

**PRODUÇÃO DE CRISÂNTEMO CULTIVADO  
EM DIFERENTES SUBSTRATOS  
FERTIRRIGADOS COM FÓSFORO,  
POTÁSSIO E SILÍCIO**

**TATIANA MICHLOVSKÁ RODRIGUES**

**2006**

**TATIANA MICHLOVSKÁ RODRIGUES**

**PRODUÇÃO DE CRISÂNTEMO CULTIVADO EM DIFERENTES  
SUBSTRATOS FERTIRRIGADOS COM FÓSFORO,  
POTÁSSIO E SILÍCIO**

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

Orientador  
Prof. Renato Paiva

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2006

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

Rodrigues, Tatiana Michlovská

Produção de crisântemo cultivado em diferentes substratos fertirrigados com fósforo, potássio e silício / Tatiana Michlovská Rodrigues. – Lavras : UFLA, 2006.

86 p. : il.

Orientador: Renato Paiva  
Tese (Doutorado) – UFLA.  
Bibliografia.

**1. Crisântemo. 2. Cultivo. 3. Irrigação. 4. Substrado. 5. Fertilizante. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.**

CDD-635.93355

**TATIANA MICHLOVSKÁ RODRIGUES**

**PRODUÇÃO DE CRISÂNTEMO CULTIVADO EM DIFERENTES  
SUBSTRATOS FERTIRRIGADOS COM FÓSFORO,  
POTÁSSIO E SILÍCIO**

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

APROVADA em 09 de janeiro de 2006.

Profa. Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva – DAG/UFLA

Prof. Dr. Valdemar Faquin – DCS/UFLA

Prof. Dr. Armando Reis Tavares – IB/Seção de Ornamentais/Jardim Botânico de SP

Prof. Dr. José Magno Queiroz Luz – ICIAG/UFU

Prof. Renato Paiva  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2006

## **DEDICO**

*Primeiramente a DEUS, por todas as bênçãos e lições concedidas durante esta caminhada, me guiando, me pastoriando.*

*Dedico, especialmente, ao meu companheiro de vida, Carlos Ribeiro Rodrigues, pelo apoio, dedicação, ensinamentos e pelo nosso bebê, que cultivo em meu ventre com muito amor e carinho.*

*A meus Pais, Ailson Domingues Rodrigues e Anna Michlovská Rodrigues, pelos ensinamentos de vida, apoio e carinho. A minha irmã, Ludmila Michlovská Rodrigues, pela amizade e alegria em todos os momentos. Dedico também a meu sogro Carlos Roberto Ribeiro Rodrigues, sogra, Ana Isabel Ribeiro Rodrigues e cunhados Lucas, Carolina e Claudiane, pela ajuda, companhia e atenção.*

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de doutorado e à Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade, infra-estrutura e apoio aos aprendizados e trabalhos realizados em minha vida acadêmica.

Primeiramente, gostaria de agradecer ao professor e orientador Renato Paiva, pela amizade, ensinamentos durante a condução das atividades do Doutorado e pela confiança.

Agradeço e dedico a Multiflores, pelo apoio durante a condução do experimento e pela doação dos vasos e do substrato comercial e também a Amafibra, pela doação da fibra de coco.

Gostaria de agradecer também aos professores Luciano Vilela Paiva, Valdemar Faquim e Patrícia Duarte de Oliveira Paiva, pela co-orientação e ao professor e pesquisador, José Magno Queiroz Luz e Armando Reis Tavares, como participantes da banca de defesa de tese e a professora Janice Guedes de Carvalho, pelos ensinamentos e amizade.

Um agradecimento especial para a Maria de Lourdes, por ter me enviado a inscrição para o ingresso na UFLA. Agradeço também à Profª Patrícia Duarte de Oliveira Paiva pela orientação desde o início e também durante a condução do Mestrado e co-orientação no Doutorado, pelos ensinamentos, amizade e confiança. Aos Laboratoristas, Roberto e Adalberto e aos demais funcionários que, de forma direta e ou indireta, ajudaram na realização do trabalho e pelo convívio durante minha passagem pela UFLA.

Aos amigos do NEPAFLOR (Núcleo de Estudos em Paisagismo e Floricultura) pela amizade e ajuda em todos os momentos. De maneira geral, a todos os colegas de pós-graduação. Aos colegas de trabalho, Danielle P. Baliza, Fabrício W. Ávila, pela ajuda e empenho durante a realização dos experimentos. Agradeço também à Associação dos Pós-Graduandos da UFLA, pela oportunidade, aos coordenadores das gestões 2004/2005 e também à secretária Vanessa, pela amizade e companheirismo.

## **BIOGRAFIA**

**TATIANA MICHLOVSKÁ RODRIGUES**, filha de Ailson Domingues Rodrigues e Anna Michlovská Rodrigues, nasceu em 19 de dezembro de 1976, em São Paulo, Capital. Realizou o curso de primário no EMEI – Escola Municipal Profa. Olga Maria G. M. Domingues entre 1980 e 1983. Entre 1984 e 1991, fez o curso ginásial na Escola Municipal Monteiro Lobato e entre 1992 e 1994 fez o científico na Escola Estadual Pereira Barreto. Em 1996, iniciou o curso de graduação em Agronomia na Universidade Federal de Lavras, concluindo-o em janeiro de 2001. Em seguida, iniciou o Mestrado em Agronomia-Fitotecnia nesta mesma instituição. Defendeu a dissertação intitulada “Substratos e adubação na aclimatização e desenvolvimento de mudas de bromélia imperial” em fevereiro de 2003. Em 2003, iniciou o doutorado em Agronomia-Fitotecnia na Universidade Federal de Lavras, defendendo a tese em 09 de janeiro de 2006.

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	2
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 A floricultura no Brasil.....	4
2.2 Importância econômica e cultural do crisântemo.....	4
2.3 Qualidade do crisântemo.....	5
2.4 Substrato.....	6
2.5 Nutrição mineral e adubação.....	9
2.5.1 Adubação do crisântemo.....	9
2.5.2 Nutrição mineral de crisântemo.....	13
2.5.2.1 Sintomas de deficiências minerais.....	14
2.5.2.2 O silício na planta.....	15
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
CAPÍTULO II – Crescimento e qualidade de crisântemo (cv. Puritan) sob diferentes substratos e concentrações de fósforo na solução de fertirrigação.....	22
RESUMO.....	23
ABSTRACT.....	24
1 INTRODUÇÃO.....	25
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
2.1 Local do experimento.....	27
2.2 Delineamento experimental.....	27
2.3 Montagem e condução do experimento.....	27
2.4 Coleta e determinações analíticas.....	30
2.5 Análises estatísticas.....	30
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
3.1 Análise química dos substratos.....	31
3.2 Crescimento.....	32
3.3 Qualidade.....	37
3.4 Nutrição mineral.....	42
4 CONCLUSÕES.....	47
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
CAPÍTULO III – Diferentes concentrações de potássio e silício na solução de fertirrigação e substrato influenciando no crescimento e qualidade de crisântemo (cv. Puritan).....	50

RESUMO.....	51
ABSTRACT.....	52
1 INTRODUÇÃO.....	53
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	55
2.1 Local do experimento.....	55
2.2 Delineamento experimental.....	55
2.3 Montagem e condução do experimento.....	55
2.4 Coleta e determinações analíticas.....	59
2.5 Análises estatísticas.....	60
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
3.1 Análise química dos substratos.....	60
3.2 Crescimento (Experimento - diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação).....	61
3.3 Qualidade (Experimento - diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação).....	64
3.4 Crescimento (Experimento - diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação).....	68
3.5 Qualidade (Experimento - diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação).....	71
4 CONCLUSÕES.....	74
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
ANEXOS.....	79

## RESUMO GERAL

RODRIGUES, Tatiana Michlovská. **Produção de crisântemo cultivado em diferentes substratos fertirrigados com fósforo, potássio e silício**. 2006. 84 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

Avaliou-se o efeito de diferentes substratos e concentrações de fósforo, potássio e silício na solução de fertirrigação (SF) no desenvolvimento do crisântemo (*Dendranthema grandiflorum*) cv. “Puritan”. Após 90 dias do enraizamento foram feitas determinações de número de inflorescências, folhas e hastes por planta e vaso, o diâmetro das inflorescências e altura de planta (cm), e determinação de peso seco de inflorescências, folhas, hastes e relações folha/haste e folha/inflorescência. Os níveis críticos foliares e o acúmulo de nutrientes na parte aérea foram estimados por meio da análise química das folhas, inflorescência e hastes para o experimento de fósforo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x5 e com quatro repetições, sendo dois substratos: comercial (para cultivo de crisântemo – Vida Verde<sup>®</sup>) (SC) e fibra de coco (Golden Mix Mixto (T-40)-Amafibra<sup>®</sup>) (FC) e cinco concentrações do nutriente testado: P, K e Si. No primeiro experimento testou-se P nas concentrações 25; 50; 100; 200 e 400 mg L<sup>-1</sup>. No segundo com potássio e no terceiro com silício, nas concentrações 25; 50; 100; 200 e 400 mg L<sup>-1</sup> e 0; 12,5; 25; 37,5 e 50 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. O uso de 43 e 80 mg L<sup>-1</sup> de P na SF proporcionou a máxima produção econômica (MPE) nos substratos FC e SC, respectivamente. Os teores foliares dos nutrientes associados à MPE nos substratos foram (g kg<sup>-1</sup>): N=56,8; P=2,2; K=21,6; Ca=22,1; Mg=4,9; S=4,2; (mg kg<sup>-1</sup>): B=51,7; Cu=8,8; Fe=372,2; Mn=600,0 e Zn=93,8 para plantas cultivadas na FC e (g kg<sup>-1</sup>): N=52,3; P=1,4; K=17,1; Ca=23,5; Mg=5,9; S=3,6; (mg kg<sup>-1</sup>): B=36,2; Cu=4,5; Fe=377,4; Mn=517,8 e Zn=45,2 para plantas cultivadas no SC. A exigência nutricional relacionada à MPE em ambos substratos seguiu a seqüência: N>K>Ca>P>Mg>S>Mn>Fe>Zn>B>Cu. Em plantas de crisântemo cultivadas em FC ocorreu a redução de até 46,25% da concentração de P na SF, obtendo plantas de boa qualidade. O uso de 400 mg L<sup>-1</sup> de potássio na SF proporcionou a maior produção em ambos os substratos, porém, substrato FC se destacou, proporcionando plantas de melhor qualidade em relação ao substrato comercial. A aplicação de 37,5 mg L<sup>-1</sup> de silício na SF proporcionou plantas de melhor qualidade em ambos os substratos, entretanto, o SC se destacou, proporcionando plantas de melhor qualidade em relação ao substrato FC.

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Professor Renato Paiva – DBI/UFLA (Orientador), Patrícia Duarte de Oliveira Paiva – DAG/UFLA (Co-orientadora).

## GENERAL ABSTRACT

RODRIGUES, Tatiana Michlovská. **Production of chrysanthemums grown in different substrates fertirrigated with phosphorous, potassium and silicon.** 2006. 84 p. Thesis (Doctorate in Plant Science) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.<sup>1</sup>

The effect of different substrates and concentrations of phosphorous, potassium and silicon in solutions of fertirrigation (SF) were evaluated during the development of chrysanthemums (*Dendranthema grandiflorum*) cv. "Puritan". After 90 days of rooting, the number of inflorescences, leaves, stems per plant and vase, inflorescences diameter and plant height (cm) and dry matter of inflorescences, leaves, stems and the ratios leaf/stem and leaf/inflorescence were determined. Leaf critical levels and nutrient accumulation on shoots were estimated through chemical analyses of leaves, inflorescences and stems for the phosphorous experiment. A randomized completely experimental design in 2x5 factorial scheme with four replications was used with two substrates (Vida Verde® - commercial substrate for chrysanthemum growth) (SC) and coconut fiber [Golden Mix Mixto (T-40) – Amafibra®] (FC) and five concentrations of P, K and Si. In the first experiment, the P concentrations tested were 25, 50, 100, 200 and 400 mg L<sup>-1</sup>. In the second experiment with potassium and the third with silicon, the following concentrations were tested 25; 50; 100; 200 and 400 mg L<sup>-1</sup> and 0; 12.5; 25; 37.5; and 50 mg L<sup>-1</sup>, respectively. The use of 43 and 80 mg L<sup>-1</sup> P in the SF provided the maximum economic production (MPE) in the substrates FC and SC, respectively. Leaf nutrient levels associated to MPE in the substrates were (g kg<sup>-1</sup>): N=56.8; P=2.2; K=21.6; Ca=22.1; Mg=4.9; S=4.2; (mg kg<sup>-1</sup>): B=51.7; Cu=8.8; Fe=372.2; Mn=600.0 and Zn=93.8 for plants grown in FC and (g kg<sup>-1</sup>): N=52.3; P=1.4; K=17.1; Ca=23.5; Mg=5.9; S=3.6; (mg kg<sup>-1</sup>): B=36.2; Cu=4.5; Fe=377.4; Mn=517.8 and Zn=45.2 for plants grown in SC. The nutritional demand related to MPE in both substrates followed the sequence: N>K>Ca>P>Mg>S>Mn>Fe>Zn>B>Cu. Plants of chrysanthemum grown in FC can reduce in up to 46.25% the P concentration in the SF in order to obtain plants with good quality. The use of 400 mg L<sup>-1</sup> of potassium in the fertirrigated solution provided the higher production in both substrates however, the substrate FC formed plants with better quality compared with the commercial substrate. The use 37.5 mg L<sup>-1</sup> of silicon in the fertirrigated solution provided plants with better quality in both substrates however, the substrate SC formed plants with better quality compared with the FC substrate.

<sup>1</sup> Guidance Committee: Professor Renato Paiva – DBI/UFLA (Adiviser), Patricia Duarte de Oliveira Paiva – DAG/UFLA (Co-adviser)

## **CAPÍTULO I**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A floricultura brasileira teve maior destaque como uma atividade economicamente lucrativa a partir dos anos 1960. Com o passar dos anos essa atividade aumentou principalmente devido à participação de imigrantes japoneses e holandeses que, até nos dias atuais, vêm contribuindo de forma expressiva para a produção nacional.

A produção de flores no Brasil movimentava cerca de US\$ 700 a 800 milhões anuais e vem crescendo a cada ano, numa taxa de aproximada de 20% (São José, 2003), tornando-se aos poucos um setor agrícola de destaque nacional. No mercado internacional, se destaca a Holanda, principal país exportador, responsável por 53% do total das exportações de flores mundiais. O Brasil tem uma participação de 0,25% do mercado mundial, o que representa 10% da produção nacional (Stringheta et al., 2004).

Dentre os principais produtos nacionais, destaca-se o crisântemo. Somente no estado de São Paulo, em 2004, o setor de comercialização atacadista de crisântemo movimentou entre R\$ 15 e 20 milhões (Junqueira & Peetz, 2004). O crisântemo de vaso é a segunda planta florífera em volume de produção, após a rosa e possui um crescimento contínuo na comercialização interna. O sucesso de sua comercialização deve-se a características como diversidade no formato, cor e tamanho das inflorescências, além de apresentar de forma precisa, resposta ao fotoperíodo, durabilidade pós-colheita tanto das inflorescências como da planta em vaso e, ainda, possuir um ciclo de crescimento rápido (Mainardi et al., 2004).

A comercialização de crisântemos está diretamente relacionada com o tamanho e a qualidade de folhas, hastes e flores, e o sucesso para a produção de plantas com estas características é associado às condições ambientais e

nutricionais (Roude et al., 1991), sendo a qualidade das flores altamente dependente da adubação e do manejo do substrato (Shirasaki, 1993).

A adubação e a nutrição mineral são fatores essenciais para ganhos na qualidade e retornos adequados. Os fertilizantes devem ser aplicados corretamente, de modo a atingir também alta eficiência, adequando à quantidade utilizada, visando, além de menores custos de produção, menores danos ambientais.

Embora, nas condições brasileiras, a fertirrigação seja uma técnica amplamente utilizada na cultura do crisântemo, ainda são muitas as dúvidas sobre a correta condução da cultura, principalmente quanto à adubação (Lima, 1987). Existem diversas recomendações que são provenientes, em sua maior parte, dos Estados Unidos, da Holanda e do Japão. Essas são adaptadas pelos produtores nacionais às condições de cultivo, ficando incerta a sua eficiência. Variações em dosagens dos nutrientes, no número de parcelamentos e nas épocas de aplicação dos fertilizantes induzem a erros de condução e manejo da cultura, além de provocar aumento nos custos.

A qualidade de um vegetal está associada ao bom e adequado suprimento de nutrientes, e o não suprimento proporciona uma baixa qualidade que pode ser atribuída aos desbalanços nutricionais (Wesenbererg & Beck, 1964).

O fornecimento de nutrientes via solução nutritiva pode aumentar a absorção, por possibilitar uma concentração favorável e constante de nutrientes durante todo o ciclo de cultivo (Barbosa et al., 1999).

Visando à manutenção das qualidades fitossanitárias dos viveiros, o uso de substratos para a produção de mudas e ou plantas é a melhor maneira de adquirir qualidade vegetal, preservando o ambiente e reduzindo custos de produção (Malvestiti, 2004).

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes substratos e concentrações dos nutrientes de fósforo, potássio e silício adicionados à solução de fertirrigação sobre a nutrição mineral, crescimento e qualidade do crisântemo cv. Puritan.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A floricultura no Brasil**

A riqueza na biodiversidade que o Brasil possui, com destaque para as plantas ornamentais e flores, é conhecida mundialmente. Porém, o mercado interno para floricultura ainda é pequeno e o consumo de flores é de aproximadamente US\$ 4 por habitante/ano. Em outros países, como a Argentina, o consumo de flores per capita é de US\$ 25 e em países europeus este valor pode chegar até US\$ 135 por habitante/ano (Stringheta et al., 2004).

No Brasil, são cultivadas cerca de 200 espécies e 2.000 variedades, das quais o crisântemo, os cactos e as mudas ornamentais representam 34% das exportações (Stringheta et al., 2004). Os principais centros de comercialização localizam-se nas cidades de São Paulo, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Brasília, Curitiba, Recife, Porto Alegre e Vitória (Stringheta et al., 2004).

### **2.2 Importância econômica e cultural do crisântemo**

O crisântemo é originário da China e conhecido há mais de dois mil anos. Pertence ao gênero *Dendranthema*, família Asteraceae, tendo sido introduzido no Japão no ano de 286, onde foi adaptado e é considerado símbolo nacional, significando vida longa. Em 1789, foi introduzido na Europa e daí foi distribuído para as demais localidades do mundo (Barbosa, 2003).

O cultivo do crisântemo foi introduzido no Brasil, com mais expressividade no estado de São Paulo, há cerca de 50 anos e, hoje, é

responsável por 80% da produção nacional, seguido pelos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais.

No estado de São Paulo existem três mercados principais: Entrepasto Terminal de São Paulo da CEAGESP (Companhia de Entrepastos e Armazéns Gerais de São Paulo), CEASA-Campinas (Mercado Permanente de Flores) e Veiling-Holambra. No estado de Minas Gerais, existe, em Belo Horizonte, o CEASA-MG. Nestes locais comercializam-se flores e plantas ornamentais em geral.

O crisântemo de vaso é a segunda planta ornamental mais produzida em estufas, possuindo um crescimento contínuo na comercialização interna, sendo a primeira a rosa. Seu sucesso na comercialização deve-se à diversidade no formato, na cor e no tamanho das inflorescências, além de possuir, de uma forma precisa, uma resposta ao fotoperíodo, durabilidade pós-colheita tanto das inflorescências como da planta e possuir um ciclo de crescimento rápido (Mainardi et al., 2004), o que permite duas a três colheitas por ano na mesma área de produção (Stringheta et al., 2004).

A comercialização de crisântemos está diretamente relacionada com o tamanho e a qualidade das folhas, hastes e inflorescência. O sucesso para a produção de plantas com estas características está diretamente associado às condições ambientais e nutricionais (Roude et al., 1991), e a qualidade das inflorescências diretamente dependente da adubação e do manejo do substrato (Shirasaki, 1993).

### **2.3 Qualidade do crisântemo**

Malavolta (1989) define qualidade como sendo um conjunto de características químicas relacionadas com o valor nutritivo, industrial ou comercial do produto agrícola, admitindo que a cor ou o perfume de uma flor são conseqüências da composição química das mesmas. A definição de

qualidade, segundo Boodley (1975), no entanto, considera as características estéticas que promovem o máximo benefício para o uso.

Motos & Oliveira (sd) citam que os produtos comercializados pelo Veiling – Holambra, que é um dos principais centros de comercialização de flores do Brasil, são submetidos a um rigoroso sistema de classificação e padronização de produtos vegetais reconhecido em todo o país. A classificação e a padronização são baseadas em parâmetros estabelecidos entre os grupos de produtores, fundamentados na necessidade do mercado.

Basicamente, as plantas são consideradas de boa qualidade quando se apresentarem isentas de pragas e doenças, com hastes firmes e boa sustentação; bem formadas, com florescimento uniforme; todas devem ter o mesmo estado de maturação e coloração firme. As folhas podem apresentar leve presença de resíduos químicos. As hastes não devem apresentar “ramos ladrões” laterais. O tamanho das plantas deve variar de 23 a 35 centímetros, mantendo, assim, uma proporcionalidade com o tamanho dos potes.

#### **2.4 Substrato**

Um substrato pode ser definido como qualquer material ou combinação de materiais que sirvam para proporcionar suporte, retenção de água, aeração e retenção de nutrientes para as plantas. Dentre as propriedades físicas mais importantes, merecem destaque a capacidade de aeração, de retenção de água facilmente disponível e a estabilidade estrutural do material (Malvestiti, 2004).

