com omissão de N, de P, de NP e, ainda, solução nutritiva com NP nas concentrações de 25%, 50% e 75% de NP totalizando assim 7 tratamentos, com 4 repetições em delineamento experimental inteiramente casualizado. Após 240 dias foram avaliadas as dimensões do rizoma, a massa seca do rizoma e raiz e medidas relacionadas ao crescimento do sistema radicular. Plantas de copo-de-leite apresentaram maior comprimento, volume e densidade de raízes quando cultivadas em solução com omissão de P ou 25 NP. A composição mineral dos rizomas das plantas foi influenciada pela deficiência múltipla de N e P, enquanto que para as raízes, apenas deficiência de N.

Termos para indexação: *Zantedeschia aethiopica*, winRHIZO, solução nutritiva.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de Agricultura/ DAG – Cx. P. 3037 – 37200000 – Lavras, MG – [kkatiucia@yahoo.com.br](mailto:kkatiucia@yahoo.com.br), [patriciapaiva@dag.ufla.br](mailto:patriciapaiva@dag.ufla.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de Ciências do solo/ DCS – Lavras, MG

**Chemical composition and effect multiple deficiency of n and p in rhizome and root system of calla lily**

**ABSTRACT**

The multiple deficiencies are considered one of several factors that can introduce doubt in the diagnosis based on symptoms only, while a plant may have deficiencies of two or more elements making identification more difficult than when they occur in isolation. The objective of this work was to evaluate the effects of the multiple and simple deficiencies of nitrogen and phosphorus in nutrient solution in the rhizome and root development of calla lily (*Zantedeschia aethiopica*). The plants of calla lily was cultured for a period of eight months in treatment consisting of Hoagland and Arnon (1950) nutrient solution complete (control), with the omission of N, P, NP, and also nutrient solution with NP at concentrations of 25%, 50% and 75% of NP totaling seven treatments with four replications in completely randomized design. After 240 days were evaluated the dimensions of rhizome dry matter of rhizome and root growth and measures related to the root system. Plants of calla lily showed greater length, volume and density of roots when grown in a solution with the omission of P or in solution with 25NP. The mineral composition present in roots and rhizomes of plants was influenced by multiple deficiency of N and P except N to roots.

Keyword: *Zantedeschia aethiopica*, winRHIZO, nutrient solution.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor de Flores e Plantas Ornamentais vem se destacando no *agrobusiness* brasileiro. A gama de produtos engloba desde plantas para corte (flores e folhagens), plantas envasadas, até a produção de sementes, bulbos, palmeiras, arbustos, entre outras espécies para cultivo em jardins (ALMEIDA et al., 2009; CORRÊA; PAIVA, 2009).

A produção de flores de corte corresponde a um dos segmentos mais expressivos da floricultura, sendo essas utilizadas principalmente para elaboração de buquês e arranjos florais. Uma vantagem desse segmento é o rápido retorno do capital investido, e a principal desvantagem é a perda do produto, o qual é perecível e deve ser comercializado rapidamente (ALMEIDA et al., 2009).

Dentre as flores de corte, destaca-se o copo-de-leite que é bastante apreciado, pois suas inflorescências são versáteis na composição de vários estilos de arranjos florais. Ainda, além das inflorescências, as folhas também são utilizadas em arranjos, aumentando ainda mais as vantagens do cultivo dessa espécie (ALMEIDA, 2007). No estado de Minas Gerais, é uma das espécies mais produzidas, ocupando uma área de aproximadamente 16 hectares (LANDGRAF; PAIVA, 2009).

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 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).

Estudos foram direcionados à avaliação do estado nutricional de copo-de-leite para fornecer indicações das suas exigências. ALMEIDA (2007) desenvolveu um trabalho com deficiência de nutrientes em plantas de copo-de-leite e adubação silicatada mostrando os sintomas característicos de deficiência na planta. CARNEIRO (2009) observou o acúmulo de nutrientes em copo-de-leite em fase inicial de cultivo e SOUZA (2009) acompanhou o desenvolvimento de copo-de-leite sob doses de boro em solução nutritiva. Frazão et al. (2010) descreveram os efeitos de omissões de nutrientes no desenvolvimento de raízes e rizoma de bastão-do-imperador e concluíram que a omissão dos nutrientes no desenvolvimento reflete em variações na produção de massa seca para cada parte das plantas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das omissões de nitrogênio (N) e fósforo (P) sob o desenvolvimento de rizoma e raiz e no estado nutricional de plantas de copo-de-leite.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (Lavras-MG), definida geograficamente pelas coordenadas de 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste, altitude de 918 m.

Mudas micropropagadas de copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*) aclimatizadas por um período de 60 dias e com altura média de 15 cm foram transferidas para bandejas plásticas contendo 36L de solução de Hoagland e Arnon (1950) completa, com aeração constante, a 50% da sua força iônica nos primeiros 15 dias e 30% da sua força iônica nos 15 dias, totalizando 30 dias de adaptação. Após esse período de adaptação, as plantas foram individualizadas em vasos com capacidade para 3 L também com aeração constante, fixadas pelo caule utilizando uma placa de isopor de 30 cm de diâmetro e 4 cm de espessura. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 7 tratamentos, em 4 repetições, sendo 2 vasos por parcela e uma planta por vaso. Os tratamentos consistiram de solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) solução completa, a 30% da força iônica, solução com omissão de N (-N), omissão de P (-P), omissão de N e P (-NP) e ainda solução com NP nas concentrações de 25% (25 NP), 50% (50 NP) e 75% (75 NP) (Todas as soluções com 30% da sua força iônica).

