

Concentração de macronutrientes em crisântemo de vaso, cultivado sob diferentes relações $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$

José Geraldo Barbosa*, Moisés Alves Muniz, Hermínia Emília Prieto Martinez, Roberto de Aquino Leite, Antonio Américo Cardoso e Maurício Soares Barbosa

Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa. Av. P.H. Rolfs, 36.571-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: jgeraldo@ufv.br

RESUMO. Com o objetivo de avaliar a eficiência de diferentes relações $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre o desenvolvimento e composição mineral de plantas de crisântemo, foi conduzido experimento em casa-de-vegetação. Utilizaram-se 5 plantas por vaso preenchido com $0,75\text{dm}^3$ de substrato (solo: areia: casca de café: esterco, na proporção volumétrica 2:0,5:1:1). Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados em esquema fatorial (5×5), com 3 repetições, sendo constituídos de 5 variedades (Puritan, Indianápolis, Coral Charm, Festival Time, Fine Time) e cinco relações $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (100/0, 75/25; 50/50; 25/75, 0/100), totalizando 75 vasos. As diferentes relações $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ afetaram o acúmulo de matéria seca de parte aérea. Houve tolerância diferenciada entre variedades ao NH_4^+ na solução de fertirrigação, sendo a variedade Fine Time a mais sensível, tolerando apenas 25% do N-total na forma de NH_4^+ . Quando se utilizou a relação 50/50, as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S foram satisfatórias para o pleno desenvolvimento das plantas.

Palavras-chaves: crisântemo de vaso, relações $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, concentrações de nutrientes.

ABSTRACT. Concentration of macronutrients in potted chrysanthemum, cultivated under different $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ ratios. In order to study the effects of different ratios of $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ on the development and mineral composition of chrysanthemum plants, an experiment was carried out in a greenhouse. Five plants in each vase containing 0.75 dm^3 of substrate (soil: sand: coffee bean skin: manure at volumetric proportion of 2:0.5:1:1) were used. The treatments were arranged in complete randomized blocks in a factorial scheme (5×5) with three replications. There were five varieties (Puritan, Indianápolis, Coral Charm, Festival Time, Fine Time) and five ratios of $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (100/0, 75/25; 50/50; 25/75, 0/100) totalizing 75 vases. The ratios $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ affected the dry weight accumulation in the aerial portion of the plants. There were differences among the varieties regarding the tolerance to presence of NH_4^+ in the irrigation solution. The *Fine Time* was the most sensitive, supporting only 25% of NH_4^+ in the solution. When 50/50 ratio was used the concentrations of N, P, K, Ca, Mg and S were adequate for the development of the plants.

Key words: potted chrysanthemum, ratios of $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, concentration of nutrients.

Introdução

Práticas culturais empregadas na produção de crisântemo de alta qualidade são bem conhecidas. Entretanto, pouco se sabe sobre como os fatores pré-colheita interferem na qualidade pós-produção de plantas de crisântemo, dentre eles a nutrição mineral, principalmente com relação ao nitrogênio.

O nitrogênio é o principal constituinte de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos, biomoléculas essenciais para o crescimento vegetal, sendo absorvido pelas plantas sob as formas nítrica (NO_3^-) e amoniacal (NH_4^+). De forma geral, as

plantas são hábeis em absorver NO_3^- . Todavia, a forma NH_4^+ seria a mais desejável, pois poderia ser utilizada diretamente na síntese de aminas e aminoácidos, proporcionando uma economia de energia para a planta (Sandoval *et al.*, 1995). Por outro lado, o fornecimento de NH_4^+ como única fonte de N pode ser prejudicial às plantas, causando redução no acúmulo de matéria seca (Barber e Pierzynsky, 1993). É bem conhecida a importância da fertilização com nitrogênio para a produção de crisântemos com qualidade, sendo, porém, pouco elucidado como a relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ interfere no

seu crescimento e desenvolvimento.

O nitrato é a fonte nitrogenada predominante na maioria dos solos sob intenso cultivo. No entanto, estudos detalhados sobre sua absorção são relativamente recentes. Segundo Taiz e Zeiger (2003), o processo de absorção do NO_3^- é feito através da plasmalema por uma proteína, denominada transportador tipo simporte. Nesse transportador, o íon e prótons H^+ são transportados simultaneamente, movendo-se contra um gradiente eletroquímico, enquanto a absorção de amônio, é geralmente menos dependente de energia.

Muitas espécies de plantas supridas apenas com amônio como fonte de nitrogênio não crescem tão bem como quando supridas com semelhante quantidade de nitrogênio na forma de nitrato. A rápida assimilação de amônio pode afetar seriamente o crescimento, a menos que a planta tenha um elevado suprimento de carboidrato (Marschner, 1995).