Visando à manutenção das qualidades fitossanitárias dos viveiros, por contaminação bacteriana, fúngica, virótica, contaminação do solo por nematóides ou problemas de salinização, a possibilidade de uso de substratos para a produção de mudas e ou plantas é a melhor maneira de adquirir uma qualidade vegetal, preservando o ambiente e obtendo-se uma redução de custos

do final da produção. Dessa maneira, a exigência por parte dos produtores em adquirir substrato é cada vez maior (Malvestiti, 2004).

Na composição do substrato, em geral, são utilizadas matérias-primas de origem orgânica e inorgânica. As principais características de um substrato são uniformidade, estabilidade química e física, ausência de inibidores químicos de crescimento e de produtos tóxicos, possuir alguns teores de sais, capacidade de troca catiônica (CTC), densidade, facilidade de manuseio, de mistura, de custo e de obtenção (Gruszynski, 2001).

Os substratos podem ser de origem animal (esterco, húmus de minhoca, farinha de sangue, farinha de chifre), mineral (vermiculita, cinasita, areia, granito, perlita, terra), sintética (isopor, lã de rocha, espuma fenólica) e vegetal (turfa, carvão, bagaços, fibra de coco, xaxim, esfagno, tortas, casca de árvores, casca de arroz carbonizada ou natural) (Gonçalves, 1995; Gruszynski, 2001). Wilson (1983) cita que outros produtos alternativos também podem ser utilizados como, por exemplo, o lodo de esgoto, composto de lixo domiciliar urbano tratado, argila expandida, serragem e acículas de pinus.

Gruszynski (2001) apresenta os três substratos mais utilizados pelos produtores de crisântemos (partes em volume), como: Substrato 1 (proporção de 3:3½:2½:1, respectivamente, em partes em volume de casca de pinus compostada, turfa, terra argilosa e casca de arroz carbonizada.); Substrato 2 (proporção de 2:3:4, respectivamente em partes em volume de resíduo de casca de acácia - indústria de tanino, serragem decomposta e terra argilosa); Substrato 3 (proporção de 2:2:4:1:1, respectivamente em partes em volume de pó de xaxim, casca de pinus, terra argilosa, areia e esterco bovino curtido)

O uso de terra argilosa na composição do substrato ainda é muito utilizado no Brasil, pelo motivo de tornar mais barato o valor do substrato e a facilidade de aquisição. Em outros países, esta prática já é restrita, devido à degradação de recurso natural e pelos problemas que este material pode trazer à

propriedade e à produção vegetal, como contaminação por patógenos, plantas invarosas, dificuldade no processo de mistura, problemas na aeração e elevada densidade (Gruszynski, 2001).

Um dos materiais vegetais que têm sido utilizados é a fibra de coco, pois não apresenta problemas de salinização, constitui um material homogêneo e facilita o manejo pelos produtores (Martinez, 2002).

A fibra de coco apresenta de média a alta capacidade de retenção de cátions (Martinez, 2002) e que, segundo Blom (1999), é atribuída à presença de altas concentrações de ácidos orgânicos. Todavia, no início da irrigação, este substrato apresenta baixa capacidade de retenção de água (Martinez, 2002 e Shinohara et al., 1999), proporcionando uma lixiviação mais intensa da solução.

Meerow (1994) relata que a capacidade de retenção de cátions é reduzida com o tempo de cultivo, devido à lixiviação dos ácidos orgânicos que são os responsáveis pela capacidade de troca catiônica (CTC) da fibra de coco. Assim, com o tempo de cultivo, há uma redução da fibra em reter nutrientes, não mantendo uma concentração na solução suficiente para um bom desenvolvimento das plantas. Porém, essa desvantagem pode ser amenizada, controlando-se a irrigação de forma mais rígida, tomando-se cuidado com os intervalos de irrigação, em relação ao manejo adotado para os outros substratos.

Demattê & Demattê (1996) observaram que, do ponto de vista de retenção e perda de água, a fibra de coco, pura ou em mistura, pode substituir o xaxim. Souza & Jasmim (2001), testando o cultivo de *Syngonium podophyllum* com a mistura da fibra de coco ao substrato comercial, verificaram que essa mistura proporcionou o desenvolvimento de plantas tão vigorosas quanto aquelas produzidas em substrato comercial puro.

## **2.5 Nutrição mineral e adubação**

### **2.5.1 Adubação do crisântemo**

Espécies melhoradas são geralmente mais exigentes em manejos para exteriorizar todo o seu potencial produtivo e ornamental, sendo o balanço adequado de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio fundamental para atingir o padrão de qualidade. Os nutrientes desempenham importantes funções nas plantas e muitos deles estão diretamente relacionados como a formação dos botões florais. O excesso ou a deficiência dos elementos nutricionais podem causar problemas de produção, alterando a qualidade e a vida pós-colheita, no caso das plantas de corte (Gruszynski, 2001).

A adubação e a nutrição mineral são fatores essenciais para ganhos na qualidade e retornos adequados. Os fertilizantes devem ser aplicados corretamente, de modo a atingir também alta eficiência, adequando à quantidade utilizada, visando, além de menores custos de produção, menores danos ambientais (Gruszynski, 2001).

Apesar da fertirrigação consistir numa técnica amplamente utilizada na cultura do crisântemo, são escassas as informações sobre a época e frequência de aplicação, seja para cultivo a céu aberto ou para cultivo protegido. Nas condições brasileiras, ainda são muitas as dúvidas sobre a correta condução da cultura de crisântemo, principalmente quanto à adubação, pois as diversas recomendações encontradas são provenientes, em sua maior parte, dos Estados Unidos, da Holanda e do Japão, e adaptadas pelos produtores às nossas condições de cultivo, tornando incerta a sua eficiência. Variações em dosagens dos nutrientes, no número de parcelamentos e nas épocas de aplicação dos fertilizantes causam erros de condução e manejo da cultura, além de provocar o aumento de custos que podem ser evitados (Lima, 1987).

Atualmente, observa-se um aumento crescente no interesse de pesquisas sobre os aspectos qualitativos da produção vegetal e não mais somente em dados

quantitativos (Santos, 1995). Neste contexto, a qualidade de um vegetal está associada ao bom e adequado suprimento de nutrientes e a não ocorrência deste fator proporciona uma baixa qualidade do material produzido (Wesenbererg & Beck, 1964).

O crisântemo é extremamente exigente em nitrogênio e potássio, sobretudo nas primeiras seis semanas, quando as plantas crescem rapidamente. Entretanto, nessa fase, as raízes são pouco desenvolvidas e a eficiência do sistema radicular aumenta ao longo do tempo, de acordo com o crescimento da parte aérea (Gruszynski, 2001; Stringheta et al., 2004). Boodley (1975) afirma que o potássio é um nutriente mais exigido quando se aproxima o período de florescimento, desde a indução floral até sua abertura. Essa autora também relata que, no período do desenvolvimento final da planta, há um aumento da exigência da planta por fósforo, com provável efeito benéfico do nutriente no tamanho final das inflorescências.

González & Bertsch (1989) verificaram que o potássio e o nitrogênio foram os nutrientes mais exigidos pelo crisântemo e chegaram a estar presentes em quantidades três vezes maior que cálcio, fósforo e magnésio.

Gruszynski (2001) propõe um programa básico de adubação com a utilização das concentrações de 200-300 mg L<sup>-1</sup> de nitrogênio, juntamente com 200-300 mg L<sup>-1</sup> de potássio, dissolvidos em água. Porém, alguns fatores como época do ano e capacidade de retenção de água dos substratos podem interferir nestas concentrações propostas. Em épocas quentes, torna-se necessário o uso de maior quantidade de água e uso reduzido de fertilizantes, para evitar problemas com concentrações de sais no substrato. Em substratos que não possuem boa capacidade de retenção de água, deve-se evitar irrigar com a solução de adubação, pois as raízes certamente irão se encontrar ressecadas e podem ser agredidas com as concentrações de sais existentes na solução de adubação.

O parcelamento de fósforo é necessário e a aplicação é de aproximadamente  $100 \text{ mg L}^{-1}$  a cada quatro ou cinco semanas, sendo dissolvido na água de irrigação (Gruszynski, 2001). Barbosa et al. (2004) também verificaram que a aplicação de fósforo parcelada é a melhor maneira de se obter um maior número de inflorescências e uma melhor qualidade das plantas, sendo o parcelamento semanal o mais recomendado.

Gruszynski (2001) ressalta que deve-se elevar a fertilidade inicial do substrato logo após o enraizamento com  $500\text{-}600 \text{ mg L}^{-1}$  de nitrogênio e potássio. Este procedimento é determinante para o número de hastes e conseqüentemente, para o número final de inflorescências, assim como a qualidade comercial do vaso.

A relação ideal de NPK sugerida por Gruszynski (2001) é 1-0,3-1,3 para a fase inicial e, após a sexta semana, eleva-se a dosagem de potássio visando aumentar a durabilidade da inflorescência, modificando a relação NPK para 1-0,4-2. Já Barbosa (2003) sugere que a relação ideal de NPK seja 1-0,3-2,5 para todo o ciclo. Mainardi et al. (2004) utilizaram a proporção de NPK de 2-0,3-1 até o surgimento dos botões florais para a formação das hastes, massa foliar e raízes. Após essa fase, a proporção de NPK foi de 1-0,3-2.

De modo geral, as plantas requerem o fornecimento constante de fósforo durante todo o ciclo de vida. No início do desenvolvimento, as quantidades exigidas são pequenas e aumentam de acordo com o crescimento da planta. A falta de fósforo na adubação reflete uma diminuição da produção da cultura e é um nutriente menos exigido pela planta em relação ao potássio e ao nitrogênio.

Waters (1964) verificou que o aumento da concentração de fósforo no substrato (de  $250 \text{ mg dm}^{-3}$  para  $520 \text{ mg dm}^{-3}$ ) propiciou, em conseqüência, uma maior produção e as plantas de crisântemo cultivadas em doses maiores apresentaram melhor qualidade. Menezes (1996) constatou que para, a cultivar Yellow Polaris a concentração de fósforo mais adequada para o crescimento e

uma boa produção floral ao final do período de produção é de  $450 \text{ mg dm}^{-3}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Outro elemento mineral que proporcionou a formação de inflorescências com maior peso, volume e qualidade no crisântemo foi o potássio, na dosagem de  $180 \text{ mg dm}^{-3}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  para a cultivar Yellow Polaris.

No período final de produção, ou seja, com o aparecimento da coloração nas inflorescências, a adubação pode ser suspensa. Este procedimento reduz os custos, além de aumentar a qualidade pós-colheita e a conservação das inflorescências (Gruszynski, 2001).

Em cultivo comercial de crisântemos de vaso normalmente é utilizada uma programação de fertirrigação do substrato durante seu desenvolvimento, fornecendo, constantemente, nutrientes às plantas por meio da irrigação. A mistura dos nutrientes na água pode ser feita com o uso de tanques de 1.000 L nos quais os fertilizantes são dissolvidos na concentração final e todo o volume de água será utilizado na irrigação. Este é um método de fácil cálculo e manejo.

O ajuste da solução nutritiva envolve o monitoramento do nível da água, da concentração dos nutrientes e do valor de pH. Durante o período de cultivo, os sais podem acumular-se quando o consumo da água pelas plantas for superior ao consumo de nutrientes, causando danos às raízes, quando esse nível se torna crítico (Noordegraaf, 1994).

Em trabalho feito com solução nutritiva em crisântemo por Barbosa et al. (1999), a composição da solução foi feita segundo recomendação de Barbosa (1996) para os macronutrientes, com  $14,39 \text{ mmol L}^{-1}$  de N,  $1,95 \text{ mmol L}^{-1}$  de P,  $12,9 \text{ mmol L}^{-1}$  de K,  $1,51 \text{ mmol L}^{-1}$  de Ca,  $1,00 \text{ mmol L}^{-1}$  de Mg e  $0,05 \text{ mmol L}^{-1}$  de S.

O fornecimento de nutrientes via solução nutritiva pode aumentar a absorção, por possibilitar a disponibilidade de uma concentração favorável e constante de nutrientes durante todo o ciclo de cultivo e um controle do pH. A temperatura e a época de cultivo também interferem na absorção de nutrientes (Barbosa et al., 1999).

Langhans (1964) verificou que a necessidade por nutrientes pela planta de crisântemo depende da cultivar e do substrato utilizado, porém o modo de aplicação do adubo, não influencia a qualidade das plantas.

### 2.5.2 Nutrição mineral de crisântemo

Os valores de referência para análise foliar no crisântemo propostos pela empresa Schoenmaker Van Zanten – Agrifloricultura Ltda em 1997, tanto para a fase vegetativa (até quatro a cinco semanas) como para a fase generativa são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

**TABELA 1.** Valores de referência para análise foliar no crisântemo na fase vegetativa, propostos por Schoenmaker Van Zanten – Agrifloricultura Ltda (1997). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Elemento	Baixo	Suficiente	Excessivo
Nitrogênio (N)	3,80 - 3,90%	4,00 - 6,00%	6,00%
Fósforo (P)	0,22 - 0,24%	0,25 - 1,00%	> 1,00%
Potássio (K)	3,60 - 3,90%	4,00 - 6,00%	> 6,00%
Cálcio (Ca)	0,70 - 0,90%	1,00 - 2,00%	> 2,00%
Magnésio (Mg)	0,20 - 0,24%	0,25 - 0,70%	> 0,70%
Enxofre (S)	0,20 - 0,24%	0,25 - 0,70%	> 0,70%
Ferro (Fe)	40 - 49 ppm	50 - 250 ppm	>250 ppm
Manganês (Mn)	30 - 49 ppm	50 - 250 ppm	> 250 ppm
Zinco (Zn)	18 - 19 ppm	20 - 250 ppm	> 250 ppm
Cobre (Cu)	4 - 5 ppm	6 - 30 ppm	> 30 ppm
Boro (B)	21-24 ppm	25 - 75 ppm	> 75 ppm

**TABELA 2.** Valores de referência para análise foliar no crisântemo na fase generativa, propostos por Schoenmaker Van Zanten – Agrifloricultura Ltda (1997). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Elemento	Baixo	Suficiente	Excessivo
Nitrogênio (N)	3,00 - 3,40%	3,50 - 5,00%	> 5,00%
Fósforo (P)	0,20 - 0,22%	0,23 - 0,70%	> 0,70%
Potássio (K)	3,00 - 3,40%	3,50 - 5,00%	> 5,00%
Cálcio (Ca)	0,90 - 1,10%	1,20 - 2,50%	> 2,50%
Magnésio (Mg)	0,20 - 0,24%	0,25 - 1,00%	> 1,00%
Enxofre (S)	0,20 - 0,24%	0,25 - 0,70%	> 0,70%
Ferro (Fe)	40 - 49 ppm	50 - 250 ppm	>250 ppm
Manganês (Mn)	30 - 49 ppm	50 - 250 ppm	> 250 ppm
Zinco (Zn)	18 - 19 ppm	20 - 250 ppm	> 250 ppm
Cobre (Cu)	4 - 5 ppm	6 - 30 ppm	> 30 ppm
Boro (B)	21-24 ppm	25 - 75 ppm	> 75 ppm

O acúmulo de nutrientes acompanha, de modo geral, a produção de matéria seca, apresentando grande aceleração do 55º ao 69º dia, período durante o qual se intensifica o desenvolvimento dos botões florais (Lima, 1987). A mesma pesquisadora observou que, aos 125 dias após o plantio das mudas, o acúmulo de nutrientes nas hastes e folhas de uma planta de crisântemo cv. Golden Polaris obedece à seguinte ordem e quantidade: K: 689 mg; N: 458 mg; Ca: 130 mg; Mg: 52 mg; P: 46 mg; S: 35 mg; Mn: 11 mg; Fe: 7 mg; Zn; 3 mg; B: 1,3 mg e Cu: 1 mg.

#### **2.5.2.1 Sintomas de deficiências minerais**

##### **Fósforo**

Segundo Gruszynski (2001); Menezes (1996) e Stringheta et al. (2004), a deficiência de fósforo em plantas de crisântemo é mais observada quando a planta atinge aproximadamente quatro semanas, provocando crescimento restrito e as folhas mais velhas ficam com coloração verde-escura-azulada. Algumas folhas apresentam nervuras bem pronunciadas e pecíolos púrpuros, ficando com aspecto coriáceo e, posteriormente, tornando-se amarelo-acastanhadas. As folhas mais jovens tornam-se menores. Em estágio mais avançado, as folhas basais secam, mas, permanecem presas às hastes. As inflorescências mostram-se normais, entretanto, pequenas e havendo um atraso no processo de abertura. Sua persistência, porém, é muito pequena, com as pétalas desprendendo-se facilmente e uma coloração desbotada.

##### **Potássio**

De acordo com Gruszynski (2001); Menezes (1996) e Stringheta et al. (2004), os primeiros sintomas em plantas de crisântemos ocorrem no início da produção, por ser um nutriente muito requisitado neste período. As folhas mais velhas mostram, inicialmente, manchas amareladas distribuídas irregularmente,

a taxa de crescimento é reduzida e as hastes apresentam um aspecto frágil (finos e fracos). Posteriormente, ocorre amarelecimento seguido de necrose marginal, progredindo da base para o interior das folhas à medida que a deficiência se torna mais severa. Em situações de deficiências severas, as folhas novas apresentam também margens amareladas e pontilhadas de manchas necróticas; ocorre antecipação do florescimento e os botões florais são pouco desenvolvidos. As inflorescências são formadas irregularmente assimétricas, com a base escurecida e a planta apresenta pequeno desenvolvimento do sistema radicular. Excesso de nitrogênio pode induzir à deficiência de potássio.

#### **2.5.2.2 O silício na planta**

Nos últimos anos vem aumentando o uso da adubação com silício (Si) em diversas culturas, principalmente com fontes pouco solúveis, como silicatos de cálcio e magnésio. Mais recentemente, vêm sendo divulgadas pesquisas com resultados positivos do uso de fontes solúveis de Si aplicadas via foliar e em soluções nutritivas para cultivos hidropônicos. Todavia, o silício ainda não foi reconhecido como essencial para as plantas porque suas funções ainda não são bem esclarecidas (Epstein, 1999; Malavolta et al., 1997; Marschner, 1995; Mengel & Kirkby, 2001).

O silício foi recentemente incluído na Legislação Brasileira de Fertilizantes como um micronutriente (Brasil, 2004). Entre os principais benefícios do Si para as plantas encontra-se o aumento da tolerância ao estresse abiótico e biótico.

O silício é absorvido pela planta na forma de ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ) pelo fluxo de massa e se acumula, principalmente, nas áreas de maior transpiração, como tricomas e espinhos, na forma de ácido silícico polimerizado, chamado também de sílica amorfa. Aproximadamente 99% do silício na planta

estão na forma polimerizada e menos de 1% está na forma monomérica ou iônica (Korndörfer et al., 2005).

De acordo com Ma et al. (2001), as plantas consideradas acumuladoras de silício são aquelas que possuem um teor foliar acima de 1% e as plantas não acumuladoras apresentam um teor de silício inferior a 0,5%.

O acúmulo de Si junto à cutícula das folhas permite a proteção às plantas e ameniza os efeitos de estresse hídrico, fitotóxico e ao ataque de pragas e doenças (Epstein, 1999). O Si ocorre com maior frequência nas regiões onde a água é perdida em grande quantidade. Estes depósitos de sílica nos tecidos foliares, junto às células-guarda dos estômatos e outras células epidérmicas promovem a redução na taxa de transpiração (Dayanandam et al., 1983).

Além do efeito na transpiração, a deposição de sílica na parede das células torna a planta mais resistente à ação de fungos e insetos (Dayanandam et al., 1983). Isso é devido à associação da sílica com constituintes da parede celular, tornando-se menos acessíveis às enzimas de degradação e promovendo uma resistência mecânica.

A adubação com Si tem mostrado eficiência no controle de várias doenças importantes, principalmente fúngicas. Pesquisas realizadas em solos orgânicos no sul da Flórida (EUA) demonstraram que a fertilização com Si, na cultura do arroz, reduziu a incidência de bruzone entre 17% e 31% (Datnoff et al., 2001). Para a cultura da soja, observa-se que, apesar da deposição de Si na folha ser normalmente inferior a 0,5%, isto é, mesmo sem haver a formação da barreira mecânica, o Si absorvido pelas plantas pode contribuir de forma significativa para a redução da cercosporiose (Korndörfer et al., 2005).

Segundo Ma & Takahashi (2002), o Si é capaz de aumentar a tolerância interna das plantas ao excesso de manganês nos tecidos. Em plantas de pepino (*Cucumis sativus*), o Si pode promover a redistribuição do Mn no interior da

planta por diminuir o seu transporte apoplasmático através da parede celular (Rogala & Römheld, 2002).

Voogt et al. (2005) avaliaram o efeito da aplicação de silício em algumas ornamentais, como a poinsetia (*Euphorbia pulcherrima*) e verificaram melhor distribuição de Mn na planta com o uso de metassilicato de potássio. Com o intuito de testar a resistência a certas doenças, os mesmos pesquisadores testaram a aplicação de silício em *Saintpaulia ionantha*, observando um controle significativo do *Oidium saintpauliae*, porém, para o *Botrytis cinerea* não houve controle de forma significativa.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, J. G. **Crisântemos – produção de mudas – cultivo para corte de flor – cultivo em vaso – cultivo hidropônico**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 234 p.

BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; KAMPF, A. N. Acúmulo de macronutrientes em plantas de crisântemo sob cultivo hidropônico em argila expandida para flor-de-corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 593-601, abr. 1999.