As trocas das soluções foram realizadas quinzenalmente, sendo o volume dos vasos mantido sempre em 3 L, com reposição diária com água deionizada. As plantas foram cultivadas sob tela Sombrite® 50%, disposta dentro da casa de vegetação.

Tabela 3.1 Composição química das soluções nutritivas utilizadas nos tratamentos (mL solução estoque por litro de solução)<sup>1</sup>

Soluções estoque	Molarid.	Completa	-N	-P	-NP	25% NP	50% NP	75% NP
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1 M	1	0,1	0,1	0,1	0,25	0,50	0,75
KNO <sub>3</sub>	1 M	6	0,6	6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4 H <sub>2</sub> O	1M	4	0,4	4	0,4	0,4	0,4	0,4
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1M	2	2	2	2	2	2	2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,5 M	-	3	-	0,9	0,9	0,9	0,9
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	-	250	250	250	250
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1 M	-	-	1	-	-	-	-
*Solução A		1	1	1	1	1	1	1
**Fe-EDTA		1	1	1	1	1	1	1

<sup>1</sup> Segundo Hoagland e Arnon (1950), solução número 2/ 30%

\*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)



Os índices biométricos foram avaliados após 180 dias de cultivo das plantas nos tratamentos -N e -P devido à presença de doença comumente conhecida como podridão mole (*Pectobacterium carotovorum*) que poderia influenciar nos tratamentos e 240 dias de cultivo das plantas no restante dos tratamentos. Foram observados o diâmetro, comprimento e massa seca do rizoma e medidas relacionadas ao crescimento do sistema radicular como comprimento total, área de superfície total, volume total, diâmetro, densidade de comprimento radicular, além da massa seca.

Os rizomas foram lavados separadamente em água corrente e após em água destilada, acondicionados em saco de papel Kraft, identificados e secos em estufa de circulação forçada de ar com temperatura regulada entre 65° a 70°C até o peso constante. Os sistemas radiculares foram lavados em água corrente e, em seguida, em água destilada, acondicionados em frascos de vidro contendo solução de metanol a 8% e mantidos resfriados a 4°C. As raízes foram cortadas antes da digitalização para eliminar a possibilidade de erro das medições, evitando a sobreposição de raízes (WANG; ZHANG, 2009). Para digitalização, utilizou-se o programa computacional WinRHIZO® (RÉGENT INSTRUMENTS, 2004) e o scanner fotográfico Epson® Perfection 3200.

Após esse procedimento, as raízes foram acondicionadas em saco de papel Kraft, identificadas e secas em estufa de circulação forçada de ar com temperatura regulada entre 65° a 70°C até o peso constante. Procedeu-se também à moagem dos rizomas e raízes, em moinho tipo Willey para posterior análise química, determinando-se os teores de nitrogênio, fósforo, potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn), seguindo os métodos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as medias comparadas pelo teste de Scott-Knott com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

### **3 RESULTADO E DISCUSSÃO**

Analisando-se as dimensões do rizoma (diâmetro e comprimento) não se observou diferenças em função dos tratamentos testados, conforme pode ser observado pela Tabela 3.2.

Tabela 3.2 Diâmetro e comprimento do rizoma e diâmetro do rizoma do maior perfilho e massa seca de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução completa e com omissão múltipla de nutrientes.

Tratamentos	Comprim. rizoma (cm)	Diâmetro do rizoma (cm)	Massa seca rizoma (g)	Massa seca parte aérea (g)	Parte Aérea/ Rizoma	Diâm. rizoma maior perfilho(cm)
Completa	4,74	2,51	6,21 a	11,02 a	1,82 a	0,57
75 NP	4,64	2,44	4,27 b	7,87 b	2,09 a	0,54
50 NP	4,72	2,42	6,70 a	9,03 a	1,45 a	0,64
25 NP	4,40	2,30	5,54 b	8,77 b	1,58 a	0,54
-NP	4,74	2,36	7,48 a	5,92 c	0,79 b	0,77
-N			4,81 b	9,26 b	0,97 b	

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

Os rizomas de copo-de-leite apresentaram tamanhos médios de 4,65 e 2,41 cm de comprimento e diâmetro, respectivamente, valores esses próximos aos observados por Carneiro (2009) que apresentaram 5,5 e 4,0 cm, respectivamente. As dimensões do rizoma refletem no crescimento e na produção da planta, pois quanto maior o peso dos rizomas, maior a quantidade de reserva que o mesmo terá para emitir novas brotações e hastes florais (CARNEIRO, 2009).

Diferenças foram observadas na análise da massa seca de rizomas, sendo que as plantas cultivadas em solução com omissão de NP apresentaram o peso de rizoma semelhante aos das plantas cultivadas na solução completa. Na relação (PA/Ri) quanto menor o valor encontrado maior é o peso do rizoma. Ao se comparar parte aérea e rizoma (PA/Ri) pode-se observar que em plantas cultivadas sob omissão múltipla -NP e simples de N, apesar de terem se desenvolvido menos quando se compara com rizomas e parte aérea das plantas cultivadas em solução completa, há um maior acúmulo de massa seca no rizoma, indicando assim a remobilização de nutrientes para o rizoma em situação de deficiência. Isso pode ocorrer em plantas que possuem esse tipo de estrutura, a qual, nos períodos desfavoráveis à vegetação, o rizoma da planta acumula nutrientes influenciando no desenvolvimento da parte aérea (RODRIGUES, 2004). Ao contrário, Frazão et al. (2010) observaram que as omissões de N e P, seguida de K, B e S, resultaram nas menores produções de massa seca do rizoma de bastão do imperador quando submetidas a omissão simples de nutrientes.