De acordo com Nelson (1971), o crisântemo é uma planta mediantemente sensível ao suprimento contínuo apenas de amônio como fonte de nitrogênio. Roude et al. (1991) constataram que o número de dias para florescimento, altura de planta e conteúdo de clorofila em crisântemo foram influenciados pela relação $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$, enquanto o diâmetro da flor não foi influenciado. Houve uma correlação positiva entre a relação $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ e longevidade das inflorescências, na qual a relação 0:1,0 proporcionou a maior longevidade para o cv. Iridon. King et al. (1995), estudando a adubação nitrogenada em três variedades de crisântemo para corte, em solução nutritiva, encontraram igual remoção de NH_4^+ e NO_3^- , indicando que não ocorre, uma preferencial absorção entre as formas de N em crisântemo em qualquer estágio de desenvolvimento.

Pelo exposto, é necessário otimizar a relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ a fim de maximizar a produtividade da cultura em substrato. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes relações $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre a produção de matéria seca e composição mineral de variedades de crisântemo.

Material e métodos

Utilizaram-se as variedades de crisântemo Puritan, Coral Charm, Indianápolis, Fine Time e Festival Time, todas de vaso, com inflorescências do tipo decorativas e amplamente comercializadas no mercado interno. As variedades Indianápolis e Fine Time têm inflorescências amarelas, enquanto Puritan, Coral Charm e Festival Time têm inflorescências de coloração branca, púrpura e rósea, respectivamente.

Foi utilizada a mistura de solo: areia: esterco: casca de café na proporção de 2:0,5:1:1, com base no volume, com densidade aparente de $0,68 \text{ g/cm}^3$. Todos os componentes foram passados em peneira de 4 mm e analisados quanto as suas características químicas, conforme análise de rotina para solos, uma vez que, no Brasil, os laboratórios não utilizam metodologias específicas para substratos (Tabela 1).

As mudas foram plantadas em vasos plásticos de $0,9 \text{ dm}^3$, preenchidos com $0,75 \text{ dm}^3$ do substrato, tendo cada vaso recebido 5 mudas. Procedeu-se à fertirrigação semanal, sendo aplicado 60 mL/vaso da solução nutritiva proposta por Barbosa (2003). A partir da concentração total de N, os teores de NO_3^- e NH_4^+ foram modificados de modo a serem obtidas relações molares $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ demonstradas na Tabela 2. Os micronutrientes B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo foram fornecidos na concentração de 30, 5, 50, 40, 2 e $0,1 \text{ } \mu\text{mol/L}$, respectivamente.

As plantas foram mantidas sob dia longo por 17 dias, pela interrupção do período noturno (22h às 2h), utilizando-se lâmpadas incandescentes de 100W, instaladas a 1 m de altura. No 18º dia procedeu-se à poda. Simultaneamente, iniciou-se o fornecimento do período de dias curtos, cobrindo-se as plantas com lona de polietileno preta, das 17h às 8h.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial (5×5), utilizando-se cinco variedades: Puritan, Indianápolis, Coral Charm, Festival Time, Fine Time e cinco relações $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (100/0; 75/25; 50/50; 25/75, 0/100), com três repetições (Tabela 2). Cada unidade experimental foi constituída por um vaso com cinco plantas.

Tabela 1. Características químicas dos componentes solo, esterco, casca de café e substrato.

Amostra	pH 1:2,5	P	K	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	SB	(t)	(T)	m
	(H_2O)	----- mg/dm^3 -----				----- cmolc/dm^3 -----				%
Solo	5,98	34,4	59	4,79	2,00	0,00	6,94	6,94	9,34	0,0
Esterco	8,02	837,5	2640	2,32	3,61	0,00	12,68	12,68	12,68	0,0
Casca	5,5	0,08	0,30	0,10	0,05					
Substrato	6,60	580,5	490	3,94	3,14	0,00	8,33	8,57	10,93	0,0

Análises realizadas no Laboratório de Rotina de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos – UFV.

Tabela 2. Composição das soluções nutritivas com as diferentes relações $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, utilizadas no experimento.

Macronutrientes (mmol/L)	Relações $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$				
	100/0	75/25	50/50	25/75	0/100
N- NO_3^-	14,40	10,8	7,20	3,60	0
N- NH_4^+	0	3,60	7,20	10,80	14,40
P- H_2PO_4^-	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
K ⁺	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Ca ²⁺	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Mg ²⁺	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
S- SO_4^{2-}	0,50	0,50	3,00	5,00	9,00