BARBOSA, M. S.; BARBOSA, J. G.; MUNIZ, M. A.; SANTOS, A. F.; RAIMUNDO, M. R. Produção e qualidade de crisântemo, em vaso, em função da aplicação parcelada de fósforo. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. **Nutrição e Adubação de Plantas Cultivadas em Substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 419-419.

BOODLEY, J. W. Plant nutrition and flower crop quality. **HortScience**, Alexandria, v. 10, n. 1, p. 41-42, Feb. 1975.

DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. 403 p.

DAYANANDAN, P.; KAUFMAN, P. B.; FRAKLIN, C. I. Detection of silica in plants. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 70, n. 7, p. 1079-1084, July 1983.

DEMATTÊ, J. B. I.; DEMATTÊ, M. E. S. P. Estudos hídricos com substratos vegetais para cultivo de orquídeas epífitas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 11, p. 803-813, nov. 1996.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 50, p. 641-664, 1999.

GONÇALVES, A. L. Substratos para produção de mudas ornamentais. In: MINANI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: Ed. T. A. Queiroz, 1995. cap. 14, p. 107-115.

GONZÁLEZ, P.; BERTSCH, F. Absorción de nutrimentos por el crisântemo (*Chrysanthemum morifolium*) var. 'Super White' durante su ciclo de vida en invernadero. **Agronomía Costarricense**, San José, v. 13, n. 1, p. 51-60, 1989.

GRUSZYNSKI, C. **Produção comercial de crisântemos**: vaso, corte e jardim. Guaíba: Agropecuária, 2001. 166 p.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. **Crisântemos hoje e sempre**: tecnologia de produção: HFF & Citrus, 2004. p. 25-27.

KORNDÖRFER, G. H.; NOLLA, A.; OLIVEIRA, L. A. de. **Silício no solo e na planta**. 2 ed. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2005. 22 p. (Boletim técnico ; n. 3).

LANGHANS, R. W. **Chrysanthemums**: a manual of the culture, diseases, insects and economics of *Chrysanthemums*. New York: Cornell University Ithaca, 1964. 185 p.

LIMA, A M. L. P. **Absorção de nutrientes e deficiências de macronutrientes e boro no crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) cultivar Golden Polaris**. 1987. 135 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plant. In: DATNOFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H.; SNYDER, G. (Ed.). **Silicon in agriculture**. New York: Elsevier science, 2001. p. 17-39.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. **Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan**. Elsevier, 2002. 274 p.

MAINARDI, J. de C. C. T.; BELLÉ, R. A.; MAINARDI, L. Produção de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) 'Snowdon' em vaso II: ciclo da cultivar, comprimento, largura e área da folha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1709-1714, nov./dez. 2004.

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

MALVESTITI, A. L. Propriedades e aplicações da fibra de coco na produção de mudas. In: BARBOSA, J. G.; MANTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 226-235.

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

MARTÍNEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p. 53-76. (Documentos IAC; n. 70).

MEEROW, A. W. Growth of two subtropical ornamentals using coir (*Coconut mesocarp* pith) as peat substitute. **HortScience**, Alexandria, v. 29, n. 12, p. 1484-1486, Dec. 1994.

MENEZES, J. F. S. **Produtividade e qualidade do crisântemo, em vaso, em resposta a doses de fósforo e de potássio**. 1996. 74 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849 p.

MOTOS, J. R.; OLIVEIRA, M. J. G. **Produção de crisântemos em vaso**. Holambra: Flortec, s/d.

NOORDEGRAAF, C. V. Production and marketing of high quality plants. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, n. 353, p. 137-147, 1994.

ROGALA, H.; RÖMHELD, V. Role of leaf in silicon-media manganese tolerance of *Cucumis sativus* L. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 25, n. 4, p. 549-555, Apr. 2002.

ROUDE, N.; NELL, T. A.; BARRET, V. E. Nitrogen source and concentration growing medium and cultivar affect longevity of potted chrysanthemums. **HortScience**, Alexandria, v. 26, n. 1, p. 49-52, Feb. 1991.

SANTOS, R. H. S. **Crescimento, produção e qualidade da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em composto orgânico**. 1995. 105 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SÃO JOSÉ, A. R. Floricultura no Brasil. Disponível em: <<http://www.uesb.br/flower/florbrasil.html>> Acesso em 08/11/2005.

SHINOHARA, Y. et al. Chemical and physical properties of the coconut-fiber substrate and the growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 1, n. 481, p. 145-149, 1999.

SHIRASAKI, T. Problems of soil and fertilizer management in the production of high quality cut flowers. **Soil and Fertilizers**, Farham Royal, v. 56, n. 2, p. 273, Feb. 1993.

SOUZA, N. A.; JASMIM, J. Uso de casca de coco em substrato e tutor para o cultivo de singônio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 13., 2001, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: SBFPO, 2001. p. 108.

STRINGHETA, A. C. O.; CARNEIRO, T. F.; TOMBOLATO, A. F. C.; COUTINHO, L. N.; IMENES, S. de L.; BERGMAN, E. C. Crisântemo para flor de corte *Dendranthema grandiflora* (Ramat) Tzelev. In: TOMBOLATO, A. F. C. **Cultivo comercial de plantas ornamentais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2004. p. 95-135.

VOOGT, W.; WUBBEN, J. P.; STRAVER, N. A. The effect of silicon application on some ornamental plants. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 3., 2005, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2005. p. 128.

WATERS, W. E. Effects of soil mixture and phosphorus on growth responses and phosphorus content of *Chrysanthemum morifolium*. **Proceedings American Society of the Horticultural Science**, Maryland, v. 84, p. 588-594, June 1964.

WESENBERG, B. G.; BECK, G. E. Influence of production environment and others factors the potted chrysanthemum flowers (*Chrysanthemum morifolium* Ramat). **Proceedings American Society of the Horticultural Science**, Maryland, v. 85, p. 584-590, Dec. 1964.

## **CAPÍTULO II**

### **EFEITO DO FÓSFORO E DO SUBSTRATO NO CRESCIMENTO E QUALIDADE DO CRISÂNTEMO**

## RESUMO

RODRIGUES, Tatiana Michlovská. Efeito do fósforo e do substrato no crescimento e qualidade do crisântemo. In: \_\_\_\_\_. **Produção de crisântemo cultivado em diferentes substratos fertirrigados com fósforo, potássio e silício**. 2005. 84 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, MG.

Avaliou-se o efeito de diferentes substratos e concentrações de fósforo na solução de fertirrigação no desenvolvimento do crisântemo (*Dendranthema grandiflorum*) cv. “Puritan”. Após 90 dias do enraizamento foram feitas determinações de número de inflorescências, folhas e hastes por planta e vaso, o diâmetro das inflorescências e altura de planta (cm), e determinação de peso seco de inflorescências, folhas, hastes e relações folha/haste e folha/inflorescência. Os níveis críticos foliares e o acúmulo de nutrientes na parte aérea foram estimados por meio da análise química das folhas, inflorescência e hastes. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x5 e com quatro repetições, sendo dois substratos: comercial (para cultivo de crisântemo – Vida Verde<sup>®</sup>) (SC) e fibra de coco (Golden Mix Mixto (T-40)-Amafibra<sup>®</sup>) (FC) e cinco concentrações de P (25; 50; 100; 200 e 400 mg L<sup>-1</sup>). O uso de 43 e 80 mg L<sup>-1</sup> de P na solução de fertirrigação proporcionou a máxima produção econômica (MPE) nos substratos FC e SC, respectivamente. Os teores foliares dos nutrientes associados à MPE nos substratos foram (g kg<sup>-1</sup>): N=56,8; P=2,2; K=21,6; Ca=22,1; Mg=4,9; S=4,2; (mg kg<sup>-1</sup>): B=51,7; Cu=8,8; Fe=372,2; Mn=600,0 e Zn=93,8 para plantas cultivadas na FC e (g kg<sup>-1</sup>): N=52,3; P=1,4; K=17,1; Ca=23,5; Mg=5,9; S=3,6; (mg kg<sup>-1</sup>): B=36,2; Cu=4,5; Fe=377,4; Mn=517,8 e Zn=45,2 para plantas cultivadas no SC. A exigência nutricional relacionada à MPE em ambos os substratos seguiu a seqüência: N>K>Ca>P>Mg>S>Mn>Fe>Zn>B>Cu. Plantas de crisântemo cv. Puritan cultivadas em FC ocorreu a redução de até 46,25% a concentração de P na solução de fertirrigação, e obter plantas de boa qualidade.

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Professor Renato Paiva – DBI/UFLA (Orientador), Patrícia Duarte de Oliveira Paiva – DAG/UFLA (Co-orientadora).

## ABSTRACT

RODRIGUES, Tatiana Michlovská. Effect of phosphorous and substrate in the growth and quality of chrysanthemum. In: \_\_\_\_ **Production of chrysanthemums grown in different substrates fertirrigated with phosphorous, potassium and silicon**. 2006. 84 p. Thesis (Doctorate in Plant Science) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.<sup>1</sup>

The effect of different substrates and concentrations of phosphorous in solutions of fertirrigation (SF) were evaluated during the development of chrysanthemums (*Dendranthema grandiflorum*) cv. “Puritan”. After 90 days of rooting, the number of inflorescences, leaves, stems per plant and vase, inflorescences diameter and plant height (cm) and dry matter of inflorescences, leaves, stems and the ratios leaf/stem and leaf/inflorescence were determined. Leaf critical levels and nutrient accumulation on shoots were estimated through chemical analyses of leaves, inflorescences and stems. A randomized completely experimental design in 2x5 factorial scheme with four replications was used with two substrates (Vida Verde® - commercial substrate for chrysanthemum growth) (SC) and coconut fiber [Golden Mix Mixto (T-40) – Amafibra®] (FC) and five concentrations of P (25, 50, 100, 200 and 400 mg L<sup>-1</sup>). The use of 43 and 80 mg L<sup>-1</sup> P in the SF provided the maximum economic production (MPE) in the substrates FC and SC, respectively. Leaf nutrient levels associated to MPE in the substrates were (g kg<sup>-1</sup>): N=56.8; P=2.2; K=21.6; Ca=22.1; Mg=4.9; S=4.2; (mg kg<sup>-1</sup>): B=51.7; Cu=8.8; Fe=372.2; Mn=600.0 and Zn=93.8 for plants grown in FC and (g kg<sup>-1</sup>): N=52.3; P=1.4; K=17.1; Ca=23.5; Mg=5.9; S=3.6; (mg kg<sup>-1</sup>): B=36.2; Cu=4.5; Fe=377.4; Mn=517.8 and Zn=45.2 for plants grown in SC. The nutritional demand related to MPE in both substrates followed the sequence: N>K>Ca>P>Mg>S>Mn>Fe>Zn>B>Cu. Plants of chrysanthemum cv. “Puritan” grown in FC can reduce in up to 46.25% the P concentration in the fertirrigated solution in order to obtain plants with good quality.

---

<sup>1</sup> Guidance Committee: Professor Renato Paiva – DBI/UFLA (Adiviser), Patrícia Duarte de Oliveira Paiva – DAG/UFLA (Co-adviser)

## 1 INTRODUÇÃO

O crisântemo (*Dendranthema grandiflorum*) de vaso é a segunda flor em volume de produção (a primeira é a rosa), apresentando um crescimento contínuo de comercialização no mercado interno. Seu sucesso deve-se à diversidade no formato, coloração e no tamanho das inflorescências, além de possuir, de forma precisa, uma resposta à indução de fotoperíodo e durabilidade pós-colheita, tanto das inflorescências como da planta em vaso e, ainda, um ciclo rápido (Mainardi et al., 2004).

A comercialização de crisântemos está diretamente relacionada com o tamanho e a qualidade das folhas, hastes e inflorescências. O sucesso para a produção de plantas com estas características é associado às condições ambientais e nutricionais (Roude et al., 1991), sendo a qualidade das inflorescências altamente dependente da adubação e do manejo do substrato (Shirasaki, 1993).

Embora a fertirrigação seja uma técnica amplamente utilizada na cultura do crisântemo, nas condições brasileiras, ainda são muitas as dúvidas sobre a correta condução da cultura, principalmente quanto à adubação (Lima, 1987). Existem diversas recomendações que são provenientes, em sua maior parte dos Estados Unidos, da Holanda e do Japão. Essas são adaptadas, pelos produtores nacionais, às condições de cultivo, ficando incerta a sua eficiência. Variações em dosagens dos nutrientes, no número de parcelamentos e nas épocas de aplicação dos fertilizantes induzem a erros de condução e manejo da cultura, além de provocar aumento nos custos.

Do ponto de vista nutricional, o nutriente fósforo é extremamente exigido pelo crisântemo. De modo geral, as plantas requerem o fornecimento constante de fósforo durante todo o ciclo de vida. No início do desenvolvimento,

Boodley (1975) afirma que, no período do desenvolvimento final, há um aumento da exigência da planta pelo fósforo, com efeito benéfico no tamanho final das inflorescências. A deficiência de fósforo na adubação reflete uma diminuição na produção da cultura.

A deficiência de fósforo é mais freqüente em plantas com aproximadamente quatro semanas de idade. Caracteriza-se por provocar crescimento restrito e as folhas mais velhas apresentam coloração verde-escura azulada, com algumas nervuras bem pronunciadas e pecíolos púrpuros, ficando coriácea e assumindo posteriormente aspecto amarelo-acastanhado, e as folhas jovens se tornam menores. Em estágio mais avançado, as folhas basais secam, porém, permanecem presas às hastes. As inflorescência, no momento de sua abertura, mostram-se normais, porém, pequenas, havendo atraso em sua abertura. Sua persistência, porém, é muito pequena, com as pétalas desprendendo-se facilmente e com perda de coloração (Gruszynski, 2001; Menezes, 1996; Stringheta et al., 2004).

O parcelamento de fósforo é necessário e a aplicação mais recomendada é feita juntamente com a água de irrigação. O parcelamento permite melhoria na produção, formando maior número de inflorescências e uma melhor qualidade das plantas (Gruszynski, 2001).

Visando à manutenção das qualidades fitossanitárias dos viveiros, o uso de substratos para produção de mudas e ou plantas é a melhor maneira de adquirir qualidade vegetal, preservando o ambiente e reduzindo os custos de produção (Malvestiti, 2004).

Em função do pequeno número de informação sobre nutrição mineral do crisântemo, em especial da cv. Puritan no Brasil, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes substratos e concentrações de fósforo na solução de fertirrigação sobre o crescimento e qualidade do crisântemo desta cultivar.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local do experimento

As plantas de crisântemo (*Dendranthema grandiflorum*) (cv. Puritan) foram cultivadas em vaso com substratos, em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, no período de 03/12/2004 a 28/02/2005.

### 2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x5, sendo dois substratos: comercial (para cultivo de crisântemo – Vida Verde<sup>®</sup>) (SC) e fibra de coco (Golden Mix Mixto, T-40, Amafibra<sup>®</sup>) (FC) e cinco concentrações de fósforo na solução de fertirrigação (25; 50; 100; 200 e 400 mg L<sup>-1</sup>), com quatro repetições.

### 2.3 Montagem e condução do experimento

As estacas de crisântemo cv. Puritan foram adquiridas por empresa fornecedora de mudas, as quais não estavam enraizadas. O enraizamento foi realizado na empresa Multiflores, em Lavras, MG e este realizado nos próprios substratos dos tratamentos. Antes da montagem dos tratamentos, a fibra de coco foi lavada com água deionizada até a água de lavagem atingir a condutividade elétrica de 0,3 dS m<sup>-1</sup>. A condutividade inicial do substrato após sua aquisição foi de 3,8 dS m<sup>-1</sup>. Essa lavagem foi feita para verificar o comportamento do substrato com o mínimo possível de adubação inicial, ou seja, matéria-prima enriquecida (adubação) pela indústria fornecedora..

Os vasos (pote 11, com capacidade de 1 L de volume) foram preenchidos com os substratos dos tratamentos, previamente umedecidos, até completar todo o seu volume. As estacas foram adquiridas já com o tratamento de ácido indolbutírico (AIB)

em forma de pó. As estacas foram selecionadas pela uniformidade, sendo plantadas seis mudas em cada vaso. Em seguida, os vasos foram irrigados com água deionizada e colocados sob plástico polietileno transparente, com o objetivo de manter a umidade. Foi realizado o fornecimento de dias longos em sistema com período de escuro interrompido. A interrupção do período de escuro foi feita por períodos de luz (10 minutos de luz a cada 30 minutos, entre os horários 21 às 5 horas).

Após o enraizamento das estacas nos vasos, que ocorre aproximadamente, em duas semanas, o plástico foi retirado e iniciou-se o experimento com a aplicação das soluções de fertirrigação. As soluções de fertirrigação foram separadas em A e B, para evitar a precipitação do cátion  $\text{Ca}^{2+}$  com os ânions  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ , quando em altas concentrações (Tabelas 3 e 4). A aplicação dessas soluções foi feita de forma alternada a cada dia. As soluções A e B foram compostas de fertilizantes comerciais para o fornecimento de macronutrientes e de reagentes p.a., para o fornecimento de micronutrientes. A solução A foi composta de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -comercial (19% Ca e 13% N- $\text{NO}_3^-$ ),  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -comercial (16% N- $\text{NH}_4^+$ , 16% N- $\text{NO}_3^-$  e 1,2% S-  $\text{SO}_4^{2-}$ ) Fe-EDTA e soluções coquetel de micronutrientes. A solução B foi composta de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  pa, mono amônio fosfato (MAP-purificado) (60%  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 11% de N- $\text{NH}_4^+$ ),  $\text{KNO}_3$ -comercial (45% de  $\text{K}_2\text{O}$ , 12% de N- $\text{NO}_3^-$  e 1,2% S- $\text{SO}_4^{2-}$ ). A partir da adubação feita pelo produtor de crisântemo é que foram definidas as concentrações das soluções de fertirrigação A e B do presente experimento.

**TABELA 3.** Quantidade de solução estoque (SE) pipetada (mL) para a elaboração de 1 L de solução de fertirrigação A aplicada no crisântemo cv. Puritan. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Solução de fertirrigação A		
SE	(g L <sup>-1</sup> )	mL L <sup>-1</sup>
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	263,16	4
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	103,02	4,5
Fe-EDTA <sup>1</sup>	-	5
Coquetel Micro <sup>2</sup>	-	0,5

<sup>1</sup> Fe-EDTA: (a) Solução A - dissolver 33,3 g de Na<sub>2</sub>-EDTA em 500 mL de água destilada a 30°C contendo 100,4 mL de NaOH 1 mol<sub>e</sub> L<sup>-1</sup>; (b) Solução B - dissolver 24,9 g de FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O em 300 mL de água destilada a 70°C, contendo

**Continuação TABELA 3.**

4 mL de HCl 1 mol<sub>e</sub> L<sup>-1</sup>; misturar as soluções A e B, completar o volume para 1000 mL com água destilada e colocar sob aeração constante por 12 horas. A solução foi acondicionada em vasilhames âmbar recobertos por papel alumínio para a proteção contra a luz.

<sup>2</sup> Coquetel Micro: 2,86 g L<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 1,81 g L<sup>-1</sup> de MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O; 0,22 g L<sup>-1</sup> de ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0,08 g L<sup>-1</sup> de CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O e 0,02 g L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O, todos os reagentes p.a.

**TABELA 4.** Quantidade de solução estoque (SE) pipetada (mL) para a elaboração de 1 L de solução de fertirrigação B, com os tratamentos, aplicada no crisântemo cv. Puritan. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Solução de fertirrigação B						
SE	(g L <sup>-1</sup> )	Concentrações P (mg L <sup>-1</sup> )				
		25	50	100	200	400
-----mL L <sup>-1</sup> -----						
KNO <sub>3</sub>	267,75	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Mono amônio fosfato (MAP)	190,82	0,5	1	2	4	8
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	103,02	7	7	6	5	2,5
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	246,38	2	2	2	2	2

As soluções foram aplicadas duas vezes ao dia, às 08:00 e às 14:00 horas e, quando necessário, ou seja, quando calor era excessivo, às 11:00 horas, eram aplicadas de 50 a 100 mL de água deionizada. Nos primeiros 30 dias após o enraizamento, foi feita a aplicação diária de 100 mL das soluções A e B, dividida em duas aplicações de 50 mL. Dos 30 aos 60 dias após o enraizamento, os volumes de solução aplicados foram de 200 mL diariamente, divididos em duas aplicações iguais de 100 mL. A partir dos 60 dias, até a coleta do

experimento, foi feita a aplicação de 400 mL diariamente, com duas aplicações de 200 mL. Teve se o cuidado de evitar excesso de aplicação de solução de fertirrigação para que esta não fosse perdida pela drenagem do vaso.

Como o crisântemo é considerado uma planta de dias curtos com fotoperíodo crítico de 13 horas, foi necessário fazer o controle da luminosidade com lona plástica preta, reduzindo o período luminoso para indução do florescimento. A lona plástica preta era retirada às 6:00 horas e colocada às 17:00 horas.

Para a avaliação do efeito do fósforo sobre todas as variáveis de qualidade e crescimento, durante a condução do experimento, não foi feita a aplicação de reguladores de crescimento para o controle da altura das plantas.

#### **2.4 Coleta e determinações analíticas**

As plantas foram coletadas aos 90 dias após o enraizamento. Para a determinação da qualidade, durante a coleta, as plantas foram separadas e contadas para o número de folhas, hastes e inflorescências por vaso. Também foram determinados o diâmetro médio das inflorescências totalmente abertas (cm) e a altura de planta (cm). Posteriormente à coleta, as partes das plantas foram colocadas em sacos de papel previamente identificados e levados para secar em estufa de circulação forçada a 65°C a 70 °C, até peso constante, para a determinação do peso seco de inflorescências, folhas, hastes e total e relações folha/inflorescência e folha/haste, como variáveis de crescimento.