A análise de imagens fornece uma oportunidade para facilitar o processo de caracterização das raízes (HIMMELBAUER; LOISKANDL; KASTANEK, 2004). O desenvolvimento do sistema radicular foi afetado pela omissão dos nutrientes, conforme se observa na Tabela 3.3. Almeida (2007) cita que o sistema radicular das plantas de copo-de-leite cultivadas com omissão de N não

foi afetado, ou seja, desenvolveu-se de forma semelhante ao das plantas cultivadas na solução completa.

Tabela 3.3 Comprimento, volume, área de superfície, diâmetro e densidade de comprimento das raízes e massa seca de raízes de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução completa e com omissão múltipla de macronutrientes.

Tratamento	Comprimento (cm)	Volume(cm <sup>3</sup> )	Área de superfície (cm <sup>2</sup> )	Diâmetro (mm)	Densidade de comprimento (cm/m <sup>3</sup> )	Massa seca (g)
Completa	10997,57 c	60,15 a	2838,87	0,84	10997,39 c	2,63 b
75NP	9624,39 c	44,52 b	2311,06	0,77	9624,57 c	1,87 b
50NP	12806,62 c	58,37 a	2994,56	0,78	12806,62 c	2,74 a
25NP	15680,80 b	62,19 a	3446,32	0,73	15680,79 b	3,04 a
-N	11558,89 c	48,10 b	2579,96	1,24	11558,90 c	2,88 a
-P	18188,14 a	41,49 b	3024,80	0,54	18188,14 a	2,96 a
-NP	11255,36 c	57,66 a	2827,40	0,82	11255,00 c	3,06 a

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

Plantas cultivadas em solução com omissão simples de P apresentaram maior comprimento radicular. Os tratamentos -P e 25NP proporcionaram o maior comprimento, volume e densidade de raízes em relação aos outros tratamentos. Abdolzadeh et al. (2010) citam que, quando uma baixa concentração de P na solução nutritiva não induzir sintomas de deficiência de P, pode-se inferir que esta espécie está adaptada a um ambiente cuja a oferta P é sempre limitante. Isso pode ser entendido também, como uma estratégia de algumas plantas para “poupar” P em um ambiente pobre desse nutriente. Almeida (2007) trabalhando com omissão de P em copo-de-leite, observou sintomas de deficiência nas folhas após 6 meses de cultivo e menor número de inflorescências formadas, e não observou alteração no sistema radicular.

Vários mecanismos foram desenvolvidos pelas plantas para permitir a absorção e utilização de P em ambientes onde o suprimento deste nutriente é limitante, como maior crescimento radicular associado à mudança na arquitetura radicular e a expansão da superfície radicular pela proliferação de pelos radiculares (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

Menor volume de raízes foi observado em plantas cultivadas em solução com omissão simples de N e P, quando comparando aos outros tratamentos. Ao contrário, em plantas cultivadas em solução com omissão múltipla de N e P, houve um aumento no volume das raízes. Zonta et al. (2006) citam que a eficiência na captação de recursos das plantas está associada à capacidade de explorar o meio e, via de regra, quando mais escassos os recursos no meio, maior o investimento em sistema radicular, sendo o comprimento da raiz e área de superfície importantes indicadores de potencial de captação de água e nutrientes (HIMMELBAUER; LOISKANDL; KASTANEK, 2004; ZONTA et al., 2006).

Blouinm, Barot e Roumet (2007) citam que a distribuição de diâmetro de raiz está relacionada à capacidade de absorção de água e nutrientes. De



acordo com os dados, não foi observada diferença nos diâmetros e área de superfície das raízes das plantas cultivadas nas diferentes soluções, semelhantemente ao observado por Souza (2009) analisando o cultivo de copo-de-leite em diferentes doses de B. Informações sobre a distribuição de diâmetro de raiz são essenciais para uma boa compreensão do sistema radicular e do funcionamento do solo. Raízes de diâmetro maior representam a maior parte do sistema radicular e servem como vias de transporte a longa distância para condução de água e nutrientes, podendo também armazenar recursos e servir de fixação e suporte de raízes laterais. Raízes com diâmetro menores compõem a maior parte da superfície do sistema radicular e são responsáveis pela absorção de água e de nutrientes.

Plantas cultivadas em solução com deficiência múltipla de N e P apresentaram densidade de comprimento semelhante às plantas cultivadas em solução completa, ou seja, plantas com baixos níveis de P exploraram mais o espaço com suas raízes. Isso corrobora com Araújo e Machado (2006), os quais indicam que os processos que propiciam o aumento da absorção de P incluem o maior crescimento radicular associado à mudança na arquitetura radicular, a expansão da superfície radicular pela proliferação de pelos radiculares e maior produção e excreção de fosfatases, a exsudação de ácidos orgânicos que estimula a expressão dos transportadores de P.