Aos 80 dias, quando as plantas atingiram o ponto de comercialização (2/3 das inflorescências semi-abertas), foram determinadas a matéria seca da parte aérea e as concentrações de NH_4^+ , NO_3^- , N total, P, K, Ca, Mg e S. Para determinação da matéria seca, as plantas foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a 70°C, por 72 horas, sendo então pesadas. Para a determinação das concentrações dos nutrientes, coletaram-se a 5ª, 6ª e 7ª folhas a partir do coleto da planta. As folhas foram secas em estufa, moídas e digeridas com mistura nítrico-perclórica. No extrato obtido, foi feita a determinação dos teores totais de fósforo após redução do fosfomolibdato, modificado por Braga e Defelipo (1974), potássio por fotometria de emissão de chama e cálcio e magnésio por espectrometria de absorção atômica. As determinações de N-orgânico foram feitas pelo método Nessler (Jackson, 1958) e os teores de nitrato, segundo Cataldo *et al.* (1975). O teor de N-total foi obtido pela soma das duas frações.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão, sendo testados os efeitos linear, quadrático e cúbico do modelo polinomial, $Y = a + bx + b_1x^2 + b_2x^3$ e a raiz quadrada do modelo polinomial, ou seja, $Y = a + bx^{0,5} + bx + b_1x^{1,5}$.

Resultados e discussão

Matéria Seca de Parte Aérea

Os valores médios obtidos para as variedades nas diferentes relações podem ser visualizados na Tabela 3, sendo que para a variedade Coral Charm houve maior acúmulo de matéria seca de parte aérea em todas as relações estudadas, exceto na relação 25/75, na qual as variedades Coral Charm e Puritan apresentaram maiores valores, não diferindo estatisticamente entre si.

A produção de matéria seca de parte aérea das variedades, em função do aumento da proporção de amônio na solução nutritiva, ajustou-se ao modelo quadrático para todas as variedades, exceto Puritan, que melhor se ajustou ao modelo cúbico. A produção máxima de matéria seca da parte aérea foi estimada com a relação 22/78, 55/45, 43/57, 82/18 e 46/54, para Puritan, Coral Charm, Indianápolis, Fine Time e Festival Time, respectivamente (Figura 1).

Quando se aplicou 100% de NH_4^+ , ocorreu uma

redução de 18,2%, 10%, 15,16%, 21,04% e 4,13% na produção de matéria seca, calculada em relação à máxima produção estimada, para as variedades Puritan, Coral Charm, Indianápolis, Fine Time e Festival Time, respectivamente, enquanto com 100% de NO_3^- essa redução foi de 21,06%, 8%, 27,75%, 12,80%, 13,45%, respectivamente.

Tabela 3. Valores Médios para matéria seca da parte aérea (MSPA), nitrogênio amoniacal (N- amoniacal), Nitrato (NO_3^-), Nitrogênio Total (N-Total) e Fósforo (P), das variedades Puritan, Coral Charm, Indianápolis, Fine Time e Festival Time, nas diferentes relações $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$.

Variedades	$\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$	MSPA	N- amoniacal	NO_3^-	N-Total	P
Puritan	100/0	10,26ab	2,53a	0,23b	2,76a	0,64a
Coral	100/0	12,02a	2,63a	0,12b	2,75a	0,68a
Indianápolis	100/0	7,24c	2,19a	0,07b	2,26a	0,61a
Fine	100/0	9,20bc	2,23a	0,16b	2,39a	0,65a
Festival	100/0	10,38ab	2,51a	0,56a	3,07a	0,67a
Puritan	75/25	10,79ab	2,60a	0,22ab	2,82a	0,68a
Coral	75/25	12,62a	2,83a	0,13ab	2,96a	0,67a
Indianápolis	75/25	9,15b	2,22a	0,08b	2,30a	0,61a
Fine	75/25	10,73ab	2,74a	0,11b	2,85a	0,80a
Festival	75/25	11,04ab	2,90a	0,32a	3,22a	0,73a
Puritan	50/50	11,30b	2,79a	0,17a	2,96a	0,75a
Coral	50/50	13,41a	2,87a	0,14a	3,01a	0,70a
Indianápolis	50/50	10,09b	2,25a	0,09a	2,35a	0,61a
Fine	50/50	9,81b	2,74a	0,11a	2,85a	0,80a
Festival	50/50	11,74ab	2,91a	0,29a	3,19a	0,79a
Puritan	25/75	12,81a	2,81a	0,15a	2,96a	0,87a
Coral	25/75	12,04a	2,89a	0,11a	3,06a	0,97a
Indianápolis	25/75	9,61bc	2,25a	0,08a	2,32a	0,65a
Fine	25/75	9,03c	2,74a	0,10a	2,84a	0,90a
Festival	25/75	11,61ab	2,94a	0,20a	3,14a	0,80a
Puritan	0/100	9,82abc	3,11a	0,12a	3,23a	0,77ab
Coral	0/100	11,81a	3,08a	0,12a	3,28a	1,08a
Indianápolis	0/100	8,50bc	2,50a	0,05a	3,28a	0,69b
Fine	0/100	8,33c	2,74a	0,11a	2,84a	0,72ab
Festival	0/100	10,57ab	3,20a	0,09a	3,29a	0,80ab