O material seco de cada parte (folhas, hastes e inflorescências) das plantas foi moído e analisado quimicamente para a determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo Malavolta et al. (1997), no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da UFLA/MG. O acúmulo dos nutrientes nas flores, folhas e hastes foi

determinado com a multiplicação dos teores foliares, usando a matéria seca da cada parte e o acúmulo total na parte aérea pela soma do acúmulo nas partes.

## **2.5 Análises estatísticas**

As variáveis de qualidade – altura de planta, número de folhas, número de hastes por vaso, diâmetro de inflorescências e número de inflorescências por vaso e as variáveis de crescimento – matéria seca de folha, de inflorescências, de haste, total, as relações folha/inflorescência e folha/haste e os teores dos nutrientes avaliados foram submetidos à análise de variância e de regressão em função das concentrações de fósforo (P) na solução de fertirrigação.

Como os intervalos entre as concentrações de P na solução de fertirrigação não foram equidistantes, a análise de regressão das variáveis avaliadas foram realizadas em função do logaritmo natural (Ln) da concentração de P (Banzatto & Kronka, 1992).

Foram determinados, no presente experimento os teores foliares dos nutrientes correspondentes a 90% da máxima produção de folhas, que corresponde ao nível crítico dos nutrientes nas folhas das plantas necessário para atingir a máxima produção econômica. Multiplicando-se os valores dos níveis críticos foliares pela matéria seca de inflorescências, folhas e hastes correspondentes obteve-se o acúmulo desses nutrientes nessas partes. Por meio da soma do acúmulo dos nutrientes em cada parte obteve-se o acúmulo total na parte aérea. Por meio desses valores estimou-se a ordem de acúmulo dos nutrientes na parte aérea do crisântemo cv. “Puritan”, que pode indicar a ordem de exigência nutricional dos nutrientes por essa cultivar.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1. Análise química dos substratos**

A análise química do substrato foi realizada no Instituto Agronômico de Campinas – IAC, no Centro de Solos e Recursos Agroambientais Laboratório de Análise de Solo e Planta. A metodologia usada nas análises foi o método de extração: 1:1,5 (Holanda), com métodos de determinação: N-(amoniacoal e nitrato): destilação; K, Ca, Mg, P, S, Cu, Fe, Mn, Zn: ICP-OES; C orgânico: Walkley-Black; Nitrogênio Total Kjeldahl (Tabela 5).

**TABELA 5.** Características químicas dos substratos fibra de coco (FC) e substrato comercial (SC) utilizados no experimento com diferentes concentrações de fósforo na solução de fertirrigação no cultivo de crisântemo cv. Puritan. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Substrato	pH	EC	N-NO3	P	Cloreto	S	N-NH4	K
		dS/m	-----mg L <sup>-1</sup> -----					
SC	4,2	1,3	129,6	13,9	5,0	22,2	26,9	119,4
FC	4,7	0,3	42,0	7,5	3,0	2,9	5,5	25,7

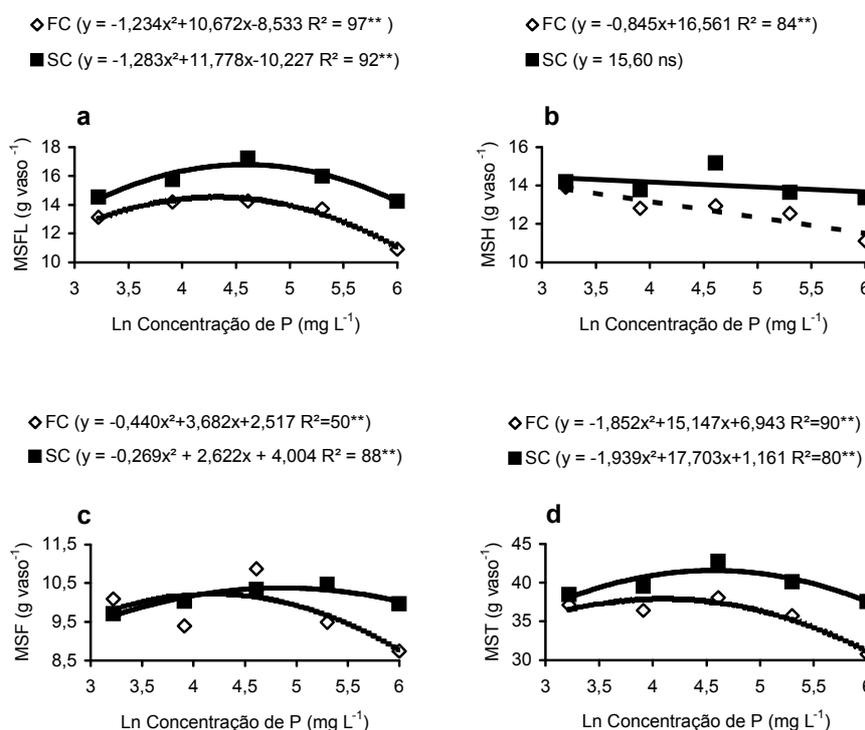
  

Substrato	Na	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----mg L <sup>-1</sup> -----							
SC	9,4	85,7	24,6	0,1	0,03	0,8	1,3	0,1
FC	4,3	8,3	6,9	0,01	0,01	0,8	1,3	0,1

### 3.2 Crescimento

As variáveis de crescimento do crisântemo, matéria seca de inflorescências (MSFL), matéria seca de haste (MSH), matéria seca de folha (MSF), matéria seca total (MST) e relação folha/inflorescência (F/F) foram influenciadas significativamente pelas concentrações de fósforo na solução de fertirrigação. O tipo de substrato utilizado proporcionou alteração significativa para todas as variáveis de crescimento avaliadas. A interação entre as fontes de variação, concentrações de fósforo na solução de fertirrigação vs. tipo de substrato influenciou a matéria seca de folha (MSF) e a relação folha/haste (F/H).

Pela análise desses resultados observa-se que, de maneira geral, as variáveis de crescimento MSF, MSH, MSFL e MST das plantas cultivadas sob substrato comercial (SC) apresentaram valores superiores aos das plantas cultivadas em fibra de coco (FC) (Figura 1 a, b, c, d).



**FIGURA 1.** Efeito da concentração de fósforo na solução de fertirrigação no crescimento do crisântemo cv. Puritan cultivado em fibra de coco (FC) e substrato comercial (SC): (a) matéria seca de flor (MSFL), (b) matéria seca de haste (MSH), (c) matéria seca de folha (MSF) e (d) matéria seca total (MST). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Devido à maior atividade química do substrato comercial, que é composto basicamente por uma mistura de solo argiloso e casca de pinus, de possui maior capacidade de reter umidade e nutrientes, em relação à fibra de coco. Assim, o

substrato comercial proporcionou melhores condições para o desenvolvimento das plantas. No entanto, Martínez (2002) relata que a fibra de coco apresenta de média a alta capacidade de retenção de cátions, o que, segundo Blom (1999), é atribuída à presença de altas concentrações de ácidos orgânicos.

Todavia, no início da irrigação, a fibra de coco apresentou baixa capacidade de reter a umidade, concordando com o relatado por Martínez (2002) e Shinohara et al. (1999), proporcionando uma lixiviação mais intensa da solução.

Meerow (1994) relata que a capacidade de retenção de cátions da fibra de coco é reduzida com o tempo de cultivo, devido à lixiviação dos ácidos orgânicos que são os responsáveis pela CTC da fibra de coco. Assim, com o tempo de cultivo, há uma redução da fibra em reter nutrientes, não mantendo uma concentração na solução suficiente para um bom desenvolvimento das plantas. Porém, essa desvantagem da fibra de coco pode ser amenizada controlando-se a irrigação de forma mais rígida, em relação ao manejo adotado para os outros substratos. Como, no presente trabalho, o manejo da irrigação foi uniforme, o substrato comercial proporcionou melhores resultados.

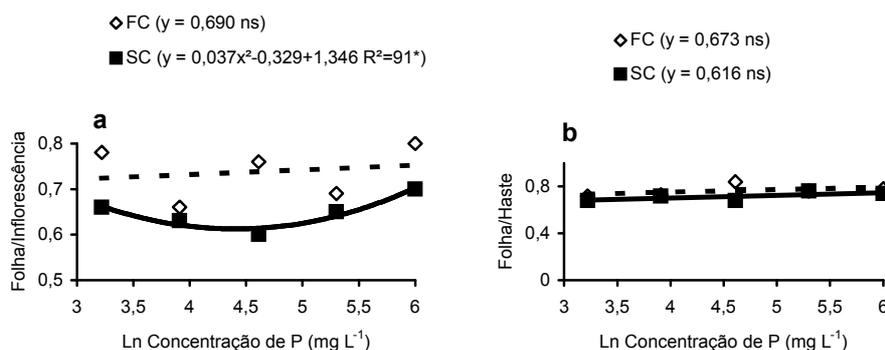
Para as plantas cultivadas em substrato comercial, observou-se efeito quadrático das concentrações de P na solução de fertirrigação sobre a matéria seca de inflorescências e matéria seca de folha (Figuras 1 a, c). Trabalhos relatam que o aumento da aplicação de fósforo no crisântemo proporciona maior crescimento das plantas e que nas menores concentrações de fósforo, a produção de inflorescências foi reduzida (Gruszynski, 2001; Menezes, 1996; Stringheta et al., 2004).

A máxima produção de matéria seca de inflorescências e matéria seca de folha foi obtida na concentração de 4,59 e 4,85 Ln da concentração de fósforo na solução, respectivamente para o substrato fibra de coco e substrato comercial, o que corresponde à concentração de 98,5 e 127,84 mg L<sup>-1</sup> de P na solução de fertirrigação, respectivamente. A máxima produção econômica, segundo

Malavolta et al. (1997), corresponde a 90% da máxima produção de folha obtida. Assim, a máxima produção econômica do crisântemo cv. Puritan (9,34 g vaso<sup>-1</sup> de matéria seca de folha) foi obtida com a concentração de 80 mg L<sup>-1</sup> de P na solução de fertirrigação.

A matéria seca de haste não apresentou variação significativa em função das concentrações de fósforo (Figura 1 b). Devido à ausência de efeito das concentrações de fósforo na solução de fertirrigação sobre a matéria seca de haste (Figuras 1 b), a matéria seca total (Figura 1 d) é semelhante ao observado para a matéria seca de inflorescência e matéria seca de folha (Figuras 1 a, c).

Para plantas cultivadas em substrato comercial, a relação folha/inflorescência também apresentou redução com o aumento das concentrações de fósforo até Ln 4,59, que corresponde a 98,5 mg L<sup>-1</sup> de P (Figura 2 a). Em concentração superior a 98,5 mg L<sup>-1</sup> de fósforo na solução de fertirrigação, foi observada menor produção de matéria seca de inflorescência, fazendo com que a relação folha/inflorescência aumentasse novamente. Já a relação folha/haste não apresentou significância (Figura 2 b) com o aumento da concentração de P.

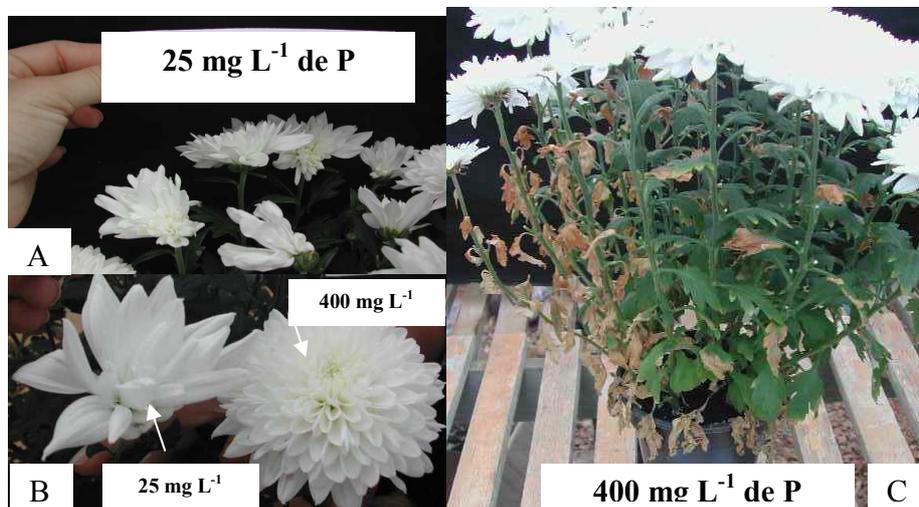


**FIFURA 2.** Efeito da concentração de fósforo na solução de fertirrigação no crescimento do crisântemo cv. Puritan cultivado em fibra de coco (FC) e substrato comercial (SC): (a) relação folha/inflorescência e (b) relação folha/haste. UFLA, Lavras, MG, 2005.

O crescimento do crisântemo cv. Puritan no substrato fibra de coco apresentou comportamento semelhante ao substrato comercial, em função das concentrações de fósforo na solução de fertirrigação, porém, com valores inferiores. Ou seja, a máxima produção de matéria seca de inflorescência e matéria seca de folha do crisântemo sobre a fibra de coco foi obtida com valores inferiores aos observados para o substrato comercial, em que as máximas produções de matéria seca de inflorescência e matéria seca de folha foram obtidas nas concentrações de 73,7 e 65,4 mg L<sup>-1</sup> de P na solução de fertirrigação, respectivamente.

A máxima produção econômica, correspondente a 90% da máxima produção de folha (9,19 g vaso<sup>-1</sup> de matéria seca de folha), foi obtida com a concentração de 43,0 mg L<sup>-1</sup> de P na solução de fertirrigação. As relações folha/inflorescência e folha/haste das plantas cultivadas sobre a fibra de coco não foram influenciadas pelas concentrações de P (Figura 2 a, b).

As menores concentrações de fósforo na solução de fertirrigação proporcionaram redução do tamanho e na formação das flores (Figura 3 A e B), sintoma semelhante ao descrito por Gruszynski (2001) para plantas de crisântemo com deficiência de fósforo. No entanto, nas concentrações de 200 e 400 mg L<sup>-1</sup> de P, foi observado o aparecimento de sintomas em folhas novas como clorose nos bordos, seguido de necrose e nas folhas velhas, clorose interneval (Figura 3 C), principalmente nas plantas cultivadas sobre o substrato fibra de coco. Os sintomas observados nos tratamentos com a aplicação da solução com as maiores concentrações de fósforo são semelhantes aos sintomas de deficiência de cálcio e magnésio descritos por Gruszynski (2001), Menezes (1996) e Stringheta et al. (2004).

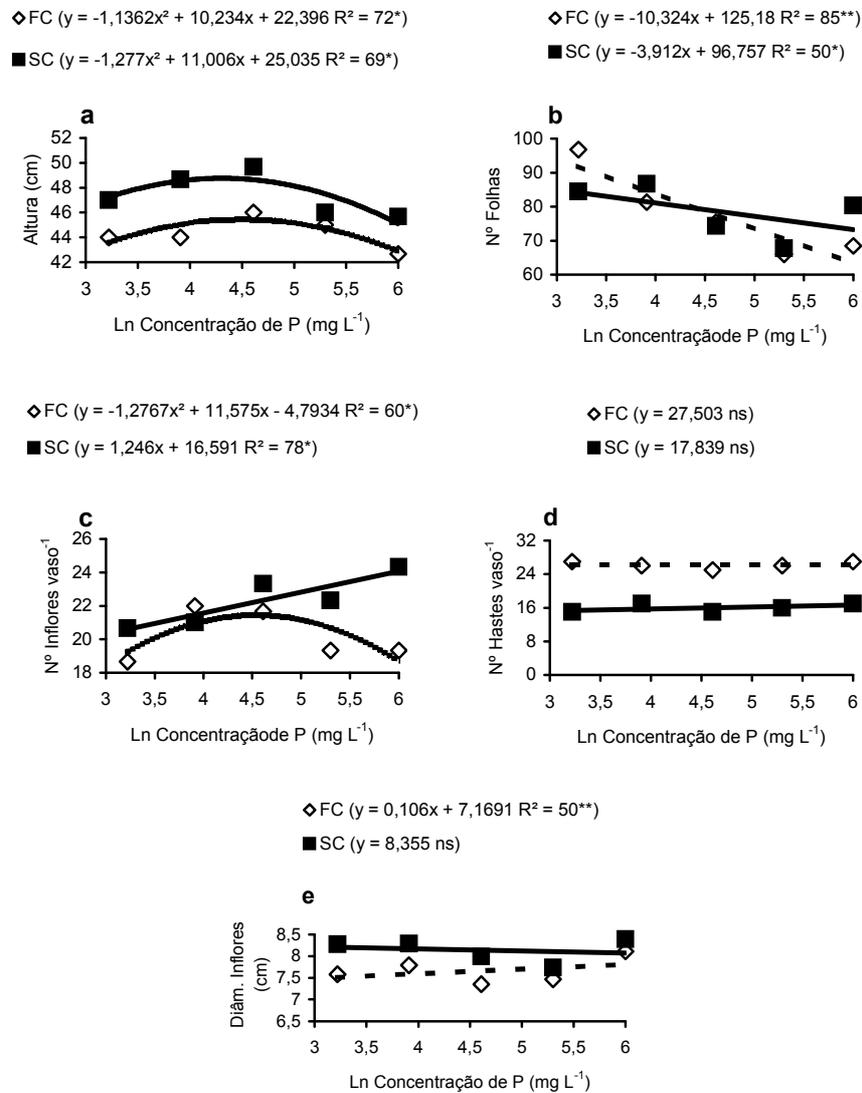


**FIGURA 3.** Efeito da menor (A) e maior (B) concentração de fósforo na solução de fertirrigação sobre a qualidade de flores e da maior concentração de fósforo sobre os sintomas foliares de toxidez de fósforo (C) no crisântemo cv. Puritan. UFLA, Lavras, MG, 2005.

### 3.3 Qualidade

As variáveis para a avaliação de qualidade do crisântemo, altura de planta (AP), número de folhas (NF), número de inflorescências (NFL) e diâmetro de inflorescências (DFL) foram afetadas significativamente pelas concentrações de fósforo da solução de fertirrigação. O tipo de substrato afetou significativamente a altura de planta (AP), o número de haste por vaso (NHV), o número de inflorescências (NFL) e o diâmetro de inflorescências (DFL). A interação entre as concentrações de P na solução de fertirrigação e o tipo de substrato foi significativa para o número de folhas (NF), número de haste por vaso (NHV) e número de inflorescências (NFL).

Altura de planta e número de inflorescências das plantas cultivadas em substrato comercial apresentaram valores superiores aos das plantas cultivadas em fibra de coco (Figura 4 a, c).



**FIGURA 4.** Efeito da concentração de fósforo na solução de fertirrigação na qualidade do crisântemo cv. Puritan cultivada em fibra de coco (FC) e substrato comercial (SC): (a) altura de planta (AP), (b) número de folha (NF), (c) número de inflorescências por vaso (NFL), (d) número de hastes por vaso (NHV) e (e) diâmetro de inflorescências (DFL). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Desse modo, o substrato comercial ratifica sua capacidade maior em reter umidade e nutrientes em relação à fibra de coco, como comentado anteriormente e proporcionando plantas de crisântemo não só de maior crescimento como também de melhor qualidade. Porém, para a qualidade de crisântemo, é necessário observar, principalmente, a altura de planta e o número de inflorescências, pois, de acordo com Boodley (1975), o termo qualidade é um conjunto de características estéticas que promovem o máximo benefício de uso.

A altura de planta no substrato comercial apresentaram efeito quadrático em função das concentrações de fósforo na solução de fertirrigação (Figura 4 a). Nos tratamentos que proporcionaram maior número de inflorescência, 200 e 400 mg L<sup>-1</sup> de P (Figura 4 d) para o substrato comercial, foram observadas lesões foliares que, segundo Motos & Oliveira (sd), reduzem a qualidade para comercialização das plantas de crisântemo. Dessa maneira, a concentração de 100 mg L<sup>-1</sup> de P (4,60 Ln) na solução de fertirrigação, não promovendo lesões nas folhas, apresentam os melhores resultados com relação ao número de inflorescência e folha sem lesões.

No entanto, a máxima produção econômica de matéria seca de folha foi obtida com 80 mg L<sup>-1</sup> de P. Tomando-se como base as concentrações de fósforo na solução de fertirrigação que proporcionaram a máxima produção econômica (80 mg L<sup>-1</sup> de P) e plantas de melhor qualidade (100 mg L<sup>-1</sup> de P), os valores das variáveis de crescimento e qualidade em função das concentrações de fósforo para plantas cultivadas no substrato comercial foram então estimados (Tabela 6). Observa-se que as diferenças, tanto para as variáveis de crescimento, quanto para as variáveis de qualidade, entre as concentrações de fósforo foram pequenas. Assim, a concentração de fósforo na solução de fertirrigação que proporcionou a máxima produção econômica (80 mg L<sup>-1</sup> de P) também pode ser recomendada para a produção de plantas de melhor qualidade de crisântemo cv. Puritan, quando cultivadas em substrato comercial.