A massa seca de raízes foi influenciada pela omissão simples e múltipla de N e P. As raízes de plantas cultivadas em solução com deficiência simples e múltipla de N e P, quando comparado com a solução completa, produziram maior quantidade de raízes. Teruel et al. (2001) trabalhando com soja, observaram que plantas que crescem em solos pobres em P apresentam valores de magnitude (cada seguimento radicular) e altitude (comprimento radicular) de seus sistemas radiculares comparativamente maiores em relação a plantas que crescem em solos férteis, indicando estratégia adaptativa da planta em direção à maior

eficiência de exploração do solo. Esse resultado foi diferente do observado por Salvador, Moreira e Muroka (1998) em que as omissões de N, NP, NK e NS proporcionaram raízes de plantas de goiabeira com peso menor quando comparado com as raízes de plantas cultivadas em solução completa.

Os rizomas das plantas cultivadas em solução com omissão múltipla de NP apresentaram baixos teores de N, sendo inferiores aos observados em rizomas de plantas cultivadas em solução completa (Tabela 3.4). Esse valor era esperado, pois à medida que se diminuem as concentrações de N e P nas soluções, reduz também o teor de N nos rizomas de copo-de-leite. Os rizomas das plantas cultivadas em solução com 75NP apresentaram acúmulo de nutrientes semelhante aos rizomas das plantas cultivadas em solução –NP. Isso pode ter ocorrido devido à baixa produção de massa seca que resultou no menor acúmulo de N no rizoma.

Tabela 3.4 Teor médio de macronutrientes ( $\text{g. kg}^{-1}$ ) e micronutrientes em rizomas de copo-de-leite cultivados em solução completa e com omissão de macronutrientes.

Soluções	N		P		S	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completa	1,63 a	10,14 a	4,29 a	26,68 a	1,82 b	11,34 a
75 NP	1,08 b	4,86 c	4,18 a	17,86 b	2,16 a	9,24 b
50 NP	1,08 b	7,23 b	2,34 b	15,70 b	1,41 c	9,49 b
25 NP	0,93 c	5,13 c	2,99 b	16,50 b	1,69 b	9,42 b
-NP	0,67 d	5,06 c	0,83 c	6,23 d	1,19 c	8,94 b
-N	0,80 d	3,87 d	2,80 b	13,53 c	1,31 c	6,51 c
	K		Ca		Mg	
Completa	6,20 c	38,50	2,07 b	4,84 d	1,90 a	11,81 a
75 NP	10,60 a	45,26	3,59 a	15,35 b	1,54 b	6,58 c
50 NP	6,60 c	44,22	2,38 b	16,00 b	1,26 c	8,50 b
25 NP	9,60 a	53,18	3,70 a	20,51 a	1,48 b	8,12 b
-NP	6,20 c	46,37	1,76 b	13,10 c	0,96 d	7,23 c
N	8,40 b	40,40	2,53 b	12,19 c	1,26 c	6,10 c
	B		Cu		Fe	
Completa	8,98 b	55,81 c	5,24 c	32,58 c	83,69 b	519,8 b
75 NP	10,80 b	46,15 c	6,71 b	32,96 c	104,18 a	444,9 c
50 NP	10,10 b	67,73 b	4,91 c	28,58 c	71,73 b	480,7 c
25 NP	16,30 a	90,32 a	8,30 a	43,53 b	106,53 a	590,2 a
-NP	5,98 c	44,78 c	7,28 b	54,51 a	77,51 b	579,8 a
- N	11,27 b	54,24 c	6,09 c	29,31 c	80,15 b	385,5 d
	Zn		Mn			
Completa	115,66 a	718,3 a	72,46 c	449,9 c		
75 NP	117,75 a	502,8 c	93,08 b	397,5 c		
50 NP	99,43 b	666,2 a	81,25 c	544,4 b		
25 NP	110,20 a	610,5 b	110,50 a	612,2 b		
- NP	94,10 b	703,9 a	104,59 a	782,4 a		
- N	97,79 b	470,4 c	116,16 a	558,7 b		

Os teores de P nos rizomas de copo-de-leite foram influenciados pela omissão múltipla de N e P na solução. Os rizomas das plantas cultivadas em solução com omissão múltipla de NP apresentaram o menor teor de P, assim como o menor acúmulo. Esse baixo teor relacionado à baixa produção de massa

seca resulta em menor acúmulo de P. Os demais teores foram menores que o encontrado para rizoma das plantas cultivadas em solução completa, com exceção dos rizomas das plantas da solução 75 NP que apresentaram teores semelhantes à completa. Os nutrientes N e o P interagem de forma sinérgica, sendo que ambos os nutrientes, em doses adequadas, promovem aumentos na produção vegetal maiores do que aqueles obtidos com aplicação de cada nutriente isoladamente (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

Plantas cultivadas na solução com omissão múltipla de NP e simples de N apresentaram baixos teores de S nos rizomas, quando comparado com as plantas cultivadas em solução completa. Almeida (2007) observou menor teor de S nos rizomas de copo-de-leite cultivados em solução com omissão de N, mas não observou diferença nos teores desse elemento quando se omitiu P na solução. A omissão de N e P na solução, seguida de baixas produções de massa seca influenciou o teor de S, fazendo este concentrar em rizomas de algumas soluções como ocorreu em 75NP e 25 NP. De acordo com Vitti, Lima e Cicarone (2006) analisando as funções do S (constituente de cisteína, metionina, proteínas coenzima tiamina, biotina e coenzima A e outras entidades bioquímicas (EPSTEIN; BLOOM, 2006), observa-se que esse nutriente está intimamente ligado ao metabolismo do N, sendo inclusive utilizada a relação N/S da planta para avaliar o seu estado nutricional. Pinho (2006) não observou variação no teor de S em rizomas de bananeira ornamental quando cultivadas em solução com omissão simples de N e P.