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

1 – Puritan

$$\hat{Y} = 100,904 - 0,5374\text{DO} + 0,02825\text{DO}^2 - 0,00023\text{DO}^3 \quad R^2 = 0,88$$

2 - Indianápolis

$$\hat{Y} = 100,225 + 1,3427\text{DO} - 0,0117\text{DO}^2 \quad R^2 = 0,99$$

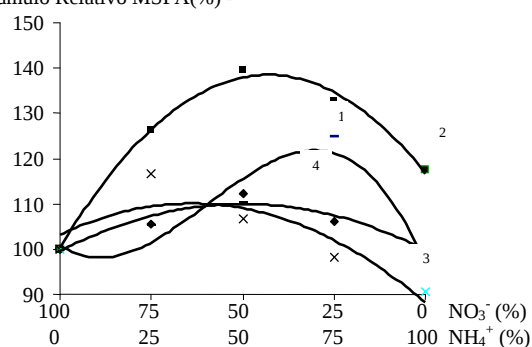
3 - Fine Time

$$\hat{Y} = 103,16 + 0,386\text{DO} - 0,00536\text{DO}^2 \quad R^2 = 0,77$$

4 - Demais Variedades

$$\hat{Y} = 99,541 + 0,4159\text{DO} - 0,00414\text{DO}^2 \quad R^2 = 0,89$$

Acúmulo Relativo MSPA(%) -

**Figura 1.** Produção de matéria seca de parte aérea de 5 variedades de crisântemo, em função de diferentes relações proporções de nitrato/amônio.

Concentração de Nutrientes

Nitrogênio

– Nitrogênio amoniacal

Não houve diferença entre as variedades para concentração de nitrogênio amoniacal em nenhuma das relações estudadas (Tabela 3).

As diferentes relações $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ afetaram a concentração de nitrogênio amoniacal, que aumentou linearmente em função do aumento de amônio nas relações $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (Figura 2).

1 - Indianápolis

$$\hat{Y} = 98,39 + 0,1162\text{DO} \quad R^2 = 0,67$$

2 - Demais Variedades

$$\hat{Y} = 103,26 + 0,1925\text{DO} \quad R^2 = 0,86$$

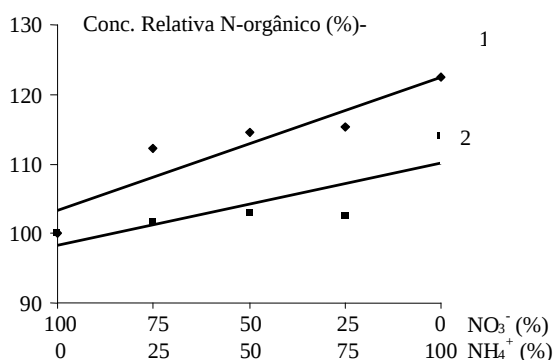


Figura 2. Concentração de N-orgânico em folhas de 5 variedades de crisântemo, em função de diferentes relações nitrato/amônio.

Conforme Jackson e Volk (1995), a absorção do amônio é realizada rapidamente, e o nitrogênio é armazenado principalmente em formas orgânicas, que fazem parte do N estrutural, proteínas solúveis, aminoácidos e amidas. Lasa et al. (2001) também observaram que plantas submetidas a 100% do nitrogênio na forma de amônio apresentaram maior teor de N-orgânico.

– Nitrato

Para as relações 100/0 e 75/25, observou-se maior concentração de NO_3^- na variedade Festival Time, seguidas das variedades Puritan e Coral (Tabela 3). De acordo com Marschner (1995), a maior absorção de nitrato se deve ao fato de a célula ser mais apta a absorver o amônio do que o nitrato, já que a absorção do nitrato ocorre contra um gradiente eletroquímico e pela presença de íons OH^- que reduzem a absorção de NO_3^- , uma vez que são mais competitivos que o NO_3^- .

Houve redução linear nos teores de NO_3^- em todas as variedades, com o aumento da concentração de NH_4^+ , conforme mostra a Figura 3.

– Nitrogênio total

Não houve diferença entre as variedades para concentração de nitrogênio total em nenhuma

das relações estudadas, mostrando um comportamento semelhante ao observado quanto ao nitrogênio amoniacal (Tabela 3).

A concentração máxima estimada de N-total ocorreu nas relações 45/55, 63/37 e 68/32 para Indianápolis, Festival Time e demais variedades, equivalendo a uma concentração na folha de 2,45 e 3,2 e 3,16 dag/Kg de N, respectivamente (Figura 4).

As concentrações de N foram maiores nos tratamentos com 100% de amônio, embora o maior peso de matéria seca tenha sido obtido com o valor médio estimado de 49% de amônio, o que corresponde ao valor médio de 2,88 dag/Kg de N. De modo geral, a relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ 50/50 proporcionou o maior acúmulo de matéria seca e maior eficiência na utilização de N.