**TABELA 6.** Estimativa das variáveis de crescimento e de qualidade de crisântemo cultivado no substrato comercial correspondentes às concentrações de fósforo que proporcionaram a máxima produção econômica (80 mg L<sup>-1</sup>) e melhor qualidade (100 mg L<sup>-1</sup>). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Concentração P (mg L <sup>-1</sup> )	Variáveis de crescimento					
	MSFL	MSH	MSF	MST	F/F	F/H
80	16,74	15,6	10,32	41,50	0,61	0,62
100	16,80	15,6	10,37	41,56	0,61	0,62
Diferença % <sup>1</sup>	+0,35	0,00	+0,48	+0,14	0,00	0,00
	Variáveis de qualidade					
	AP	NF	NHV	DFL	NFL	
80	48,74	79,62	17,84	8,36	22,04	
100	48,64	78,76	17,84	8,36	22,32	
Diferença %	-0,20	-1,09	0,00	0,00	+1,25	

<sup>1</sup>Diferença percentual das variáveis avaliadas entre as concentrações de P aumento (+) e redução (-)

MSFL – matéria seca de flor (g vaso<sup>-1</sup>); MSH – matéria seca de haste (g vaso<sup>-1</sup>); MST – matéria seca total (g vaso<sup>-1</sup>); F/F – relação folha/flor; F/H – relação folha/haste; AP – altura de planta (cm); NF – número de folhas; NHV – número de haste por vaso; DFL – diâmetro de inflorescência (cm) e NFL – número de inflorescências.

O número de inflorescência do crisântemo cv. Puritan cultivado em fibra de coco obteve efeito quadrático em função das concentrações de fósforo na solução de fertirrigação, com valor de máxima produção obtida na concentração de 92,75 mg L<sup>-1</sup> de P (4,53 Ln) (Figura 4 d). Efeito esse diferente do obtido quando as plantas foram cultivadas em substrato comercial.

Tomando-se como base as concentrações de fósforo na solução de fertirrigação que proporcionaram a máxima produção econômica (43 mg L<sup>-1</sup> de P) e plantas de melhor qualidade (92,75 mg L<sup>-1</sup> de P), os valores de produção e variáveis de qualidade em função das duas concentrações para plantas cultivadas na fibra de coco foram estimados (Tabela 7). Semelhante ao observado para o crisântemo cultivado em substrato comercial, quando cultivado sobre fibra de coco, tanto para as variáveis de crescimento quanto para de qualidade, não houve grande diferença, quando estimadas com a concentração de fósforo na solução de fertirrigação que proporcionou a máxima produção econômica e

plantas de melhor qualidade. Assim, a concentração de fósforo na solução de fertirrigação que proporcionou a máxima produção econômica (43 mg L<sup>-1</sup> de P) também pode ser utilizada com a finalidade de obter plantas de melhor qualidade, quando cultivadas na fibra de coco.

**TABELA 7.** Estimativa das variáveis de crescimento e de qualidade de crisântemo cultivado em fibra de coco correspondentes às concentrações de fósforo que proporcionaram a máxima produção econômica (43 mg L<sup>-1</sup>) e melhor qualidade (92,75 mg L<sup>-1</sup>). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Concentração P (mg L <sup>-1</sup> )	Variáveis de crescimento					
	MSFL	MSH	MSF	MST	F/F	F/H
43,00	14,14	13,38	10,14	37,71	0,69	0,67
92,75	14,48	12,73	10,16	37,55	0,69	0,67
Diferença % <sup>1</sup>	+2,34	-5,10	0,20	-0,42	0,00	0,00
	Variáveis de qualidade					
	AP	NF	NHV	DFL	NFL	
43,00	44,81	86,36	27,50	7,56	20,68	
92,75	45,44	78,41	27,50	7,64	21,45	
Diferença %	+1,38	-10,01	0,00	+1,05	+3,60	

<sup>1</sup>Diferença percentual das variáveis avaliadas entre as concentrações de P aumento (+) e redução (-)

MSFL – matéria seca de flor (g vaso<sup>-1</sup>); MSH – matéria seca de haste (g vaso<sup>-1</sup>); MST – matéria seca total (g vaso<sup>-1</sup>); F/F – relação folha/flor; F/H – relação folha/haste; AP – altura de planta (cm); NF – número de folhas; NHV – número de haste por vaso; DFL – diâmetro de inflorescência (cm) e NFL – número de inflorescências.

Fazendo-se uma comparação entre as variáveis de qualidade e crescimento estimadas para as concentrações de fósforo que proporcionaram a máxima produção econômica nos dois substratos testados (Tabela 8), observa-se que as plantas cultivadas sobre o substrato comercial apresentaram maior crescimento em relação ao cultivo sob a fibra de coco. Todavia, esse maior crescimento não resultou em melhor qualidade das plantas. Assim, o cultivo do crisântemo em fibra de coco pode reduzir em até 46,25% a concentração de P a ser aplicada na solução de fertirrigação, produzindo plantas de boa qualidade.

**TABELA 8.** Estimativa das variáveis de crescimento e de qualidade de crisântemo cultivado em fibra de coco (FC) e no substrato comercial (SC) correspondente às concentrações de fósforo que proporcionaram a máxima produção econômica (43 e 80 mg L<sup>-1</sup> de P, respectivamente). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Substrato	Variáveis de crescimento					
	MSFL	MSH	MSF	MST	F/F	F/H
FC	14,14	13,38	10,14	37,71	0,69	0,67
SC	16,74	15,60	10,32	41,50	0,61	0,62
Diferença % <sup>1</sup>	+15,53	+14,23	+1,70	+9,13	-13,11	-8,06
	Variáveis deq ualidade					
	AP	NF	NHV	DFL	NFL	
FC	44,81	86,36	27,50	7,56	20,68	
SC	48,74	79,62	17,84	8,36	22,04	
Diferença %	+8,06	-8,46	-54,15	+9,57	+6,17	

<sup>1</sup>Diferença percentual das variáveis avaliadas entre o SC e a FC.

aumento (+) e redução (-)

MSFL – matéria seca de flor (g vaso<sup>-1</sup>); MSH – matéria seca de haste (g vaso<sup>-1</sup>); MST – matéria seca total (g vaso<sup>-1</sup>); F/F – relação folha/flor; F/H – relação folha/haste; AP – altura de planta (cm); NF – número de folhas; NHV – número de haste por vaso; DFL – diâmetro de inflorescência (cm) e NFL – número de inflorescências.

### 3.4 Nutrição mineral

Os teores dos nutrientes nas folhas, inflorescências e hastes do crisântemo variaram com as concentrações de fósforo na solução de fertirrigação. Quando as plantas foram cultivadas no substrato comercial, as concentrações de fósforo na solução de fertirrigação proporcionaram efeito quadrático nos teores foliares de Ca, Mg, B e Fe, redução do N, Cu, Mn e Zn e não apresentaram efeito sobre os teores de P, K e S (Tabelas 9 e 10). Quando cultivadas na fibra de coco, as concentrações de fósforo na solução de fertirrigação proporcionaram efeito quadrático nos teores foliares de N, S, B e Fe, aumento de K, Cu e Fe, redução do Ca, Mg, Mn e não apresentaram efeito sobre os teores de P e Zn (Tabelas 9 e 10).

Em plantas cultivadas nas maiores concentrações de P (200 e 400 mg L<sup>-1</sup>) foram observados sintomas semelhantes aos de deficiência de Ca e Mg,

descritos por Gruszynski (2001), Menezes (1996) e Stringheta et al (2004). Observa-se que, em ambos os substratos, houve redução dos teores desses nutrientes com o aumento das concentrações de P na solução de fertirrigação, devido à complexação e ou à precipitação de íons de cálcio e magnésio com o fósforo, causando, assim, a redução de íons cálcio e magnésio disponíveis para a planta.

**TABELA 9.** Equações de regressão para os teores na folha, inflorescência e haste (Y) dos macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ), como variáveis dependentes das concentrações de fósforo na solução de fertirrigação, níveis críticos foliares e acúmulo dos nutrientes na folha, inflorescência, haste e parte aérea total (PAT) do crisântemo cv. Puritan, correspondentes à máxima produção econômica na fibra de coco (FC) e no substrato comercial (SC). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Nutriente	Órgão	Substrato	Equações	R <sup>2</sup>	NC <sup>1</sup>	Ac <sup>2</sup>
N	Folha	FC	$N = -2,360P^2 + 19,494P + 16,939$	0,95**	56,8	0,576
		SC	$N = -2,079P + 61,441$	0,83**	52,3	0,540
	Inflor.	FC	$N = 2,948P + 18,137$	0,98**		0,413
		SC	$N = 2,320P + 20,172$	0,85*		0,507
	Haste	FC	$N = 30,260$ ns	-		0,404
		SC	$N = 30,760$ ns	-		0,479
	PAT	FC				<b>1,394</b>
	PAT	SC				<b>1,527</b>
P	Folha	FC	$P = 2,210$ ns	-	2,2	0,022
		SC	$P = 1,420$ ns	-	1,4	0,014
	Inflor.	FC	$P = 0,162P^2 - 0,520P + 2,992$	0,96*		0,047
		SC	$P = 0,309P^2 - 2,084P + 6,790$	0,98**		0,060
	Haste	FC	$P = 0,785P - 0,576$	0,95**		0,031
		SC	$P = 0,299P^2 - 2,067P + 6,587$	0,99**		0,051
	PAT	FC				<b>0,100</b>
	PAT	SC				<b>0,125</b>
K	Folha	FC	$K = 2,099P + 13,726$	0,77**	21,6	0,219
		SC	$K = 17,060$ ns	-	17,0	0,176
	Inflor.	FC	$K = 1,153P^2 - 7,665P + 31,003$	0,95**		0,261
		SC	$K = 1,150P^2 - 10,002P + 39,031$	0,65**		0,289
	Haste	FC	$K = -1,869P + 15,816$	0,97**		0,117
		SC	$K = 10,010$ ns	-		0,156
	PAT	FC				<b>0,597</b>
	PAT	SC				<b>0,621</b>
Ca	Folha	FC	$Ca = -2,205P + 30,349$	0,78**	22,0	0,223
		SC	$Ca = -0,715P^2 + 5,884P + 11,416$	0,66**	23,4	0,242

...continua...

Continuação da TABELA 9.

	Inflor.	FC	Ca = 0,364P <sup>2</sup> - 3,270P + 11,971	0,72**		0,068	
			Ca = 4,450 ns	-		0,074	
	Haste	FC	Ca = - 0,403P + 5,039	0,94**		0,047	
		SC	Ca = 0,333P + 2,541	0,68**		0,062	
	PAT	FC				<b>0,338</b>	
	PAT	SC				<b>0,378</b>	
Mg	Folha	FC	Mg = - 0,561P + 7,076	0,86**	4,9	0,050	
		SC	Mg = - 0,397P <sup>2</sup> + 3,502P - 1,728	0,62**	5,9	0,061	
	Inflor.	FC	Mg = 0,114P + 1,162	0,74**		0,022	
		SC	Mg = 1,520 ns	-		0,025	
	Haste	FC	Mg = - 0,196P + 1,633	0,96**		0,011	
		SC	Mg = 0,790 ns	-		0,012	
	PAT	FC				<b>0,083</b>	
	PAT	SC				<b>0,098</b>	
	S	Folha	FC	S = - 0,191P <sup>2</sup> + 1,797P + 0,121	0,64**	4,1	0,042
			SC	S = 3,650 ns	-	3,6	0,037
Inflor.		FC	S = 0,134P + 1,339	0,85**		0,026	
		SC	S = 0,097P <sup>2</sup> - 0,736P + 3,064	0,95*		0,028	
Haste		FC	S = 1,100 ns	-		0,014	
		SC	S = 0,069P + 0,667	0,90**		0,015	
PAT		FC				<b>0,082</b>	
PAT		SC				<b>0,080</b>	

<sup>1</sup> Nível crítico macro (g kg<sup>-1</sup>)

<sup>2</sup> Acúmulo de macronutrientes (g vaso<sup>-1</sup>) na parte aérea das plantas (folha + inflorescências + haste + total).

\*, \*\*, ns – Significativo a 1-5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**TABELA 10.** Equações de regressão para os teores na folha, inflorescência e haste (Y) dos micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>), como variáveis dependentes das concentrações de fósforo na solução de fertirrigação, níveis críticos foliares e acúmulo dos nutrientes na folha, inflorescência, haste e parte aérea total (PAT) do crisântemo cv. Puritan, correspondentes à máxima produção econômica na fibra de coco (FC) e no substrato comercial (SC). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Nutriente	Órgão	Substrato	Equações	R <sup>2</sup>	NC <sup>1</sup>	Ac <sup>2</sup>
B	Folha	FC	B = 2,254P <sup>2</sup> - 31,113P + 136,809	0,99**	51,6	0,524
		SC	B = 1,420P <sup>2</sup> - 18,325P + 89,272	0,93*	36,2	0,374
	Inflor.	FC	B = 44,050 ns	-		0,622
		SC	B = - 1,276P <sup>2</sup> + 10,370P + 6,235	0,81**		0,454
	Haste	FC	B = - 2,501P <sup>2</sup> + 21,832P - 27,305	0,91**		0,259
		SC	B = 18,940 ns	-		0,295
	PAT	FC				<b>1,405</b>
	PAT	SC				<b>1,123</b>
Cu	Folha	FC	Cu = 0,354P + 7,494	0,79**	8,8	0,089

...continua...

Continuação TABELA 10.

		SC	$\text{Cu} = - 0,257\text{P} + 5,651$	0,53*	4,5	0,046	
	Inflor.	FC	$\text{Cu} = 0,762\text{P} + 9,295$	0,82**		0,171	
		SC	$\text{Cu} = -0,450\text{P}^2 + 4,355\text{P} - 1,272$	0,58*		0,153	
	Haste	FC	$\text{Cu} = - 0,627\text{P} + 14,928$	0,73**		0,168	
		SC	$\text{Cu} = 7,640 \text{ ns}$	-		0,119	
	PAT	FC				<b>0,428</b>	
	PAT	SC				<b>0,318</b>	
Fe	Folha	FC	$\text{Fe} = 27,48\text{P}^2 - 311,12\text{P} + 1153,49$	0,85*	372,1	3,774	
		SC	$\text{Fe} = 30,36\text{P}^2 - 351,30\text{P} + 1333,67$	0,85**	377,4	3,895	
	Inflor.	FC	$\text{Fe} = 69,250 \text{ ns}$	-			0,979
		SC	$\text{Fe} = 8,122\text{P}^2 - 71,893\text{P} + 223,698$	0,94**			1,081
	Haste	FC	$\text{Fe} = 6,567\text{P} + 19,098$	0,87*			0,585
		SC	$\text{Fe} = 6,032\text{P} + 19,243$	0,64*			0,712
	PAT	FC				<b>5,338</b>	
	PAT	SC				<b>5,688</b>	
	Mn	Folha	FC	$\text{Mn} = - 46,181\text{P} + 773,653$	0,94**	600,0	6,084
			SC	$\text{Mn} = - 56,727\text{P} + 766,351$	0,72**	517,8	5,344
Inflor.		FC	$\text{Mn} = 95,440 \text{ ns}$	-			1,349
		SC	$\text{Mn} = 13,837\text{P}^2 - 137,726\text{P} + 446,625$	0,81**			1,821
Haste		FC	$\text{Mn} = 50,420 \text{ ns}$	-			0,674
		SC	$\text{Mn} = 9,636\text{P}^2 - 89,659\text{P} + 250,88$	0,99**			0,671
PAT		FC				<b>8,107</b>	
PAT		SC				<b>7,836</b>	
Zn		Folha	FC	$\text{Zn} = 93,880 \text{ ns}$	-	93,8	0,951
			SC	$\text{Zn} = - 5,087\text{P} + 67,514$	0,58**	45,2	0,466
	Inflor.	FC	$\text{Zn} = 0,948\text{P}^2 - 6,610\text{P} + 46,743$	0,53*			0,499
		SC	$\text{Zn} = 34,380 \text{ ns}$	-			0,575
	Haste	FC	$\text{Zn} = - 2,403\text{P}^2 + 22,004\text{P} - 10,16$	0,51**			0,516
		SC	$\text{Zn} = 31,810 \text{ ns}$	-			0,496
	PAT	FC				<b>1,966</b>	
	PAT	SC				<b>1,537</b>	

<sup>1</sup> Nível crítico micro ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

<sup>2</sup> Acúmulo de micronutrientes ( $\text{mg vaso}^{-1}$ ) na parte aérea das plantas (folha + inflorescências + haste + total).

\*, \*\*, ns – Significativo a 1-5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Também foram determinados os teores foliares e o acúmulo dos nutrientes (Tabela 9 e 10), correspondentes às concentrações de P na solução de fertirrigação que proporcionaram a máxima produção econômica na fibra de coco e no substrato comercial, de 43 e 80  $\text{mg L}^{-1}$  de P, respectivamente. Para o cálculo do acúmulo de nutrientes na parte aérea, utilizou-se a produção de matéria seca de folhas, hastes e inflorescências, também correspondentes às concentrações de 43 e 80  $\text{mg L}^{-1}$  de P, para os substratos fibra de coco e comercial, respectivamente, estimando-se

assim, a exigência nutricional do crisântemo em relação à máxima produção econômica para cultivo nesses substratos.

Como comparação dos níveis críticos na análise foliar do crisântemo na fase produtiva, utilizaram-se os valores de referência propostos por Schoenmaker Van Zanten – Agrifloricultura Ltda (1997). No presente experimento, os níveis críticos referentes às análises foliares plantas de crisântemo cv. Puritan cultivadas na fibra de coco apresentaram, portanto, altos teores de N, Fe e Mn, teores suficientes de Ca, Mg, S, B, Cu e Zn e teores baixos de P e K. Para os níveis críticos referentes às análises foliares de crisântemo cv. Puritan cultivadas no substrato comercial, as plantas apresentaram altos teores de N, Fe e Mn, teores suficientes de Ca, Mg, S, B, e Zn e teores baixos de P, K e Cu.

A ordem de acúmulo dos nutrientes na parte aérea, relacionado à máxima produção econômica, tanto na fibra de coco quanto no substrato comercial foi N>K>Ca>P>Mg>S>Mn>Fe>Zn>B>Cu. Comparando-se a ordem de acúmulo do presente experimento com os resultados de Lima (1987) para a cv. Golden Polaris, constata-se que ocorreu uma inversão na ordem de acúmulo para os nutrientes N e K e para P e Mg.

De acordo com as dados de teores totais de macro e micronutrientes considerados adequados citados por Malavolta et al. (1997), os valores dos macronutrientes analisados estão de acordo com o recomendado, exceto para P e K, cujos os valores foram inferiores, 2,5 a 10 e 40 a 60 respectivamente. Para o nutriente Ca, foi ligeiramente superior 10 a 20 e para os micronutrientes Cu, Fe e Mn, os valores do Cu foram inferiores e os de Fe e Mn foram bastante elevados 10 a 50, 90 a 300, 50 a 300 respectivamente, para ambos os substratos.

Comparando-se esses dados de teores totais com os obtidos por Lima (1987) com a cv. Golden Polaris, (N= 19-25); (P= 0,8-1,3); (K= 27-28); (Ca= 11-16); (Mg= 7-9,3); (S= 1-1,3) e (B= 56,5-67,2), verifica-se que os valores

obtidos no presente trabalho para a cv. Puritan são bem divergentes. Dessa maneira observa-se que cada cultivar possui um teor foliar diferente e, portanto, suas necessidades nutricionais podem variar bastante.

#### 4 CONCLUSÕES

- O uso de 43 e 80 mg L<sup>-1</sup> de P na solução de fertirrigação proporcionou a máxima produção econômica nos substratos fibra de coco e substrato comercial, respectivamente.
- Os teores foliares dos nutrientes associados à máxima produção econômica nos substratos foram (macronutrientes, g kg<sup>-1</sup>): N=56,8; P=2,2; K=21,6; Ca=22,1; Mg=4,9; S=4,2; (micronutrientes, mg kg<sup>-1</sup>): B=51,7; Cu=8,8; Fe=372,2; Mn=600,0 e Zn=93,8 para plantas cultivadas na fibra de coco e (macronutrientes, g kg<sup>-1</sup>): N=52,3; P=1,4; K=17,1; Ca=23,5; Mg=5,9; S=3,6; (micronutrientes, mg kg<sup>-1</sup>): B=36,2; Cu=4,5; Fe=377,4; Mn=517,8 e Zn=45,2 para plantas cultivadas no substrato comercial.
- A exigência nutricional relacionada à máxima produção econômica nos substratos seguiu a seqüência em ambos os substratos: N>K>Ca>P>Mg>S>Mn>Fe>Zn>B>Cu.
- Plantas de crisântemo cv. Puritan cultivadas em fibra de coco podem reduzir em até 46,25% a concentração de P na solução de fertirrigação, e proporcionando plantas de boa qualidade.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIFLORITULTURA – SCHOENMAKER VAN ZANTEN. **Referência dos teores para análise foliar de crisântemo.** Santo Antônio de Posse: SVZ, 1997.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247 p.

BARBOSA, J. G. **Crisântemos – produção de mudas – cultivo para corte de flor – cultivo em vaso – cultivo hidropônico**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 234 p.

BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; KAMPF, A. N. Acúmulo de macronutrientes em plantas de crisântemo sob cultivo hidropônico em argila expandida para flor-de-corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 593-601, abr. 1999.

BLOM, T. J. Coco coir versus granulated rockwool, and ‘arching’ versus traditional harvesting of roses in recirculating system. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 481, p. 503-507, 1999.

BOODLEY, J. W. Plant nutrition and flower crop quality. **HortScience**, Alexandria, v. 10, n. 1, p. 41-42, Feb. 1975.

GRUSZYNSKI, C. **Produção comercial de crisântemos: vaso, corte e jardim**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 166 p.