Pode-se observar que a deficiência múltipla influenciou nos teores de K nos rizomas de plantas cultivadas com omissão múltipla de N e P, com destaque para os rizomas de plantas cultivadas em solução 75NP e 25NP que apresentaram o maior teor de K. Altos teores de K, quando comparado com a solução completa, seguidos de baixa produção de massa seca, fez com que esse nutriente se concentrasse nos rizomas das plantas dessas soluções. De acordo

com Malavolta (2006) o K está associado ao N aumentando o teor de carboidratos, gorduras e proteínas.

Na Tabela 3.4 pode-se observar que os rizomas das plantas cultivadas com omissão de 75NP e 25 NP apresentaram os maiores teores de Ca. Ao comparar a massa seca dos rizomas cultivados nessas mesmas soluções pode-se observar que esses apresentaram baixo peso da matéria seca em relação aos rizomas das plantas cultivadas nas demais soluções, concluindo assim que houve um acúmulo de Ca nos rizomas que não se desenvolveram de forma satisfatória. O Ca se encontra em baixas concentrações no simplasma e no floema, indicando sua baixa mobilidade na planta, não suprindo, dessa forma, órgãos como frutos e tubérculos (VITTI; LIMA; CICARONE, 2006). Pode-se observar nas plantas cultivadas em solução completa que o Ca foi diluído nos rizomas, apresentando assim menor acúmulo. Almeida (2007) observou que plantas de copo-de-leite cultivadas com omissão de N apresentaram a redução dos teores de Ca nos rizomas. Pinho (2007) trabalhando com deficiência múltipla em bananeira ornamental, não observou diferença nos teores de Ca quando omitiu isoladamente N e P nas soluções.

Plantas cultivadas na solução completa apresentaram o maior teor e acúmulo quando comparadas com as plantas cultivadas nas demais soluções. Os teores de Mg decrescem à medida que se diminuiu a concentração de N e P nas soluções, na seguinte ordem: 75 NP, 50 NP, sendo que no tratamento NP, os rizomas apresentaram os menores teores. As plantas cultivadas nas soluções 75 NP, NP e N apresentaram o menor acúmulo, devido aos baixos teores e menor produção de massa seca. Pinho (2007) relata a diminuição no teor de Mg em rizomas de bananeira ornamental cultivadas em solução com omissão simples de N e P, diferente do observado por Almeida (2007) em que a omissão de N em plantas de copo-de-leite não influenciou nos teores de Mg presente nos rizomas.

Plantas cultivadas em solução -NP tiveram os menores teores de B nos rizomas, quando comparado com os rizomas das plantas cultivadas em solução completa. Esses valores foram inferiores aos observados por Souza (2009) em rizomas de plantas de copo-de-leite cultivadas na ausência de B. O B tem importante função na translocação de açúcares e no metabolismo de carboidratos, além de desempenhar papel importante no metabolismo de N (MALAVOLTA, 2006). Souza (2009) cita que o teor de B no rizoma está relacionado à quantidade absorvida desse nutriente pelo sistema radicular e armazenado nesse órgão de reserva para posterior suprimento da parte aérea.

Baixo teor de B também foi observado nas raízes das plantas cultivadas nessa mesma solução (-NP). Observa-se uma concentração de B nos rizomas das plantas cultivadas em solução 50NP e 25NP. Isso ocorreu devido ao maior teor de B encontrado nesta parte da planta quando comparado a solução completa. Os rizomas das plantas cultivadas em solução com 75 NP, 25 NP e -NP apresentaram maior teor de Cu. Pinho (2007) trabalhando com deficiência múltipla em bananeira ornamental, também observou o aumento dos teores de Cu nos rizomas das plantas quando cultivadas em solução com omissão de N. Pode-se observar que houve um efeito de concentração nos rizomas das plantas cultivadas na solução 25 NP e NP, devido aos altos teores e baixa produção de massa seca. O mesmo ocorreu para o Fe em que os rizomas das plantas cultivadas em solução 25NP e -NP apresentaram efeito de concentração desse nutriente. De acordo com Malavolta (2006) plantas deficientes em N possuem maior teor de Fe.

O maior acúmulo de Zn ocorreu nos rizomas das plantas cultivadas em solução completa, 50NP e -NP. Dentre as funções do Zn pode-se destacar a ativação de gemas, ou seja, deficiências de Zn se manifestam em baixa atividade das gemas (DECHE; NACHTIGAL, 2006) que pode impedir a produção de brotações. Pode-se observar um maior teor de Zn nos rizomas quando

comparado com os teores encontrados nas raízes, esse fato pode ser atribuído a menor redistribuição de Zn na planta (MALAVOLTA, 2006). Pinho (2007) observou que rizomas de bananeira ornamental cultivadas em solução com omissão de N também apresentaram baixos teores de Zn, não observando diferença nos teores desse elemento quando se omitiu P na solução.

Pode-se observar a concentração de Mn nos rizomas das plantas cultivadas nas soluções 50NP, 25NP, -NP e -N. O alto teor seguido de baixas produções de massa seca culminou no acúmulo desse nutriente. De acordo com Malavolta (2006) plantas deficientes em N possuem maior teor de Mn, pois a redução do nitrito é ativada pelo Mn. Isso explica o maior teor de Mn nos rizomas nas plantas cultivadas nessas soluções, sendo que menos  $N-NO_3$  haverá um acúmulo de Mn não utilizado no processo de assimilação de N.