Todas Variedades

$$\hat{Y} = 99,79 - 0,3506\text{DO} \quad R^2 = 0,91$$

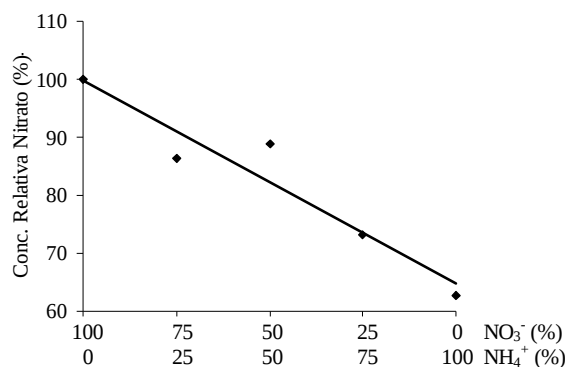


Figura 3. Concentração de nitrato em folhas de 5 variedades de crisântemo, em função de diferentes relações nitrato/amônio.

1 - Indianápolis

$$\hat{Y} = 103,56 - 0,5255\text{DO} + 0,0089\text{DO}^2 \quad R^2 = 0,85$$

2 - Demais Variedades

$$\hat{Y} = 102,19 + 0,1305\text{DO} \quad R^2 = 0,84$$

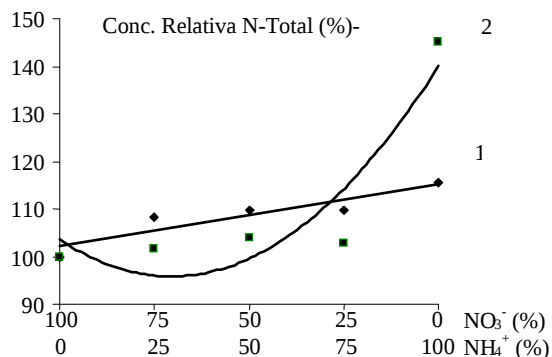


Figura 4. Concentração de nitrogênio total em folhas de 5 variedades de crisântemo, em função de diferentes relações nitrato/amônio.

Fósforo

Quando se utilizou a relação 0/100, a variedade Coral apresentou maior concentração de fósforo em relação à variedade Indianápolis, não diferindo das demais. Para as outras relações, não houve diferença entre as variedades (Tabela 3).

A concentração máxima para as variedades Coral Charm e Fine Time foi estimada nas relações 8/92 e 67/33, equivalendo a um teor de 0,67 e 0,83 dag/Kg de P. Quanto à variedade Puritan, o valor foi de 0,87 e ocorreu na relação 25/75. Para as demais variedades, o valor foi 0,75 dag/Kg de P e ocorreu na relação 0/100, conforme a Figura 5. Os teores de P encontrados estão acima dos obtidos por Lima (1987) e Barbosa *et al.* (2000), que encontraram valores da ordem de 0,24% e 0,28%, respectivamente. Ambos trabalharam com variedades de corte em hidroponia. Salsac *et al.* (1987), constataram que, uma característica da nutrição amoniacal é o aumento no conteúdo de fosfato inorgânico nos tecidos das plantas. Também pode ter ocorrido um consumo de luxo de P pelas plantas de crisântemo, uma vez que o nível de P no substrato era alto, o que justificaria, ao menos em parte, os resultados encontrados.

Todas Variedades

$$\hat{Y} = 99,87 + 0,3105 \text{ DO} \quad R^2 = 0,92$$

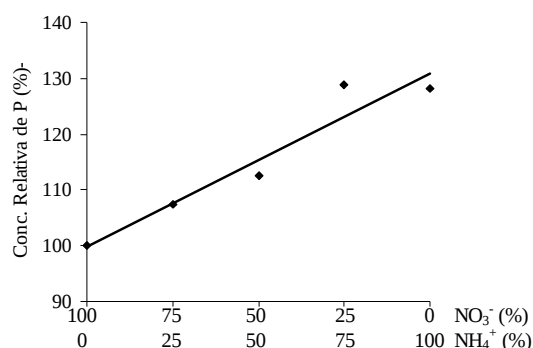


Figura 5. Concentração de fósforo em folhas de 5 variedades de crisântemo, em função de diferentes relações nitrato/amônio.

Potássio

Na relação 50/50, obteve-se a maior concentração de potássio para a variedade, a qual não difeiu das variedade Fine Time, Coral e Indianápolis (Tabela 4). Para Marschner (1995), a queda na absorção de potássio se deve ao fato do íon NH_4^+ ser mais competitivo do que o íon K^+ . Os valores encontrados estão acima dos observados por aquele autor, mas abaixo do encontrado por Barbosa *et al.* (2000), que foi de 7,20%, embora se situando dentro da faixa de 3,50% a 6%, recomendada pela literatura.