LIMA, A M. L. P. **Absorção de nutrientes e deficiências de macronutrientes e boro no crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) cultivar Golden Polaris**. 1987. 135 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MAINARDI, J. de C. C. T.; BELLÉ, R. A.; MAINARDI, L. Produção de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) ‘Snowdon’ em vaso II: ciclo da cultivar, comprimento, largura e área da folha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1709-1714, nov./dez. 2004.

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

MALVESTITI, A. L. Propriedades e aplicações da fibra de coco na produção de mudas. In: BARBOSA, J. G.; MANTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.;

SEDIYAMA, M. A. N. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato.** Viçosa: UFV, 2004. p. 226-235.

MARTÍNEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 53-76. (Documentos IAC; n. 70).

MEEROW, A. W. Growth of two subtropical ornamentals using coir (coconut mesocarp pith) as peat substitute. **HortScience**, Alexandria, v. 29, n. 12, p. 1484-1486, Dec. 1994.

MENEZES, J. F. S. **Produtividade e qualidade do crisântemo, em vaso, em resposta a doses de fósforo e de potássio.** 1996. 74 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ROUDE, N.; NELL, T. A.; BARRET, V. E. Nitrogen source and concentration growing medium and cultivar affect longevity of potted chrysanthemums. **HortScience**, Alexandria, v. 26, n. 1, p. 49-52, Feb. 1991.

SHINOHARA, Y. et al. Chemical and physical properties of the coconut-fiber substrate and the growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 1, n. 481, p. 145-149, 1999.

SHIRASAKI, T. Problems of soil and fertilizer management in the production of high quality cut flowers. **Soil and Fertilizers**, Farham Royal, v. 56, n. 2, p. 273, Feb. 1993.

STRINGHETA, A. C. O.; CARNEIRO, T. F.; TOMBOLATO, A. F. C.; COUTINHO, L. N.; IMENES, S. de L.; BERGMAN, E. C. Crisântemo para flor de corte *Dendranthema grandiflora* (Ramat) Tzelev. In: TOMBOLATO, A. F. C. **Cultivo comercial de plantas ornamentais.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2004. p. 95-135.

### **CAPÍTULO III**

#### **EFEITO DO POTÁSSIO, DO SILÍCIO E DO SUBSTRATO NO CRESCIMENTO E QUALIDADE DO CRISÂNTEMO**

## RESUMO

RODRIGUES, Tatiana Michlovská. Efeito do potássio, do silício e do substrato no crescimento e qualidade do crisântemo. In: \_\_\_\_\_. **Produção de crisântemo cultivado em diferentes substratos fertirrigados com fósforo, potássio e silício**. 2006. 84 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

Avaliou-se o efeito de diferentes substratos e concentrações de potássio e silício na solução de fertirrigação no desenvolvimento do crisântemo (*Dendranthema grandiflorum*) cv. Puritan. Após 90 dias do enraizamento foram feitas determinações de número de inflorescências, folhas e hastes por planta e vaso, o diâmetro das inflorescências e altura de planta (cm) e a determinação de peso seco de inflorescências, folhas, hastes e relações folha/haste e folha/inflorescência. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x5 e com quatro repetições, sendo dois substratos (comercial (para cultivo de crisântemo – Vida Verde<sup>®</sup>) (SC) e fibra de coco (Golden Mix Mixto, T-40, Amafibra<sup>®</sup>) (FC) e cinco concentrações dos nutrientes testado: K e Si. No primeiro experimento, testou-se potássio nas concentrações (25; 50; 100; 200 e 400 mg L<sup>-1</sup>) e no segundo, com silício (0; 12,5; 25; 37,5 e 50 mg L<sup>-1</sup>). O uso de 400 mg L<sup>-1</sup> de potássio na solução de fertirrigação proporcionou a maior produção em ambos os substratos, porém, substrato FC se destacou, proporcionando plantas de melhor qualidade em relação ao substrato comercial. A aplicação de 37,5 mg L<sup>-1</sup> de silício na solução de fertirrigação proporcionou plantas de melhor qualidade em ambos os substratos, entretanto o SC se destacou proporcionando plantas de melhor qualidade em relação ao substrato FC.

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Professor Renato Paiva – DBI/UFLA (Orientador), Patrícia Duarte de Oliveira Paiva – DAG/UFLA (Co-orientadora).

## ABSTRACT

RODRIGUES, Tatiana Michlovská. Effect of potassium, silicon and substrate in the growth and quality of chrysanthemum. In: \_\_\_\_\_. **Production of chrysanthemums grown in different substrates fertirrigated with phosphorous, potassium and silicon.** 2006. 84 p. Thesis (Doctorate in Plant Science) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.<sup>1</sup>

The effect of different substrates and concentrations of potassium and silicon in solutions of fertirrigation were evaluated during the development of chrysanthemums (*Dendranthema grandiflorum*) cv. “Puritan”. After 90 days of rooting, the number of inflorescences, leaves, stems per plant and vase, inflorescences diameter and plant height (cm) and dry matter of inflorescences, leaves, stems and the ratios leaf/stem and leaf/inflorescence were determined. A randomized completely experimental design in 2x5 factorial scheme with four replications was used with two substrates (Vida Verde® - commercial substrate for chrysanthemum growth) – SC and coconut fiber [Golden Mix Mixto (T-40) – Amafibra®] – FC and five concentrations of K and Si. In the first experiment, the potassium concentrations tested were 25, 50, 100, 200 and 400 mg L<sup>-1</sup>. In the second experiment with silicon, the following concentrations were tested: 0; 12.5; 25; 37.5; and 50 mg L<sup>-1</sup>. The use of 400 mg L<sup>-1</sup> of potassium in the fertirrigated solution provided the higher production in both substrates however, the substrate FC formed plants with better quality compared with the commercial substrate. The use 37.5 mg L<sup>-1</sup> of silicon in the fertirrigated solution provided plants with better quality in both substrates however, the substrate SC formed plants with better quality compared with the FC substrate.

---

<sup>1</sup> Guidance Committee: Professor Renato Paiva – DBI/UFLA (Adiviser), Patrícia Duarte de Oliveira Paiva – DAG/UFLA (Co-adviser)

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo do crisântemo (*Dendranthema grandiflorum*) foi introduzido no Brasil com mais expressividade no estado de São Paulo que é responsável por 80% da produção nacional, seguido pelo Rio de Janeiro e Minas Gerais.

A comercialização de crisântemos está diretamente relacionada com o tamanho e a qualidade das folhas, hastes e inflorescências, e o sucesso para a produção de plantas com estas características é associado às condições ambientais e nutricionais (Roude et al., 1991), sendo a qualidade das inflorescências altamente dependente da adubação e do manejo do substrato (Shirasaki, 1993).

A adubação e a nutrição mineral de plantas estão entre os fatores essenciais para, além de promover qualidade, proporcionar retornos adequados às culturas agrícolas. Os fertilizantes devem ser aplicados corretamente, de modo a atingir também alta eficiência, adequando à quantidade utilizada, visando menores custos de produção e menores danos ambientais.

O potássio é muito importante ao desenvolvimento do crisântemo nas primeiras seis semanas de cultivo, quando as plantas crescem rapidamente. Também é fundamental quando se aproxima o período de florescimento, desde a época de formação dos botões até a época da formação da cor das inflorescências. Na planta, o potássio é responsável pela neutralização de ânions insolúveis e solúveis, estabilização do pH, regulação osmótica, ativação enzimática e atua no processo de absorção iônica. A deficiência de potássio na planta produz um composto fitotóxico, a putrecina (Faquin, 2001).

A deficiência de potássio na planta de crisântemo é detectada pelos primeiros sintomas que ocorrem em torno de 25 dias após o plantio; a taxa de crescimento é reduzida e as hastes apresentam-se um aspecto frágil (finos e fracos). Um estágio mais grave de deficiência de potássio é o amarelecimento

com posterior necrose marginal das folhas mais velhas, progredindo da base para o interior das folhas e o nutriente é deslocado para as partes mais novas.

Recentes pesquisas têm sido divulgadas com resultados positivos do uso de fontes solúveis de silício (Si) aplicadas via foliar e em soluções nutritivas para cultivos hidropônicos. Todavia, o Si ainda não foi reconhecido como essencial para as plantas, pois suas funções ainda não são bem esclarecidas (Epstein, 1999; Malavolta et al., 1997; Marschner, 1995; Mengel & Kirkby, 2001). O silício foi recentemente incluído na Legislação Brasileira de Fertilizantes como um micronutriente (Brasil, 2004) e, entre os principais benefícios do Si para as plantas, destaca-se o aumento da tolerância ao estresse abiótico e biótico.

O acúmulo de Si na cutícula das folhas permite a proteção às plantas e ameniza os efeitos de estresse hídrico, fitotóxico e ao ataque de pragas e doenças (Epstein, 1999). O Si ocorre com maior frequência nas regiões de grande transpiração. Estes depósitos de sílica nos tecidos foliares, junto às células-guarda dos estômatos e outras células epidérmicas, promovem a redução na taxa de transpiração (Dayanandam et al., 1983).

Dessa maneira, o silício na planta contribui para a qualidade final do vegetal, permitindo a redução de perda de água, proteção mecânica ao ataque de insetos, sendo um elemento mineral em grande abundância na natureza e a sua aplicação não provoca contaminação ou degradação do ambiente.

Visando também a manutenção das qualidades fitossanitárias dos viveiros o uso de substratos para produção de mudas e ou plantas é a melhor maneira de adquirir qualidade vegetal, preservando o ambiente e reduzindo custos de produção (Malvestiti, 2004).

Em função do pequeno número de informação sobre nutrição mineral do crisântemo, em especial da cv. Puritan no Brasil, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes substratos e

concentrações de potássio e silício na solução de fertirrigação sobre o crescimento e qualidade do crisântemo desta cultivar.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local do experimento**

As plantas de crisântemo (*Dendranthema grandiflorum*) (cv. Puritan) foram cultivadas em vaso com substratos, em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, entre o período de 03/12/2004 a 28/02/2005.

### **2.2 Delineamento experimental**

O primeiro experimento foi em delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x5, sendo dois substratos: comercial (para cultivo de crisântemo – Vida Verde<sup>®</sup>) (SC) e fibra de coco (Golden Mix Mixto ,T-40, Amafibra<sup>®</sup>) (FC) e cinco concentrações de potássio na solução de fertirrigação (25; 50; 100; 200 e 400 mg L<sup>-1</sup> de K), com quatro repetições. O segundo experimento foi em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x5, sendo dois substratos: comercial (para cultivo de crisântemo – Vida Verde<sup>®</sup>) (SC) e fibra de coco (Golden Mix Mixto ,T-40, Amafibra<sup>®</sup>) (FC) e cinco concentrações de silício na solução de fertirrigação (0; 12,5; 25; 37,5 e 50 mg L<sup>-1</sup> de Si), com quatro repetições.

### **2.3 Montagem e condução do experimento**

As estacas de crisântemo cv. Puritan foram adquiridas por empresa fornecedora de mudas, as quais não estavam enraizadas. O enraizamento foi realizado na empresa Multiflores, em Lavras, MG e este realizado nos próprios substratos dos tratamentos. Antes da montagem dos tratamentos, a fibra de coco foi lavada com água

deionizada até a água de lavagem atingir a condutividade elétrica de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ . A condutividade inicial do substrato após sua aquisição foi de  $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ . Essa lavagem foi feita para verificar o comportamento do substrato com o mínimo possível de adubação inicial, ou seja, matéria-prima enriquecida (adubação) pela indústria fornecedora.

Os vasos (pote 11, com capacidade de 1 L de volume) foram preenchidos com os substratos dos tratamentos, previamente umedecidos, até completar todo o seu volume. As estacas foram adquiridas já com o tratamento de ácido indolbutírico (AIB) em forma de pó. As estacas foram selecionadas pela uniformidade, sendo plantadas seis mudas em cada vaso. Em seguida, os vasos foram irrigados com água deionizada e colocados sob plástico polietileno transparente, com o objetivo de manter a umidade. Foi realizado o fornecimento de dias longos em sistema com período de escuro interrompido. A interrupção do período de escuro foi feita por períodos de luz (10 minutos de luz a cada 30 minutos – entre os horários 21 às 5 horas).

Após o enraizamento das estacas nos vasos, que ocorre aproximadamente, em duas semanas, o plástico foi retirado e iniciaram-se os experimentos com a aplicação das soluções de fertirrigação. As soluções de fertirrigação de cada experimento foram separadas em A e B, para evitar a precipitação do cátion  $\text{Ca}^{2+}$  com os ânions  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ , quando em altas concentrações (Tabelas 11 e 12, experimento de potássio e Tabelas 13 e 14, experimento de silício). A aplicação das soluções A e B de cada experimento foi feita de forma alternada a cada dia. As soluções A e B foram compostas de fertilizantes comerciais para o fornecimento de macronutrientes e de reagentes p.a. para o fornecimento de micronutrientes. A solução A foi composta de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -comercial (19% Ca e 13% N- $\text{NO}_3^-$ ),  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -comercial (16% N- $\text{NH}_4^+$ , 16% N- $\text{NO}_3^-$  e 1,2% S-  $\text{SO}_4^{2-}$ ) Fe-EDTA e soluções coquetel de micronutrientes. A solução B foi composta de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  pa, mono amônio fosfato (MAP-purificado) (60%  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 11% de N- $\text{NH}_4^+$ ),  $\text{KNO}_3$ -comercial (45%

de  $K_2O$ , 12% de  $N-NO_3^-$  e 1,2%  $S-SO_4^{2-}$ ) e, para o experimento de silício, acrescentou-se  $K_2SiO_3$  -KCD 75 da UNA-PROSIL<sup>®</sup> (26,5% DE  $SiO_2$  e 12,5% de  $K_2O$ ). A partir da adubação feita pelo produtor de crisântemo é que foram definidas as concentrações das soluções de fertirrigação A e B do experimento de potássio. O experimento de silício foi feito para avaliar o uso de silício e observar o comportamento da planta de crisântemo cv. Puritan.

**TABELA 11.** Quantidade de solução estoque (SE) pipetada (mL) para a elaboração de 1 L de solução de fertirrigação A aplicada no crisântemo cv. Puritan para o experimento com diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Solução de fertirrigação A		
SE	(g L <sup>-1</sup> )	mL L <sup>-1</sup>
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	263,16	4
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	103,02	4,5
Fe-EDTA <sup>1</sup>	-	5
Coquetel Micro <sup>2</sup>	-	0,5

<sup>1</sup> Fe-EDTA: (a) Solução A - dissolver 33,3 g de Na<sub>2</sub>-EDTA em 500 mL de água destilada a 30°C contendo 100,4 mL de NaOH 1 mol<sub>e</sub> L<sup>-1</sup>; (b) Solução B - dissolver 24,9 g de FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O em 300 mL de água destilada a 70°C, contendo 4 mL de HCl 1 mol<sub>e</sub> L<sup>-1</sup>; misturar as soluções A e B, completar o volume para 1000 mL com água destilada e colocar sob aeração constante por 12 horas. A solução foi acondicionada em vasilhames âmbar recobertos por papel alumínio para a proteção contra a luz.

<sup>2</sup> Coquetel Micro: 2,86 g L<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 1,81 g L<sup>-1</sup> de MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O; 0,22 g L<sup>-1</sup> de ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0,08 g L<sup>-1</sup> de CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O e 0,02 g L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O, todos os reagentes p.a.

**TABELA 12.** Quantidade de solução estoque (SE) pipetada (mL) para a elaboração de 1 L de solução de fertirrigação B, com os tratamentos, aplicada no crisântemo cv. Puritan para o experimento com diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Solução de fertirrigação B						
SE	(g L <sup>-1</sup> )	Concentrações K (mg L <sup>-1</sup> )				
		25	50	100	200	400
-----mL L <sup>-1</sup> -----						
KNO <sub>3</sub>	267,75	0,3	0,5	1	2	4
MAP	190,82	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	103,02	0,9	0,8	0,8	0,7	0,5
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub>	246,38	2	2	2	2	2

**TABELA 13.** Quantidade de solução estoque (SE) pipetada (mL) para a elaboração de 1 L de solução de fertirrigação A aplicada no crisântemo cv. Puritan para o experimento de diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Solução de fertirrigação A		
SE	(g L <sup>-1</sup> )	mL L <sup>-1</sup>
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	263,16	4
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	103,02	4,5
Fe-EDTA <sup>1</sup>	-	5
Coquetel Micro <sup>2</sup>	-	0,5

<sup>1</sup> Fe-EDTA: (a) Solução A - dissolver 33,3 g de Na<sub>2</sub>-EDTA em 500 mL de água destilada a 30°C contendo 100,4 mL de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>; (b) Solução B - dissolver 24,9 g de FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O em 300 mL de água destilada a 70°C, contendo 4 mL de HCl 1 mol L<sup>-1</sup>; misturar as soluções A e B, completar o volume para 1000 mL com água destilada e colocar sob aeração constante por 12 horas. A solução foi acondicionada em vasilhames âmbar recobertos por papel alumínio para a proteção contra a luz.

<sup>2</sup> Coquetel Micro: 2,86 g L<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 1,81 g L<sup>-1</sup> de MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O; 0,22 g L<sup>-1</sup> de ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0,08 g L<sup>-1</sup> de CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O e 0,02 g L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O, todos os reagentes p.a.

**TABELA 14.** Quantidade de solução estoque (SE) pipetada (mL) para a elaboração de 1 L de solução de fertirrigação B, com os tratamentos, aplicada no crisântemo cv. Puritan para o experimento de diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Solução de fertirrigação B						
SE	(g L <sup>-1</sup> )	Concentrações Si (mg L <sup>-1</sup> )				
		0	12,5	25	37,5	50
		-----mL L <sup>-1</sup> -----				
KNO <sub>3</sub>	267,75	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
MAP	190,82	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	103,02	8	8,1	8,2	7,5	7,6
K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	72,7 mL L <sup>-1</sup>	0	1	2	3	4
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	246,38	2	2	2	2	2

As soluções foram aplicadas duas vezes ao dia, às 08:00 e 14:00 horas e, quando necessário, ou seja, quando o calor era excessivo, às 11:00 horas, forneciam-se de 50 a 100 mL de água deionizada. Nos primeiros 30 dias, após o enraizamento, foi feita a aplicação diária de 100 mL das soluções A e B, dividida em duas aplicações de 50 mL. Dos 30 aos 60 dias após o enraizamento,

os volumes aplicados das soluções A e B foram de 200 mL diariamente, divididos em duas aplicações iguais de 100 mL. A partir dos 60 dias, até a coleta do experimento, foi feita a aplicação de 400 mL diariamente, com duas aplicações de 200 mL. Teve-se o cuidado de evitar o excesso de aplicação de solução de fertirrigação para que este não fosse perdido pela drenagem do vaso.

Como o crisântemo é considerado uma planta de dias curtos com fotoperíodo crítico de 13 horas, foi necessário fazer o controle da luminosidade com lona plástica preta, reduzindo o período luminoso para a indução do florescimento. A lona plástica preta era retirada às 6:00 horas e colocada às 17:00 horas.

Para a avaliação do efeito do potássio e do silício sobre todas as variáveis de qualidade e crescimento, durante a condução dos experimentos, não foi feita a aplicação de reguladores de crescimento para o controle da altura das plantas.

#### **2.4 Coleta e determinações analíticas**

As plantas foram coletadas aos 90 dias após o enraizamento. Para a determinação da qualidade, durante a coleta, as plantas foram separadas e contadas para o número de folhas, hastes e inflorescências por vaso. Também foram determinados o diâmetro médio das inflorescências totalmente abertas (cm) e a altura de planta (cm). Posteriormente à coleta, as partes das plantas foram colocadas em sacos de papel previamente identificados e levadas para secar em estufa de circulação forçada a 65°C a 70 °C, até peso constante, para a determinação do peso seco de inflorescências, folhas, hastes e total e relações folha/inflorescência e folha/haste, como variáveis de crescimento.

O material seco de cada parte (folhas, hastes e inflorescências) das plantas foi moído e analisado quimicamente para a determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, para o experimento de potássio e, para o

experimento de silício, acrescentou aos anteriores a determinação de silício, segundo Malavolta et al. (1997), no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da UFLA/MG. O acúmulo dos nutrientes nas inflorescências, folhas e hastes foram determinados com a multiplicação dos teores foliares, utilizando-se a matéria seca da cada parte e o acúmulo total na parte aérea pela soma do acúmulo nas partes.

### **2.5 Análises estatísticas**

As variáveis de qualidade – altura de planta, número de folhas, número de hastes por vaso, diâmetro de inflorescências e número de inflorescências por vaso e as variáveis de crescimento – matéria seca de folha, de inflorescências, de haste, total, as relações folha/inflorescência, e folha/haste e os teores dos nutrientes avaliados foram submetidos à análise de variância e de regressão em função das concentrações de potássio (K) e de silício (Si) na solução de fertirrigação.

Como os intervalos entre as concentrações de K na solução de fertirrigação não foram equidistantes, a análise de regressão das variáveis avaliadas foram realizadas em função do logaritmo natural (Ln) da concentração de K (Banzatto & Kronka, 1992). Já para o experimento de Si não foi preciso transformar as concentrações, pois estas foram equidistantes.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1. Análise química dos substratos**

A análise química do substrato foi realizada no Instituto Agronômico de Campinas – IAC, no Centro de Solos e Recursos Agroambientais Laboratório de Análise de Solo e Planta. A metodologia usada nas análises foi o método de

extração: 1:1,5 (Holanda), com métodos de determinação: N-(amoniaco e nitrato): destilação; K, Ca, Mg, P, S, Cu, Fe, Mn, Zn: ICP-OES; C orgânico: Walkley-Black; Nitrogênio Total Kjeldahl (Tabela 15).