Não houve diferença entre os teores de N presentes nas raízes de plantas cultivadas em solução com omissão simples e múltipla de N e P. Quando se observa o acúmulo, a alta produção de massa seca culminou num maior acúmulo de N nas raízes das plantas cultivadas em solução com omissão de N. Vale ressaltar que as folhas e rizomas das plantas cultivadas nessa solução tiveram menor acúmulo quando comparado com as plantas cultivadas em solução completa. De acordo com Malavolta (2006), o P juntamente com o N, são os elementos mais redistribuídos nas plantas (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 Teor médio de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes presente nas raízes de copo-de-leite cultivado em solução completa e com omissão de macronutrientes.

Soluções	N		P		S	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Completa	2,95	7,77 b	1,51 b	3,99 b	4,35 b	11,45 b
75 NP	2,72	5,08 c	1,32 b	2,48 c	4,17 b	7,82 d
50 NP	2,19	6,01 c	2,87 a	7,89 a	4,23 b	11,60 b
25 NP	2,29	6,96 b	1,57 b	4,81 b	3,98 b	12,15 b
-NP	1,60	4,89 c	0,66 c	2,05 c	3,36 c	10,32 c
- N	2,29	9,09 a	2,46 a	7,11 a	3,47 c	10,00 c
-P	2,25	6,68 b	1,76 b	5,21 b	4,80 a	14,23 a
	K		Ca		Mg	
Completa	4,80 c	12,62 b	1,32 b	3,48 d	1,25 b	3,27 b
75 NP	9,40 c	17,57 b	3,02 a	5,65 c	1,10 b	2,05 c
50 NP	26,0 a	71,24 a	3,00 a	8,24 b	1,21 b	3,31 b
25 NP	22,0 a	66,87 a	3,59 a	10,94 a	1,31 b	3,98 b
-NP	17,20 b	52,63 a	3,78 a	11,59 a	1,36 b	4,16 b
- N	21,3 a	61,34 a	3,48 a	10,03 a	1,36 b	4,40 b
-P	18,00 b	53,28 a	3,41 a	10,10 a	2,19 a	6,47 a
	B		Cu		Fe	
Completa	56,64 b	148,99 b	20,39 a	53,63 a	597,60 a	1571,7 b
75 NP	58,46 b	109,32 c	15,04 b	28,13 d	507,16b	948,1 d
50 NP	80,34 a	220,15 a	11,77 c	32,27 d	428,74b	1174,7 c
25 NP	55,14 b	167,64 b	15,04 b	45,73 b	465,81b	1416,1 b
-NP	34,91 c	103,86 c	12,94 c	39,60 c	522,65b	1599,3 b
- N	85,97 a	247,61 a	12,06 c	34,83 c	531,77b	1531,5 b
-P	86,53 a	256,16 a	12,67 c	37,52 c	598,58 a	1829,6 a
	Zn		Mn			
Completa	56,09 a	147,5 b	29,40 c	77,30 c		
75 NP	41,40 b	77,40 c	24,79 c	46,60 c		
50 NP	50,37 b	136,6 b	33,55 c	91,90 c		
25 NP	45,83 b	139,3 b	43,41 c	131,9 c		
-NP	57,74 a	176,7 a	113,87 b	348,5 a		
- N	59,96 a	172,7 a	131,14 a	377,7 a		
-P	64,10 a	189,7 a	105,28 b	270,6 b		



Pode-se destacar a solução - NP, de onde foram obtidas plantas com raízes com menor teor de P. Já as raízes das plantas cultivadas em solução com omissão simples de N e com 50NP apresentaram o maior teor de P. Os altos teores de P associados às altas produções de massa seca resultaram nos maiores acúmulos de P em plantas cultivadas em solução com omissão simples de N e com 50NP. A principal função do P na planta é o de armazenar e transferir energia para a síntese de proteínas. Já o N participa na formação de estruturas (proteínas, enzimas, vitaminas, etc) e processos como absorção iônica, multiplicação e absorção celular, entre outras (MALAVOLTA, 2006).

As raízes das plantas cultivadas em solução com omissão simples de N e múltipla de NP apresentaram os menores teores de S. Os demais teores foram semelhantes aos encontrados nas raízes das plantas cultivadas em solução completa, com exceção de P. Os baixos teores de S associados às baixas produções de massa seca resultaram nos menores acúmulos de S em raízes das plantas cultivadas em solução com omissão simples de N e múltipla de NP. O contrário ocorreu em raízes de plantas cultivadas em solução com omissão de P. Os altos teores de S associados às altas produções de massa seca culminaram nos maiores acúmulos de S. Resultado semelhante foi observado quando se analisou os brotos das plantas de copo-de-leite

Pode-se observar que a deficiência múltipla influenciou nos teores de K nas raízes de plantas cultivadas sob omissão múltipla de N e P. Raízes de plantas cultivadas em solução com 50 NP, 25 NP e -N apresentaram os maiores teores de K, seguido pelas raízes de plantas cultivadas nas soluções -P e -NP. Altos teores relacionados às altas produções de massa seca proporcionaram maiores acúmulos de K em raízes de plantas de copo-de-leite cultivados em solução com omissão simples e múltipla de N e P. De acordo com Malavolta (2006) existe uma relação muito forte entre o N e K, sendo que o teor de K sobe junto com o de N. Para as raízes das plantas cultivadas na solução completa e com 75 NP,

pode ter ocorrido uma inibição na absorção do K devido à presença de concentrações suficientes de Ca.