Tabela 4. Concentrações médias obtidas no tecido foliar para Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), das variedades Puritan, Coral Charm, Indianápolis, Fine Time e Festival Time, nas diferentes relações $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$.

Variedades	$\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$	K	Ca	Mg	S
Puritan	100/0	6,22a	0,41ab	0,69a	0,67a
Coral	100/0	5,30a	0,38b	0,82a	0,77a
Indianápolis	100/0	6,23a	0,45ab	0,78a	0,72a
Fine	100/0	6,01a	0,57a	0,56a	0,94a
Festival	100/0	5,19a	0,49ab	0,83a	0,63a
Puritan	75/25	6,34a	0,46a	0,64a	0,72a
Coral	75/25	5,38a	0,41a	0,75a	0,79a
Indianápolis	75/25	5,90a	0,43a	0,73a	0,86a
Fine	75/25	5,89a	0,57a	0,56a	1,15a
Festival	75/25	4,73a	0,46a	0,82a	1,07a
Puritan	50/50	6,28a	0,45ab	0,60a	0,92a
Coral	50/50	5,14ab	0,35b	0,60a	0,91a
Indianápolis	50/50	5,70ab	0,43ab	0,63a	0,98a
Fine	50/50	5,61ab	0,52a	0,52a	1,15a
Festival	50/50	4,54b	0,39ab	0,80a	1,49a
Puritan	25/75	6,00a	0,47ab	0,58a	0,93a
Coral	25/75	4,90a	0,41ab	0,59a	1,11a
Indianápolis	25/75	5,48a	0,36b	0,75a	0,95a
Fine	25/75	5,54a	0,53a	0,58a	1,39a
Festival	25/75	4,48a	0,42ab	0,66a	1,23a
Puritan	0/100	5,93a	0,40ab	0,54a	0,98a
Coral	0/100	4,32a	0,41ab	0,52a	1,13a
Indianápolis	0/100	5,36a	0,42ab	0,7a	1,23a
Fine	0/100	5,32a	0,56a	0,56a	1,23a
Festival	0/100	4,36a	0,34bc	0,66a	1,52a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

Houve redução na concentração de potássio para todas as variedades quando se aumentou a proporção de NH_4^+ na solução de fertirrigação (Figura 6).

Todas Variedades

$$\hat{Y} = 100,25 - 0,1166 \text{ DO} \quad R^2 = 0,99$$

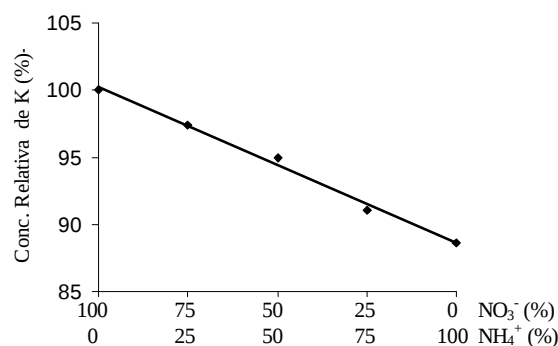


Figura 6. Concentração de potássio em folhas de 5 variedades de crisântemo, em função de diferentes relações nitrato/amônio.

Cálcio

Não se observou um comportamento consistente das variedades quanto à concentração de Cálcio, ficando os valores entre 0,34 e 0,57 para as diversas relações estudadas (Tabela 4).

De modo geral, com o aumento da proporção de NH_4^+ na solução houve uma tendência de queda na concentração de Ca para as variedades Fine Time e Festival Time, e com menor magnitude para Puritan, Indianápolis e Coral Charm (Figura 7). Esses resultados concordam com os observados por Pacheco (1997) e Marschner (1995), ou seja, redução na concentração desse elemento quando se comparam plantas em substrato suprido com amônio com aquelas supridas com nitrato.

Lima (1987) encontrou concentrações de Ca em folhas de crisântemo com sintomas de deficiência abaixo de 0,46%. Comparando os resultados encontrados com o nível de carência, observa-se que as variedades Puritan, Coral Charm, Indianápolis e Festival Time apresentaram em todos os tratamentos valores abaixo do nível de carência. Sintomas de deficiência de Ca foram observados em algumas plantas das variedades Puritan, Coral Charm, no início do ciclo. Com o decorrer do mesmo, esse sintoma desapareceu.