**TABELA 15.** Características químicas dos substratos fibra de coco (FC) e substrato comercial (SC) utilizados no experimento com diferentes concentrações de fósforo na solução de fertirrigação no cultivo de crisântemo cv. Puritan. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Substrato	pH	EC	N-NO3	P	Cloreto	S	N-NH4	K
		dS/m	mg L <sup>-1</sup>					
SC	4,2	1,3	129,6	13,9	5,0	22,2	26,9	119,4
FC	4,7	0,3	42,0	7,5	3,0	2,9	5,5	25,7

Substrato	Na	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg L <sup>-1</sup>							
SC	9,4	85,7	24,6	0,1	0,03	0,8	1,3	0,1
FC	4,3	8,3	6,9	0,01	0,01	0,8	1,3	0,1

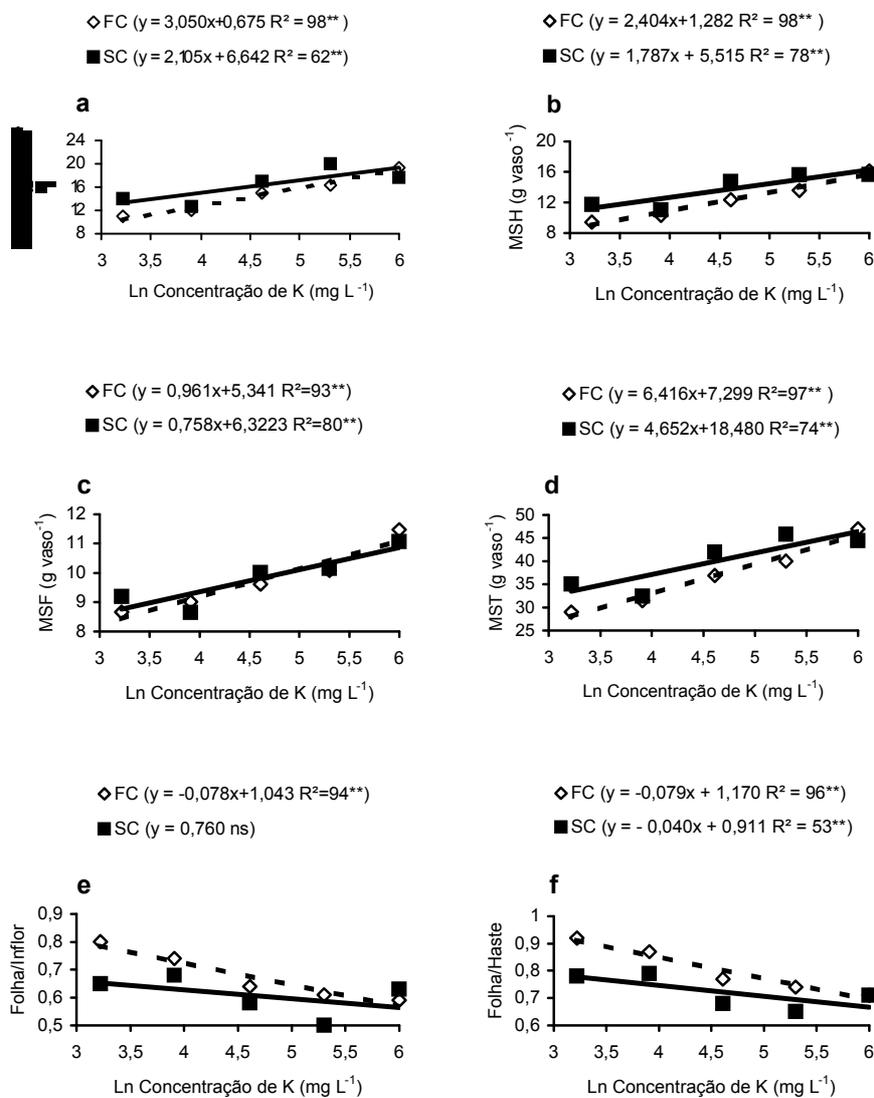
### 3.2 Crescimento (Experimento - diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação)

As variáveis de crescimento do crisântemo, matéria seca de inflorescências (MSFL), matéria seca de haste (MSH), matéria seca de folha (MSF), matéria seca total (MST), relação folha/inflorescência (F/F) e relação folha/haste (F/H) foram influenciadas significativamente pelas concentrações de potássio na solução de fertirrigação. O tipo de substrato proporcionou alteração significativa para todas as variáveis de crescimento avaliadas, exceto matéria seca de folha (MSF). A interação entre as fontes de variação, concentrações de K na solução de fertirrigação vs. tipo de substrato, influenciou matéria seca de inflorescências (MSFL), matéria seca de haste (MSH), matéria seca total (MST) e relação folha/inflorescência (F/F).

A aplicação de altas concentrações de potássio na solução de fertirrigação proporcionou um aumento na produção de matéria seca de inflorescências e matéria seca de haste em relação à produção de matéria seca de folha. Confirmando a importância do uso de potássio, Gruszynski (2001) menciona que o potássio está intimamente ligado ao número de haste e por consequência, ao número final de inflorescências. González & Bertsch (1989) verificaram que o potássio é um dos nutrientes mais requisitados para a obtenção de plantas com boa qualidade estética.

De maneira geral, as plantas de crisântemo cultivadas no substrato comercial apresentaram valores das variáveis de crescimento superiores em relação às plantas cultivadas na fibra de coco. Conseqüentemente, a relação folha/inflorescência e folha/haste apresentou valores reduzidos em altas concentrações de potássio na solução de fertirrigação. As concentrações de potássio na solução de fertirrigação tiveram efeito linear crescente para as variáveis matéria seca de inflorescências, matéria seca de haste, matéria seca de folha e por consequência, matéria seca total em ambos os substratos (Figura 5 a, b, c, d,).

Como as variáveis de crescimento analisadas apresentaram um comportamento linear crescente das concentrações de potássio na solução de fertirrigação, a maior concentração de potássio utilizada no presente experimento foi a que proporcionou maiores e melhores valores de crescimento das plantas cultivadas, tanto no substrato comercial quanto na fibra de coco (Figura 5). Portanto, a maior produção de matéria seca de inflorescências, matéria seca de haste, matéria seca de folha e matéria seca total foi obtida no valor 6,0 Ln da concentração de potássio na solução, o que corresponde à concentração de 400 mg L<sup>-1</sup> de potássio na solução de fertirrigação.



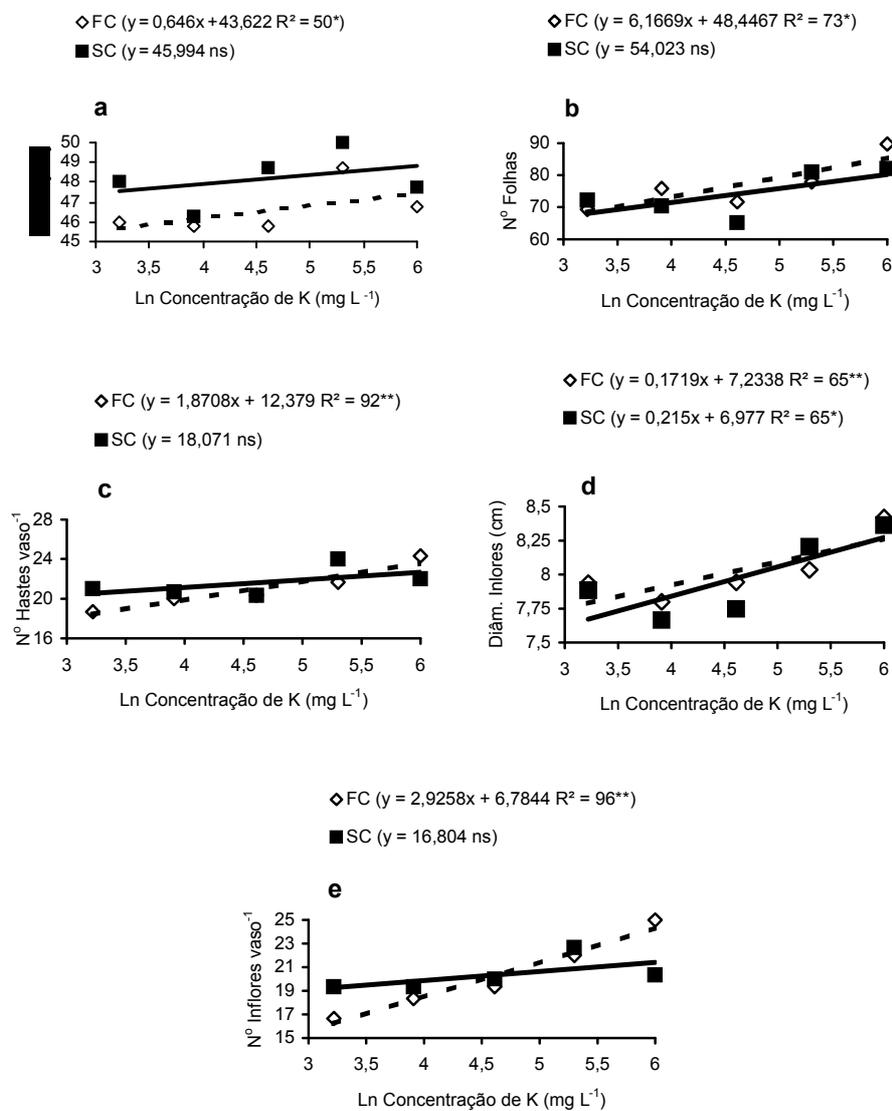
**FIGURA 5.** Efeito da concentração de K na solução de fertirrigação no crescimento do crisântemo cv. Puritan em cultivada em fibra de coco (FC) e substrato comercial (SC): (a) matéria seca de inflorescências (MSFL), (b) matéria seca de haste (MSH), (c) matéria seca de folha (MSF), (d) matéria seca total (MST), (e) relação folha/inflorescência e (f) relação folha/haste. UFPA, Lavras, MG, 2005.

A máxima produção econômica, segundo Malavolta et al. (1997), corresponde a 90% da máxima produção de folha obtida quando a equação de regressão for quadrática. Entretanto, como a equação de regressão da matéria seca de folha no presente experimento apresentou efeito linear em função das concentrações de potássio na solução de fertirrigação, para efeito de comparação com outros trabalhos, será utilizada a maior produção de folha (11,11 g vaso<sup>-1</sup> de matéria seca de folha na fibra de coco e 10,87 g vaso<sup>-1</sup> de matéria seca de folha no substrato comercial) de matéria seca de folha para a análise do crescimento, qualidade e de nutrientes da planta de crisântemo.

### **3.3 Qualidade (Experimento - diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação)**

As variáveis de qualidade do crisântemo altura de planta (AP), número de folhas (NF), número de haste por vaso (NHV), número de inflorescências (NFL) e diâmetro de inflorescências (DFL) foram influenciadas pelas concentrações de potássio na solução de fertirrigação. O tipo de substrato interferiu significativamente na altura de planta. A interação entre as fontes de variação, concentrações de potássio na solução de fertirrigação vs. tipo de substrato, influenciou número de inflorescências

Todas as variáveis de qualidade das plantas cultivadas sobre o substrato comercial apresentaram valores não significativos, exceto o diâmetro de inflorescências, que apresentou um comportamento linear crescente nas concentrações de potássio da solução de fertirrigação (Figura 6) .



**FIGURA 6.** Efeito da concentração de potássio na solução de fertirrigação na qualidade do crisântemo cv. Puritan cultivada em fibra de coco (FC) e substrato comercial (SC): (a) altura de planta (AP), (b) número de folhas (NF), (c) número de hastes por vaso (NHV), (d) diâmetro de inflorescências (DFL) e (e) número de inflorescências por vaso (NFL). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Assim, as concentrações de potássio na solução de fertirrigação aplicadas nas plantas de crisântemo cultivadas no substrato comercial não foram suficientes para que houvesse uma resposta de qualidade da planta, pois, os resultados obtidos não foram significativos.

Já no substrato fibra de coco, todas as variáveis de qualidade das plantas apresentaram valores significativos e um comportamento linear crescente com relação às concentrações de potássio da solução de fertirrigação (Figura 6). Mesmo o substrato fibra de coco sendo lavado em água deionizada antes da instalação do experimento, as possíveis concentrações de potássio existentes na fibra de coco e mencionadas por Noguera (1999) foram lixiviadas em parte pela água de lavagem. Desse modo, a aplicação das concentrações de potássio em plantas de crisântemo cultivadas no substrato fibra de coco apresentou valores elevados das variáveis de qualidade analisadas em relação ao substrato comercial.

No entanto, o tratamento que proporcionou maior número de inflorescências ( $400 \text{ mg L}^{-1}$  de K) (Figura 6 e) também proporcionou um elevado diâmetro de inflorescências (Figuras 6 d e 7), fazendo com que o vaso tenha uma boa qualidade, confirmando o efeito do potássio na melhora da qualidade do crisântemo (Gruszynski, 2001).



**FIGURA 7.** Vista frontal de crisântemos cv. Puritan que receberam as concentrações de potássio na solução de fertirrigação ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e cultivados no substrato fibra de coco. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A deficiência de potássio provocou sintomas como descrito por Gruszynski (2001), Menezes (1996) e Stringheta et al. (2004) que são folhas velhas com manchas amarelas nas margens da folha, que ocorrem devido ao acúmulo de putrecina (composto fitotóxico e causador de manchas), com evolução a necroses foliares (Faquin, 2001) (Figura 8).



**FIGURA 8.** Sintomas típicos de deficiência de K em plantas de crisântemo cv. Puritan cultivadas em baixas concentrações do nutriente na solução de fertirrigação. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Como a máxima produção econômica de matéria seca de folha é a maior produção obtida ( $400 \text{ mg L}^{-1}$  de potássio na solução de fertirrigação) nos dois substratos testados, estimam-se os valores das variáveis de crescimento e qualidade em função da concentração de potássio para plantas cultivadas no substrato comercial e fibra de coco. Observa-se que as diferenças, para as variáveis de crescimento, entre os substratos foram pequenas, exceto para relação folha/inflorescência em que o substrato fibra de coco apresentou melhor relação que o substrato comercial. Porém, as diferenças para as variáveis de qualidade foram muito altas, principalmente para número de folhas, número de

haste por vaso e número de inflorescências, em que o substrato fibra de coco se destaca e proporciona plantas de melhor qualidade em relação ao substrato comercial. Nesse sentido, a concentração de 400 mg L<sup>-1</sup> de potássio na solução de fertirrigação utilizada em crisântemo cv. Puritan com a finalidade de obter plantas de melhor qualidade são aquelas cultivadas na fibra de coco (Tabela 16).

**TABELA 16.** Estimativa das variáveis de crescimento e de qualidade de crisântemo cultivado no substrato comercial (SC) e fibra de coco (FC) correspondente às concentrações de potássio que proporcionaram a maior produção e melhor qualidade (400 mg L<sup>-1</sup>). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Substratos	Variáveis de crescimento					
	MSFL	MSH	MSF	MST	F/F	F/H
FC	18,97	15,71	11,11	45,79	0,57	0,70
SC	19,27	16,24	10,87	46,39	0,76	0,67
Diferença % <sup>1</sup>	+1,55	+3,26	-2,20	+1,29	+24,34	-4,47
	Variáveis de qualidade					
	AP	NF	NHV	DFL	NFL	
FC	47,54	85,44	23,60	8,26	24,33	
SC	45,99	54,02	18,07	8,27	16,80	
Diferença %	-3,37	-58,16	-30,60	+0,12	-44,80	

<sup>1</sup>Diferença percentual das variáveis avaliadas entre os substratos aumento (+) e redução (-)

MSFL – matéria seca de flor (g vaso<sup>-1</sup>); MSH – matéria seca de haste (g vaso<sup>-1</sup>); MST – matéria seca total (g vaso<sup>-1</sup>); F/F – relação folha/flor; F/H – relação folha/haste; AP – altura de planta (cm); NF – número de folhas; NHV – número de haste por vaso; DFL – diâmetro de inflorescência (cm) e NFL – número de inflorescências.

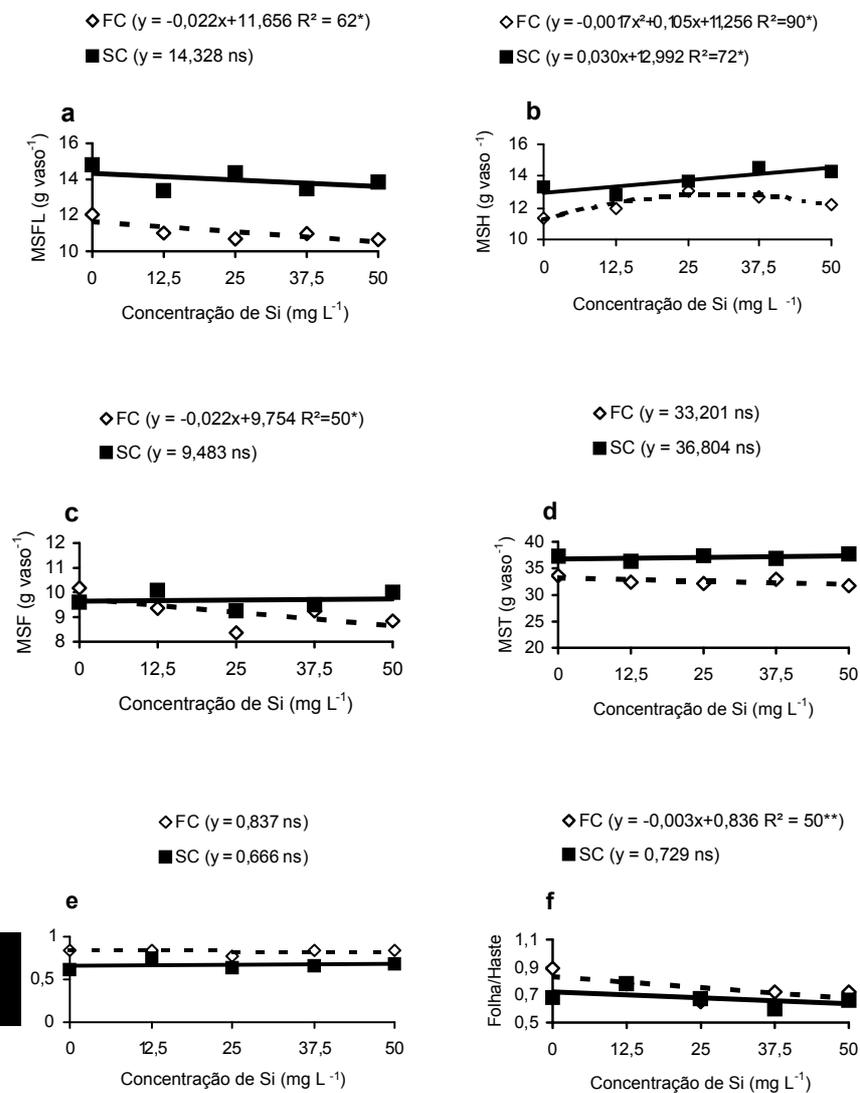
### 3.4 Crescimento (Experimento - diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação)

As variáveis de crescimento do crisântemo matéria seca de inflorescências (MSFL), matéria seca de haste (MSH), matéria seca de folha (MSF) e relação folha/haste (F/H) foram influenciadas significativamente pelas concentrações de silício na solução de fertirrigação. O tipo de substrato interferiu significativamente em todas as variáveis de crescimento avaliadas, exceto a matéria seca de folha (MSF). As interações entre as concentrações de Si

na solução de fertirrigação e os tipos de substratos foram significativas para matéria seca de folha (MSF) e relação folha/haste (F/H).

Somente a matéria seca de haste nas plantas cultivadas em substrato comercial foi significativa, sendo as demais variáveis não significativas com relação ao crescimento de plantas de crisântemo cultivadas no substrato comercial (Figura 9).

A matéria seca de inflorescências, a matéria seca de folha e a relação folha/haste de plantas cultivadas na fibra de coco apresentaram um efeito linear decrescente para as concentrações de silício na solução de fertirrigação. Em período mais quente do dia, as plantas de crisântemo cv. Puritan cultivadas no substrato fibra de coco aparentemente ficavam mais murchas que as cultivadas no substrato comercial, mesmo estes úmidos, devido ao fato da taxa de transpiração ser maior que a absorção de água do substrato pelas plantas. Esse fator de estresse sofrido pela planta desencadeou a sua necessidade de adquirir uma maior proteção física. Foi observada no presente experimento, uma redução na quantidade de folhas das plantas, o que se pode constatar pelos dados de matéria seca de folha e relação folha/haste, segundo Epstein (1999), a redução da perda de água por transpiração e conseqüente amenização dos efeitos do estresse sofrido se dá pela redução da quantidade de folhas na planta (Figura 9 c, f).

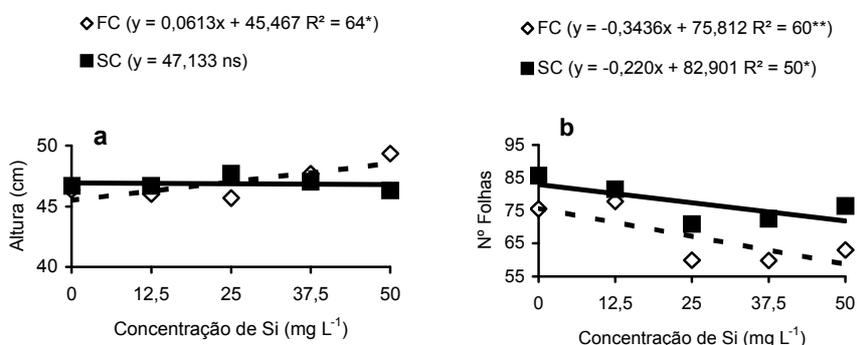


**FIGURA 9.** Efeito da concentração de silício na solução de fertirrigação no crescimento do crisântemo cv. Puritan cultivado em fibra de coco (FC) e substrato comercial (SC): (a) matéria seca de inflorescências (MSFL), (b) matéria seca de haste (MSH), (c) matéria seca de folha (MSF), (d) matéria seca total (MST), (e) relação folha/inflorescência e (f) relação folha/haste. UFLA, Lavras, MG, 2005.