Observou-se um alto teor de Ca nas raízes das plantas cultivadas em solução com omissão simples e em menores concentrações de N e P quando comparadas com a solução completa. Isso pode ser explicado devido à estratégia adaptativa adotada pela planta para explorar o solo em busca do nutriente escasso, aumentando a produção de raízes com exigência maior de Ca para formação de parede celular (VITTI; LIMA; CICARONE, 2006). O maior acúmulo de Ca ocorreu nas raízes das plantas cultivadas nas soluções 25NP, -NP, -N e -P devido aos altos teores de Ca e aumento na massa seca. Resultado contrário ao obtido por Almeida (2007) em que com a deficiência de N houve redução no teor de Ca na raiz das plantas de copo-de-leite.

Para o Mg observou-se maior teor e acúmulo nas raízes das plantas cultivadas com omissão de P, sendo que nos outros tratamentos não houve diferença. A absorção do  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  é máxima na presença de  $\text{Mg}^{2+}$ , esse papel de “carregador de fósforo” se explica, possivelmente pela sua participação na ativação de ATPases da membrana e na própria geração do ATP na fotossíntese e respiração (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Raízes de plantas cultivadas em solução com deficiência simples de N e P apresentaram os maiores teores e acúmulo de B, seguido das raízes cultivadas em solução 25NP, sendo o teor e acúmulo de B menor em raízes das plantas cultivadas em solução com deficiência múltipla de NP. Malavolta (2006) cita que tanto a carência de P quanto de N pode resultar em acumulação de B nos tecidos. Já com a omissão múltipla, ocorre o contrário. Isso pode ter ocorrido devido ao efeito de diluição, com o maior desenvolvimento de raízes das plantas cultivadas nessa solução em resposta ao baixo teor de N e P, o que deixou o B com baixos níveis. Almeida (2007) detectou que plantas de copo-de-leite

cultivadas com omissão de N apresentaram, nas raízes, teores de B significativamente maiores que os demais tratamentos.

Plantas cultivadas na solução completa tiveram o maior teor e acúmulo de Cu quando comparadas com as plantas com demais tratamentos. Houve um menor acúmulo de Cu nas raízes de plantas cultivadas em solução com 75 e 50NP; isso pode ter ocorrido devido ao efeito de diluição que ocorre em decorrência de baixos teores de Cu seguido de aumento na massa seca. Pode-se observar um teor de Cu maior nas raízes quando comparado com o teor presente nos rizomas. Existem resultados que indicam que compostos nitrogenados solúveis, como aminoácidos, atuam como carregadores de Cu no xilema e floema, já que o nutriente apresenta forte afinidade com átomos de N do grupo amino (DECHEM; NACHTIGAL, 2006).

Pode-se observar que a deficiência múltipla de N e P influenciou no teor e acúmulo de Fe das raízes de copo-de-leite, apresentando baixos teores quando comparado com os teores das raízes de plantas cultivadas em solução completa, com exceção das plantas cultivadas em solução -P. As raízes de plantas cultivadas em solução com 75NP apresentaram o menor acúmulo de Fe. Isso pode ser devido ao efeito de diluição do Fe quando o N e o P foram omitidos, o peso da matéria seca se manteve semelhante à completa, mas o teor diminuiu fazendo com que o nutriente diluísse nas raízes.

Raízes de plantas cultivadas em solução com omissão simples e múltipla de N e P apresentaram maior acúmulo de Zn como nos tratamentos -N, -P e -NP. Alto teor de Zn seguido de aumento da massa seca culmina no maior acúmulo de Zn nas raízes. Almeida (2007) observou que em plantas de copo-de-leite cultivadas com omissão de N apresentaram menor teor de Zn nas raízes.

Raízes de plantas cultivadas em solução com omissão de N, P e - NP apresentaram o maior teor de Mn, sendo o Fe acumulado nas raízes das plantas cultivadas nessas mesmas soluções. Almeida (2007) observou que plantas de

copo-de-leite cultivadas com omissão de N apresentaram teores de Mn significativamente maiores. Pinho (2007) também observou aumento do teor de Mn nas raízes de bananeira ornamental quando foram cultivadas em solução com omissão de P.

#### **4 CONCLUSÕES**

- Maior comprimento, volume e densidade de raiz são observados em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução com omissão de -P e 25NP.
- O diâmetro das raízes não é influenciado pela deficiência múltipla de macronutrientes.
- A composição mineral presente em raízes e rizomas das plantas é influenciada pela deficiência múltipla de N e P, com exceção do N para raízes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A omissão múltipla de N e P mascarou os sintomas visuais de deficiência desses nutrientes nas plantas de copo-de-leite, sendo observados nas plantas cultivadas na solução com omissão de NP apenas sintomas de amarelecimento nas folhas velhas. Os sintomas de N e P são observados no mesmo órgão (velho) e, sendo assim, a deficiência múltipla mascarou a deficiência de P apresentando apenas o sintoma típico de N, dificultando a diagnose visual dessas plantas. A omissão múltipla de NP apresentou sintomas visíveis de deficiência, mas não mostrou sintoma diferente do que é conhecido para omissão simples de N e P.

O desenvolvimento das plantas foi afetado pelas omissões múltiplas de N e P. Plantas cultivadas na solução com -NP apresentaram menor número de folhas e brotos, menor altura, rizomas com menor peso e alterações estruturais no sistema radicular.