- 1 - Demais Variedades
 $\hat{Y} = 99,99 - 0,0132 \text{ DO}$ $R^2 = 0,95$
 2 - Festival Time
 $\hat{Y} = 99,89 - 0,2843 \text{ DO}$ $R^2 = 0,86$

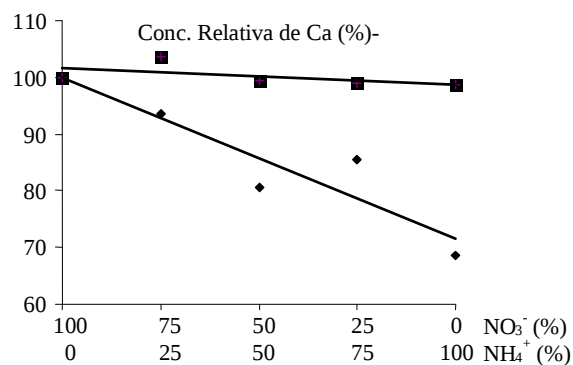


Figura 7. Concentração de cálcio em folhas de 5 variedades de crisântemo, em função de diferentes relações nitrato/amônio.

Magnésio

Os valores médios encontrados nas variedades variaram de 0,52 a 0,82 e não diferiram para as várias relações nitrato/amônio, como pode ser visualizado na Tabela 4 e estão acima dos encontrados por Lima (1987) e Barbosa (2000), que foram da ordem de 0,45% e 0,20%, respectivamente. A tendência de queda observada para Mg ocorre possivelmente devido à depreciação de sua taxa de absorção por outros cátions, tais como o K^+ , NH_4^+ e Ca^{2+} , já que,

segundo Marschner (1995), a deficiência de magnésio induzida por cátions competitivos é um fenômeno relativamente frequente.

As variedades Puritan, Coral Charm e Festival Time tiveram uma queda na concentração de Mg com o aumento da proporção de amônio na solução de fertirrigação, enquanto Indianápolis e Fine Time não demonstraram nenhuma tendência de redução ou aumento na concentração de Mg no tecido foliar (Figura 8).

- 1 - Indianápolis :
 $\hat{Y} = 95,61 - 0,067 \text{ DO}$ $R^2 = 0,99$
 2 - Coral Charm:
 $\hat{Y} = 98,58 - 0,3682 \text{ DO}$ $R^2 = 0,93$
 3 - Demais Variedades:
 $\hat{Y} = 101,03 - 0,2281 \text{ DO}$ $R^2 = 0,80$
 4 - Fine Time:
 $\hat{Y} = 99,54 + 0,1712 \text{ DO}$ $R^2 = 0,93$

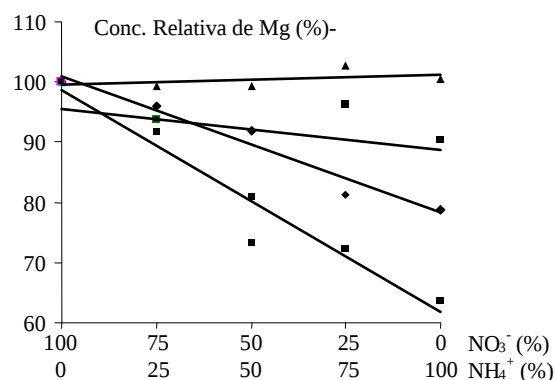


Figura 8. Concentração de magnésio em folhas de 5 variedades de crisântemo em função de diferentes relações nitrato/amônio.

Enxofre

Não houve diferença entre os valores médios obtidos, os quais variaram de 0,63 a 1,53 para as diferentes relações nitrato/amônio (Tabela 4).

Houve uma resposta quadrática para a variedade Indianápolis e linear para as demais com o aumento da proporção de NH_4^+ na solução de fertirrigação (Figura 9).

Comparando com o nível crítico para deficiência encontrado por Lima (1987), 0,10%, os valores presentes estão cerca de 9 a 15 vezes maiores. Apesar dos altos níveis de S nas folhas, não se verificou nenhum efeito adverso no crescimento da planta. Altas concentrações de enxofre, conforme Caldeira, (1988) podem ser devidas às altas concentrações de SO_4^{2-} nas soluções de fertirrigação. Salsac *et al.* (1987) sugerem que plantas supridas com NH_4^+ são caracterizadas por baixo conteúdo de ânions orgânicos, nos quais a absorção e acumulação de

fosfato e sulfato e cátions inorgânicos nunca compensam o déficit da síntese de ânions orgânicos.

1 - Demais Variedades

$$\hat{Y} = 101,093 + 0,4626\text{DO} \quad R^2 = 0,92$$

2 - Indianápolis

$$\hat{Y} = 100,69 + 0,623\text{DO} \quad R^2 = 0,87$$

3 - Festival Time

$$\hat{Y} = 104,78 + 2,9726\text{DO} - 0,0175\text{DO}^2 \quad R^2 = 0,85$$

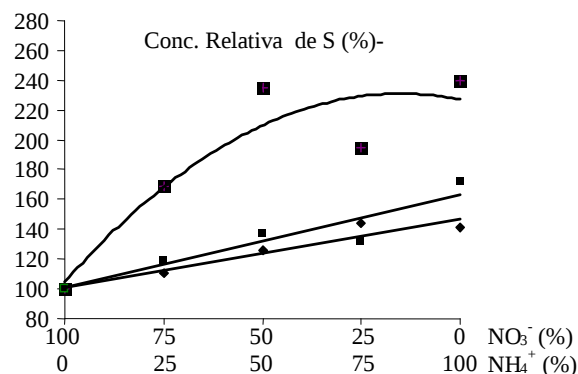


Figura 9. Concentração de enxofre em folhas de 5 variedades de crisântemo em função de diferentes relações nitrato/amônio.