### 3.5 Qualidade (Experimento - diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação)

Somente o número de folhas (NF) foi significativo para as concentrações de silício aplicadas na solução de fertirrigação. O tipo de substrato interferiu significativamente em todas as variáveis de crescimento avaliadas, exceto para a altura de planta (AP). A interação entre as concentrações de Si na solução de fertirrigação e os tipos de substratos foi significativa somente para a altura de planta (AP).

Para as plantas cultivadas no substrato comercial, as concentrações de silício na solução de fertirrigação influenciaram somente o número de folhas, tendo um efeito linear decrescente (Figura 10 b). Para as plantas cultivadas na fibra de coco, houve efeito linear crescente para a altura de planta e linear decrescente para o número de folhas (Figura 10 a, b).



**FIGURA 10.** Efeito da concentração de silício na solução de fertirrigação na qualidade do crisântemo cultivado em fibra de coco (FC) e substrato comercial (SC): (a) altura de planta (AP) e (b) número de folhas (NF). UFLA, Lavras, MG, 2005.

A redução do número de folhas em plantas que receberam adubação com silício é um mecanismo da planta para reduzir a sua taxa de transpiração.

Epstein (1999) relata que plantas adubadas com silício, devido à deposição e polimerização do silício sobre a parede celular, reduzem a transpiração e, com isso, aumenta a resistência das plantas a condições de estresse hídrico. A provável redução do estresse hídrico de plantas de crisântemo adubadas com silício promoveu aumento de qualidade das plantas cultivadas em fibra de coco, acima dos valores das variáveis de qualidade avaliadas nas plantas cultivadas no substrato comercial.

O número de folhas não influenciou no número de inflorescências formadas. Foi observado que, nos horários mais quentes, durante o dia, as plantas adubadas com as maiores concentrações de silício apresentavam-se menos murchas e também as hastes dos vasos apresentavam-se, nas concentrações mais altas de silício, mais eretas (Figura 11).



**FIGURA 11.** Vista frontal do crisântemo cv. Puritan que recebeu as concentrações de silício na solução de fertirrigação (0; 12,5; 25; 37,5 e 50 mg L<sup>-1</sup>) e cultivado nos substratos fibra de coco (A) e substrato comercial (B). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Segundo Korndörfer et al. (2005) e Ma et al. (2001), plantas acumuladoras de silício, apresentam maior eficiência fotossintética, devido ao fato das folhas permanecerem mais eretas, reduzindo o auto-sombreamento. Neste experimento, as plantas de crisântemo mantiveram a qualidade, mesmo com o número reduzido de folhas, confirmando o uso do Si proporcionando redução do auto-sombreamento e mantendo o sistema fotossintético eficiente.

Entretanto, plantas adubadas com concentrações elevadas de silício apresentavam-se com folhas quebradiças, devido à deposição do silício na parede celular. Portanto, a concentração de 37,5 mg L<sup>-1</sup> de silício na solução de fertirrigação proporcionou plantas de boa qualidade, ou seja, as folhas do crisântemo cv. Puritan ficaram levemente endurecidas, porém não quebradiças. Assim estimaram-se os valores das variáveis de crescimento e qualidade em função da concentração de silício para plantas cultivadas no substrato comercial e em fibra de coco (Tabela 17).

**TABELA 17.** Estimativa das variáveis de crescimento e de qualidade de crisântemo cultivado no substrato comercial (SC) e em fibra de coco (FC) correspondente às concentrações de silício que proporcionaram plantas de boa produção e melhor qualidade (37,5 mg L<sup>-1</sup>). UFLA, Lavras, MG, 2005.

Substratos	Variáveis de crescimento					
	MSFL	MSH	MSF	MST	F/F	F/H
FC	10,83	13,78	8,93	33,20	0,83	0,83
SC	14,32	14,12	9,48	36,80	0,66	0,72
Diferença % <sup>1</sup>	+24,37	+2,41	+5,80	+9,78	-25,76	-15,28
	Variáveis de qualidade					
	AP	NF	NHV	DFL	NFL	
FC	47,75	62,94	20,80	8,33	18,66	
SC	47,13	74,65	24,53	8,11	22,93	
Diferença %	-1,31	+15,68	+15,20	-2,71	+18,62	

<sup>1</sup>Diferença percentual das variáveis avaliadas entre os substratos aumento (+) e redução (-)

MSFL – matéria seca de flor (g vaso<sup>-1</sup>); MSH – matéria seca de haste (g vaso<sup>-1</sup>); MST – matéria seca total (g vaso<sup>-1</sup>); F/F – relação folha/flor; F/H – relação folha/haste; AP – altura de planta (cm); NF – número de folhas; NHV – número de haste por vaso; DFL – diâmetro de inflorescência (cm) e NFL – número de inflorescências.

Apesar da diferença entre os substratos demonstrar que a maioria das variáveis de crescimento e qualidade para crisântemos cultivados em substrato comercial ter sido superior em relação aos cultivados em fibra de coco, na relação folha/inflorescência e folha/haste verifica-se a redução de folhas nas plantas cultivadas em fibra de coco.

#### 4 CONCLUSÕES

##### **Experimento - diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação**

- Com base nos resultados do experimento com diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação, pode-se afirmar que o uso de 400 mg L<sup>-1</sup> de potássio na solução de fertirrigação proporcionou a maior produção nos substratos fibra de coco e substrato comercial.
- O substrato fibra de coco se destacou proporcionando plantas de melhor qualidade em relação ao substrato comercial.

##### **Experimento - diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação**

- Com os resultados apresentados pode-se afirmar que o uso de 37,5 mg L<sup>-1</sup> de silício na solução de fertirrigação proporcionou plantas de melhor qualidade nos substratos fibra de coco e substrato comercial.
- O substrato comercial se destacou, proporcionando plantas de melhor qualidade em relação ao substrato fibra de coco.

#### 5 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 247 p.

BRASIL DECRETO N° 2954. Aprova o regulamento da lei n° 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura e dá outras providências. **Normas jurídicas** (Texto Integral) – DEC 004954, 14 jan., 2004. 27p.

DAYANANDAM, P.; KAUFMAN, P. B.; FRAKIN, C. I. Detection of silica in plants. **American Journal Botany**, v. 70, p. 1079-1084, 1983.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p.641-664, 1999.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 182 p. (Curso de Pós-Graduação “Lato-Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente).

GONZÁLEZ, P.; BERTSCH, F. Absorción de nutrientes por el crisântemo (*Chrysanthemum morifolium*) var. ‘Super White’ durante su ciclo de vida en invernadero. **Agronomía Costarricense**, San Jose, v. 13, n. 1, p. 51-60, 1989.

GRUSZYNSKI, C. **Produção comercial de crisântemos**: vaso, corte e jardim. Guaíba: Agropecuária, 2001. 166 p.

KORNDÖRFER, G. H.; NOLLA, A.; OLIVEIRA, L. A. de. **Silício no solo e na planta**. 2 ed. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2005. 22 p. (Boletim técnico ; n. 3).

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plant. In: DATNOFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H.; SNYDER, G. (Ed.). **Silicon in agriculture**. New York: Elsevier science, 2001. p. 17-39.

MAINARDI, J. de C. C. T.; BELLÉ, R. A.; MAINARDI, L. Produção de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) ‘Snowdon’ em vaso II: ciclo da cultivar, comprimento, largura e área da folha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1709-1714, nov./dez. 2004.

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

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

MENEZES, J. F. S. **Produtividade e qualidade do crisântemo, em vaso, em resposta a doses de fósforo e de potássio.** 74 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** 5.ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849 p.

NOGUERA, P.; ABAD, M.; PUCHADES, R.; NOGUERA, V.; MAQUIEIRA, A.; MARTÍNEZ, J. Physical and chemical properties of coir waste and their relation to plant growth. **Acta Horticulturae**, v. 450, p.365-373, 1997.

ROUDE, N.; NELL, T. A.; BARRET, V. E. Nitrogen source and concentration growing medium and cultivar affect longevity of potted chrysanthemums. **HortScience**, Alexandria, v. 26, n. 1, p. 49-52, Feb. 1991.

SHIRASAKI, T. Problems of soil and fertilizer management in the production of high quality cut flowers. **Soil and Fertilizers**, Farham Royal, v. 56, n. 2, p. 273, Feb. 1993.

STRINGHETA, A. C. O.; CARNEIRO, T. F.; TOMBOLATO, A. F. C.; COUTINHO, L. N.; IMENES, S. de L.; BERGMAN, E. C. Crisântemo para flor de corte *Dendranthema grandiflora* (Ramat) Tzelev. In: TOMBOLATO, A. F. C. **Cultivo comercial de plantas ornamentais.** Campinas: Instituto Agronômico, 2004. p. 95-135.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O uso de 43 e 80 mg L<sup>-1</sup> de P na solução de fertirrigação proporcionou a máxima produção econômica nos substratos fibra de coco e substrato comercial, respectivamente.
- Os teores foliares dos nutrientes associados à máxima produção econômica nos substratos foram (macronutrientes, g kg<sup>-1</sup>): N=56,8; P=2,2; K=21,6; Ca=22,1; Mg=4,9; S=4,2; (micronutrientes, mg kg<sup>-1</sup>): B=51,7; Cu=8,8; Fe=372,2; Mn=600,0 e Zn=93,8 para plantas cultivadas na fibra de coco e (macronutrientes, g kg<sup>-1</sup>): N=52,3; P=1,4; K=17,1; Ca=23,5; Mg=5,9; S=3,6; (micronutrientes, mg kg<sup>-1</sup>): B=36,2; Cu=4,5; Fe=377,4; Mn=517,8 e Zn=45,2 para plantas cultivadas no substrato comercial.
- A exigência nutricional relacionada à máxima produção econômica nos substratos seguiu a seqüência em ambos os substratos: N>K>Ca>P>Mg>S>Mn>Fe>Zn>B>Cu.
- Plantas de crisântemo cv. Puritan cultivadas em fibra de coco podem reduzir em até 46,25% a concentração de P na solução de fertirrigação, e proporcionando plantas de boa qualidade.
- Com base nos resultados do experimento com diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação, pode-se afirmar que o uso de 400 mg L<sup>-1</sup> de potássio na solução de fertirrigação proporcionou a maior produção nos substratos fibra de coco e substrato comercial.
- O substrato fibra de coco se destacou proporcionando plantas de melhor qualidade em relação ao substrato comercial no experimento com diferentes concentrações de K na solução de fertirrigação.

- Com os resultados apresentados pode-se afirmar que o uso de 37,5 mg L<sup>-1</sup> de silício na solução de fertirrigação proporcionou plantas de melhor qualidade nos substratos fibra de coco e substrato comercial.
- O substrato comercial se destacou, proporcionando plantas de melhor qualidade em relação ao substrato fibra de coco, no experimento com diferentes concentrações de Si na solução de fertirrigação.

## ANEXOS

- TABELA 1A.** Resumos das análises de variância para as variáveis matéria seca de inflorescências (MSFL), matéria seca de haste (MSH) e matéria seca de folha (MSF), em g vaso<sup>-1</sup>, do experimento com diferentes concentrações de fósforo na solução de fertirrigação. 80
- TABELA 2A.** Resumos das análises de variância para as variáveis matéria seca total (MST), em g vaso<sup>-1</sup>, relação folha/inflorescências (F/F) e relação folha/haste (F/H) do experimento com diferentes concentrações de fósforo na solução de fertirrigação. 80
- TABELA 3A.** Resumos das análises de variância para as variáveis altura da planta (AP) em cm, número de folhas (NF) e número de haste por vaso (NHV) do experimento com diferentes concentrações de fósforo na solução de fertirrigação. 80
- TABELA 4A.** Resumos das análises de variância para as variáveis número de inflorescências (NFL) e diâmetro de inflorescências (DFL) em cm do experimento com diferentes concentrações de fósforo na solução de fertirrigação. 81
- TABELA 5A.** Resumos das análises de variância para as variáveis matéria seca de inflorescências (MSFL), matéria seca de haste (MSH) e matéria seca de folha (MSF), em g vaso<sup>-1</sup>, do experimento com diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação. 81
- TABELA 6A.** Resumos das análises de variância para as variáveis matéria seca total (MST), em g vaso<sup>-1</sup>, relação folha/inflorescências (F/F) e relação folha/haste (F/H) do experimento com diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação. 81
- TABELA 7A.** Resumos das análises de variância para as variáveis altura da planta (AP) em cm, número de folhas (NF) e número de haste por vaso (NHV) do experimento com diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação. 82
- TABELA 8A.** Resumos das análises de variância para as variáveis número de inflorescências (NFL) e diâmetro de inflorescências (DFL) em cm do experimento com diferentes concentrações de fósforo na solução de fertirrigação. 82
- TABELA 9A.** Resumos das análises de variância para as variáveis

matéria seca de inflorescências (MSFL), matéria seca de haste (MSH) e matéria seca de folha (MSF), em g vaso <sup>-1</sup> , do experimento com diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação.	82
<b>TABELA 10A.</b> Resumos das análises de variância para as variáveis matéria seca total (MST), em g vaso <sup>-1</sup> , relação folha/inflorescências (F/F) e relação folha/haste (F/H) do experimento com diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação.	83
<b>TABELA 11A.</b> Resumos das análises de variância para as variáveis altura da planta (AP) em cm, número de folhas (NF) e número de haste por vaso (NHV) do experimento com diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação.	83
<b>TABELA 12A.</b> Resumos das análises de variância para as variáveis número de inflorescências (NFL) e diâmetro de inflorescências (DFL) em cm do experimento com diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação.	83

**TABELA 1A.** Resumos das análises de variância para as variáveis matéria seca de inflorescências (MSFL), matéria seca de haste (MSH) e matéria seca de folha (MSF), em g vaso<sup>-1</sup>, do experimento com diferentes concentrações de fósforo na solução de fertirrigação.

Fontes de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios		
		MSFL	MSH	MSF
Concentração de P	4	12,044**	4,587**	1,675**
Substrato	1	53,365**	18,697**	1,483*
Conc. P x Substrato	4	1,423 <sup>ns</sup>	1,475 <sup>ns</sup>	1,277**
Resíduo	30	0,806	0,867	0,306
C.V. (%)		6,24	6,98	5,59

\*, \*\*, <sup>ns</sup> – Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**TABELA 2A.** Resumos das análises de variância para as variáveis matéria seca total (MST), em g vaso<sup>-1</sup>, relação folha/inflorescências (F/F) e relação folha/haste (F/H) do experimento com diferentes concentrações de fósforo na solução de fertirrigação.

Fontes de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios		
		MST	F/F	F/H
Concentração de P	4	39,929**	0,013**	0,005 <sup>ns</sup>
Substrato	1	165,067**	0,075**	0,023**
Conc. P x Substrato	4	8,174 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,008*
Resíduo	30	3,355	0,003	0,002
C.V. (%)		4,87	7,95	6,31

\*, \*\*, <sup>ns</sup> – Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**TABELA 3A.** Resumos das análises de variância para as variáveis altura da planta (AP) em cm, número de folhas (NF) e número de haste por vaso (NHV) do experimento com diferentes concentrações de fósforo na solução de fertirrigação.

Fontes de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios		
		AP	NF	NHV
Concentração de P	4	14,4872**	682,031**	3,2841 <sup>ns</sup>
Substrato	1	94,0648**	12,5776 <sup>ns</sup>	19,5860**
Conc. P x Substrato	4	3,6018 <sup>ns</sup>	159,8024*	14,0498**
Resíduo	30	1,9555	49,9163	2,4666
C.V. (%)		3,05	9,04	6,86

\*, \*\*, <sup>ns</sup> – Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**TABELA 4A.** Resumos das análises de variância para as variáveis número de inflorescências (NFL) e diâmetro de inflorescências (DFL) em cm do experimento com diferentes concentrações de fósforo na solução de fertirrigação.

Fontes de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios	
		NFL	DFL
Concentração de P	4	9,2831*	0,5598**
Substrato	1	45,4968**	2,2848**
Conc. P x Substrato	4	9,5118*	0,0789 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	2,9111	0,0653
C.V. (%)		8,02	3,24

\*, \*\*, <sup>ns</sup> – Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**TABELA 5A.** Resumos das análises de variância para as variáveis matéria seca de inflorescências (MSFL), matéria seca de haste (MSH) e matéria seca de folha (MSF), em g vaso<sup>-1</sup>, do experimento com diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação.

Fontes de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios		
		MSFL	MSH	MSF
Concentração de K	4	70,735**	45,134**	7,930**
Substrato	1	26,041**	19,329**	0,023 <sup>ns</sup>
Conc. K x Substrato	4	9,500**	3,186*	0,357 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	1,176	0,890	0,507
C.V. (%)		6,98	7,23	7,28

\*, \*\*, <sup>ns</sup> – Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**TABELA 6A.** Resumos das análises de variância para as variáveis matéria seca total (MST), em g vaso<sup>-1</sup>, relação folha/inflorescências (F/F) e relação folha/haste (F/H) do experimento com diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação.

Fontes de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios		
		MST	F/F	F/H
Concentração de K	4	315,927**	0,041**	0,042**
Substrato	1	93,192**	0,046**	0,066**
Conc. K x Substrato	4	28,152**	0,009*	0,004 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	5,001	0,003	0,002
C.V. (%)		5,83	9,17	6,18

\*, \*\*, <sup>ns</sup> – Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**TABELA 7A.** Resumos das análises de variância para as variáveis altura da planta (AP) em cm, número de folhas (NF) e número de haste por vaso (NHV) do experimento com diferentes concentrações de potássio na solução de fertirrigação.

Fontes de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios		
		AP	NF	NHV
Concentração de K	4	12,125*	402,537**	19,6**
Substrato	1	24,025*	75,213 <sup>ns</sup>	3,6 <sup>ns</sup>
Conc. K x Substrato	4	1,90 <sup>ns</sup>	55,712 <sup>ns</sup>	6,975 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	1,975	51,751	4,016
C.V. (%)		2,97	9,53	9,41

\*, \*\*, <sup>ns</sup> – Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**TABELA 8A.** Resumos das análises de variância para as variáveis número de inflorescências (NFL) e diâmetro de inflorescências (DFL) em cm do experimento com diferentes concentrações de fósforo na solução de fertirrigação.

Fontes de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios	
		NFL	DFL
Concentração de K	4	35,712**	0,463**
Substrato	1	0,025 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>
Conc. K x Substrato	4	15,712**	0,042 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	3,8416	0,01
C.V. (%)		9,67	3,96

\*, \*\*, <sup>ns</sup> – Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**TABELA 9A.** Resumos das análises de variância para as variáveis matéria seca de inflorescências (MSFL), matéria seca de haste (MSH) e matéria seca de folha (MSF), em g vaso<sup>-1</sup>, do experimento com diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação.

Fontes de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios		
		MSFL	MSH	MSF
Concentração de Si	4	2,176*	2,846*	1,226*
Substrato	1	83,111**	21,380**	0,300 <sup>ns</sup>
Conc. Si x Substrato	4	0,601 <sup>ns</sup>	0,889 <sup>ns</sup>	1,380*
Resíduo	30	0,648	0,826	0,468
C.V. (%)		6,43	6,99	7,37

\*, \*\*, <sup>ns</sup> – Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**TABELA 10A.** Resumos das análises de variância para as variáveis matéria seca total (MST), em g vaso<sup>-1</sup>, relação folha/inflorescências (F/F) e relação folha/haste (F/H) do experimento com diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação.

Fontes de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios		
		MST	F/F	F/H
Concentração de Si	4	1,230 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,031**
Substrato	1	204,191**	0,249**	0,520**
Conc. Si x Substrato	4	2,075 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,170**
Resíduo	30	3,158	0,002	0,030
C.V. (%)		5,10	7,02	7,78

\*, \*\*, <sup>ns</sup> – Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**TABELA 11A.** Resumos das análises de variância para as variáveis altura da planta (AP) em cm, número de folhas (NF) e número de haste por vaso (NHV) do experimento com diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação.

Fontes de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio		
		AP	NF	NHV
Concentração de Si	4	1,775 <sup>ns</sup>	429,786**	0,956 <sup>ns</sup>
Substrato	1	1,108 <sup>ns</sup>	1033,577**	471,625**
Conc. Si x Substrato	4	10,224*	29,693 <sup>ns</sup>	14,741 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	3,444	35,613	6,088
C.V. (%)		3,96	8,25	10,84

\*, \*\*, <sup>ns</sup> – Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**TABELA 12A.** Resumos das análises de variância para as variáveis número de inflorescências (NFL) e diâmetro de inflorescências (DFL) em cm do experimento com diferentes concentrações de silício na solução de fertirrigação.

Fontes de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios	
		NFL	DFL
Concentração de Si	4	5,486 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>
Substrato	1	418,156**	1,066**
Conc. Si x Substrato	4	10,958 <sup>ns</sup>	0,034 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	5,333	0,094
C.V. (%)		11,01	3,72

\*, \*\*, <sup>ns</sup> – Significativo a 1, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.