Foi possível observar que os parâmetros de crescimento massa seca de rizoma e parte aérea e número de brotos das plantas cultivadas em solução com 50% de NP apresentaram valores semelhantes aos das plantas cultivadas em solução completa. Já as plantas cultivadas em solução com omissão múltipla de NP (-NP) apresentaram crescimento inferior quando comparado com as plantas cultivadas nas demais soluções. Os demais parâmetros avaliados não apresentaram diferenças entre as plantas cultivadas nas diferentes soluções.

Para análises de desenvolvimento radicular, o uso do software WinRHIZO® e o scanner fotográfico contribuiu de forma satisfatória para o trabalho, sendo possível analisar, de forma mais clara e objetiva, o desenvolvimento das raízes quando os nutrientes foram omitidos.

Os diferentes teores de NP nas soluções afetaram o teor e acúmulo dos demais nutrientes nas diferentes partes da planta. A parte aérea de copo-de-leite

apresentou baixos teores de N, P, Ca e Mg quando cultivado em solução com 25 NP e -NP. Já a parte aérea de plantas cultivadas nas diferentes concentrações de N e P apresentou altos teores de S e K, mas baixo acúmulo desses nutrientes na parte aérea, devido a diminuição do peso da matéria seca.

As inflorescências apresentaram baixos teores apenas para os nutrientes N, P, Mn, e Mg, sendo os demais não influenciados pela omissão de N e P. Já as raízes apresentaram alta concentração de P, Ca, Zn e Mn.

O rizoma, por ser uma estrutura de reserva, teve o teor de Zn elevado nas soluções com omissão de 25NP e 75NP devido ao efeito de concentração, sendo que as duas soluções apresentaram plantas com menor massa seca de rizoma.

A omissão de N e P, além dos sintomas visuais causados, não apresenta variação na emissão de inflorescências de plantas jovens, provoca a redução nos teores de Mg na parte aérea e inflorescências e proporciona acúmulo de Zn nos rizomas nas plantas cultivadas em soluções com concentrações mais baixas de NP ( 50% e -NP ) em comparação com a original.

## REFERÊNCIAS

ABDOLZADEH, A. et al. Effects of phosphorus supply on growth, phosphate concentration and cluster-root formation in three *Lupinus* species **Annals of Botany**, London, v.105, n. 3, p. 365-374, Mar. 2010.

ALMEIDA, E. F. A. **Nutrição mineral em plantas de copo-de-leite: deficiência de nutrientes e adubação silicatada**. 2007. 120 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

ALMEIDA, E. F. A. et al. Produção de flores e plantas ornamentais: como começar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 249, p. 7-15, mar./abr. 2009.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. cap. 10, p. 253-280.

BLOUIN, M.; BAROT, S.; ROUMET, C. A quick method to determine root biomass distribution in diameter classes. **Plant and Soil**, The Hague, v. 290, n. 1/2, p. 371-381, Jan. 2007.

CARNEIRO, D. N. M. **Acúmulo de nutrientes em copo-de-leite em fase inicial de cultivo**. 2009. 53 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

CORRÊA, P. R.; PAIVA, P. D. O. Agronegócio da floricultura brasileira. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 21, n. 4, p. 253-261 out./dez. 2009.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2006. cap. 13, p. 327-354.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Tradução Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Planta, 2006. 401 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.

FRAZÃO, J. E. M. et al. Deficiência nutricional em bastão-do-imperador (*Etilingera elatior* (Jack) R. M. Smith): efeito na produção de matéria seca e índices biométricos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 294-299, mar./abr. 2010.

HIMMELBAUER, M. L.; LOISKANDL, W.; KASTANEK, F. Estimating length, average diameter and surface area of roots using two different Image analyses systems. **Plant and Soil**, The Hague, v. 260, n. 1/2, p. 111-120, Mar. 2004.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 32 p. (Circular, 347).

JACOBSON, L. Maintenance of Fe supply. **Plant Physiology**, Rockville, v. 26, n. 3, p. 411-413, July 1951.

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

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

PINHO, P. J. **Deficiências nutricionais em bananeira ornamental (*Musa velutina* H. Wedl. & Drude)**: alterações químicas e morfológicas e caracterização de sintomas visuais. 2007. 152 p. Tese (Doutorado em Nutrição Mineral de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

RÉGENT INSTRUMENTS. Image Analysis for Plant Science. **WinRHIZO**<sup>®</sup>. Ottawa, 2004. Disponível em: <<http://www.regentinstruments.com>>. Acesso em: 04 ago. 2009.

RODRIGUES, V. E. G. **Morfologia externa, organografia, organogenia vegetal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004, 127 p.

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

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.

SOUZA, R. R. **Desenvolvimento de copo-de-leite sob doses de boro em solução nutritiva**. 2009. 66 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

TERUEL, D. A. et al. Alterações estruturais do sistema radicular de soja em resposta à disponibilidade de fósforo no solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 55-60, jan./mar. 2001.

VITTI, C. G.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS, 2006. cap. 12, p. 299-326.

WANG, M. B.; ZHANG, Q. Issues in using the WinRHIZO system to determine physical characteristics of plant fine roots. **Acta Ecologica Sinica**, Pequim, v. 29, n. 2, p. 136-138, June 2009.

ZONTA, E. et al. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico  
In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBCS,  
2006. cap. 9, p. 7-53.