Conclusão

Houve adequada concentração de N, P, K, Ca, Mg e S para o pleno desenvolvimento das plantas de crisântemo quando a relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ era 50/50.

Observou-se tolerância diferenciada entre as variedades para NH_4^+ na solução de fertirrigação, sendo a variedade Fine Time a mais sensível, tolerando apenas 25% do N-total na forma de NH_4^+ . A variedade Puritan foi mais tolerante, apresentando bom desenvolvimento quando cultivada com 75% do N-total na forma de NH_4^+ , enquanto Indianápolis, Coral Charm e Festival Time mostraram tolerância mediana, com bom desenvolvimento com até 50% do N-total na forma de NH_4^+ .

Referências

- BARBER, K.L.; PIERZYNSKY, G.M. Ammonium and nitrate source. Effects on field crops. *J. Fert. Issues.*, Manchester, v. 8, p. 57-62, 1993.
- BARBOSA, J.G. *Crisântemos: Produção de mudas, cultivo para corte de flor, cultivo em vaso e cultivo hidropônico*. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003.
- BARBOSA, J.G. *et al.* Chrysanthemum cultivation in expanded clay. I. Effect of the nitrogen-phosphorus-potassium ratio in the nutrient solution. *J. Plant Nutr.*, Athens, v. 23, n. 9, p. 1327-1336, 2000.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solo e material vegetal. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 21, p. 73-85, 1974.

CALDEIRA, M.T.M. *Interação metabólica do nitrogênio e do enxofre em plantas de Eucalyptus grandis W. Hill Ex Maiden*. 1988. Tese (Mestrado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

CATALDO, D.A. *et al.* Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrification of salicylic acid. *Comm. Sci. Plant Anal.*, New York, v. 6, p. 71-81, 1975.

JACKSON, M.L. Nitrogen determination for soil and plant tissue. In: JACKSON, M.L. (Ed.) *Soil Chemical Analysis*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1958. p. 183-204.

JACKSON, W.A.; VOLK, R.J. Attributes of the nitrogen uptake system of maize *Zea mays* L.: maximal suppression by exposure to both nitrate and ammonium. *New Phytol.*, London, v. 130, p. 327-335, 1995.

JOINER, J.N.; SMITH, T.C. Effects of nitrogen and potassium levels on the growth, flowering responses and foliar composition of chrysanthemum morifolium "Bluechip". *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, New York, v. 80, p. 571-580, 1962.

KING, J.J. *et al.* Ammonium and nitrate uptake throughout development in *Dendranthema grandiflorum*. *Hortscience*, Alexandria, v. 30, n. 3, p. 499-503, 1995.

LASA, B. *et al.* The sensitivity to ammonium nutrition is related to nitrogen accumulation. *Sci. Hortic.*, Amsterdam, v. 91, p. 143-152, 2001.

LIMA, A.M.L.P. *Absorção de nutrientes e deficiência de macronutrientes e boro no crisântemo (Chrysanthemum morifolium Ramat) cultivar Golden Polaris*. 1987. Tese (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

MARSCHNER, H. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2. ed. New York: Academic Press, 1995.

NELSON, P.V. Ammonium toxicity in chrysanthemum: critical level and symptoms. *Comm. Soil Sci. Plant. Anal.*, New York, v. 2, n. 6, p. 439-448, 1971.

PACHECO, R.G. *Crescimento de mudas de pupunha em resposta à calagem e às relações cálcio/magnésio do solo e em resposta às relações nitrato/amônio e alumínio em soluções nutritivas*. 1997. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

ROUDE, N. *et al.* Longevity of potted chrysanthemum at nitrogen and potassium concentration and $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios. *Hortscience*, Alexandria, v. 26, n. 2, p. 163-165, 1991.

SALSAC, L. *et al.* Nitrate and ammonium nutrition in plants. *Plant Physiol. Biochem.*, Montrouge, v. 25, p. 805-812, 1987.

SANDOVAL, V.M. *et al.* Use of ammonium in nutrient solutions. *J. Plant Nutr.*, Athens, v. 18, p.

1449-1457, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. Trad. Eliane Romanato Santarém (*et al.*). 3. ed. Porto Alegre: Artemed. 2003.

Received on February 22, 2005.

Accepted on September 22, 2005.