

ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES EM PLANTAS DE CRISÂNTEMO SOB CULTIVO HIDROPÔNICO EM ARGILA EXPANDIDA PARA FLOR-DE-CORTE¹

JOSÉ GERALDO BARBOSA², HERMÍNIA EMÍLIA PRIETO MARTINEZ² e ATELENE NORMANN KAMPF³

RESUMO - Para avaliar a eficiência do cultivo hidropônico no estado nutricional de plantas de crisântemo em relação ao cultivo convencional, realizou-se um experimento no outono/inverno e outro na primavera/verão, utilizando-se argila expandida, nas classes granulométricas 4-10, 4-13, 10-13, 13-20 mm de diâmetro, saturada duas ou três vezes ao dia por solução nutritiva recirculante com relação N-P-K:1-0,3-2.5, mais o cultivo no sistema convencional. Os plantios ocorreram em casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa, no ano de 1994. As plantas cultivadas em argila expandida no outono/inverno tiveram produção de material seco e conteúdos de N-P-K significativamente superiores aos das cultivadas no sistema convencional, e foram favorecidas quando o cultivo ocorreu nas três classes menores de argila expandida e com uma saturação pela solução nutritiva duas vezes ao dia. As plantas cultivadas em argila expandida no período primavera/verão tiveram uma produção de material seco e conteúdo de N, P, K e Ca semelhantes às cultivadas no sistema convencional. Essas características não foram afetadas pela frequência de saturação com solução nutritiva e granulometria da argila expandida. Fatores como época do cultivo, temperatura e umidade, podem ter limitado a absorção dos nutrientes pelas plantas cultivadas em argila expandida, nesse período. Em todos os tratamentos, as plantas apresentaram concentrações adequadas de macronutrientes nas folhas superiores.

Termos para indexação: solução nutritiva circulante, nutrição mineral, produção de matéria seca.

MACRONUTRIENTS CONTENT IN CHRYSANTHEMUM PLANTS IN HYDROPONIC GROWTH USING EXPANDED CLAY FOR CUT FLOWER

ABSTRACT - The experiments were conducted in fall/winter and spring/summer seasons, respectively, using expanded clay (grain sizes 4-10, 4-13, 10-13, 13-20 mm) saturated twice or three times a day with nutrient solution N-P-K (1-0.3-2.5) plus conventional production system. The plants grown in expanded clay in fall/winter seasons had dry matter production and N-P-K content significantly higher than those grown in conventional production system. These characteristics improved when planting occurred at the three smallest expanded clay grain sizes and saturation with nutrient solution was done twice a day. The plants grown in expanded clay in the spring/summer season had dry matter production and N-P-K and Ca contents similar to those grown in conventional production system. These characteristics were not affected by frequency of saturation with nutrient solution and expanded clay grain size. Factors, as planting season, temperature and moisture may have limited absorption of nutrients by the plants grown in hardened expanded clay. All treatments showed adequate levels of macronutrients in upper leaves.

Index terms: circulant nutrient solution, mineral nutrition, dry matter production.

INTRODUÇÃO

Com a evolução dos conhecimentos sobre as exigências das plantas quanto à nutrição, aeração, irrigação e sanidade, torna-se constante a busca das melhores condições para o seu crescimento e

¹ Aceito para publicação em 8 de outubro de 1998.

Trabalho extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor e parcialmente financiado pelo CNPq.

² Eng. Agr., D.S., Prof. Adjunto, Dep. de Fitotecnia da UFV, Av. P.H. Rolfs, s/n, CEP 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: jgeraldo@mail.ufv.br

³ Eng. Agr., Ph.D., Prof. Titular, Dep. de Horticultura, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91501-970 Porto Alegre, RS.

desenvolvimento. Nesse aspecto, o cultivo sem solo vem se tornando importante, já que o controle das propriedades físicas e químicas do meio é mais fácil que no solo *in situ*. Entre os vários tipos de cultivo sem solo destaca-se a hidroponia.

No cultivo hidropônico, podem ser utilizadas água e nutrientes ou adicionar-se substratos para dar suporte à planta e propiciar melhores condições de oxigenação das raízes e exatidão dos gases gerados pelo sistema radicular. Nos sistemas hidropônicos fechados, a água circula, obtendo-se economia de fertilizantes e de água, ao mesmo tempo em que se evita a poluição, sem comprometer o desenvolvimento das plantas (Serra, 1994). Além dos substratos orgânicos, outros, como perlita, poliestireno, lã-de-rocha e argila expandida têm sido amplamente utilizados no crescimento das plantas, por apresentarem boas propriedades físicas (Verdonck, 1983). Substratos de baixa atividade química, com baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, apresentam boas características para serem utilizados em hidroponia, pois promovem boa aeração e baixo acúmulo de sais (Pittenger, 1986; Serra, 1994).

A argila expandida é um substrato bastante comum para o cultivo sem solo, e é muito utilizada na Inglaterra e Alemanha visando à produção de plantas para flor-de-corte e ornamentais, especificamente em sistemas fechados (Kämpf et al., 1992; Fischer & Meinken, 1995).

O cultivo hidropônico pode incluir uma ou mais soluções suplementares, além da solução nutritiva básica ou inicial, que é circulada contínua ou intermitentemente. As concentrações dos nutrientes variam entre as diversas soluções nutritivas propostas por vários pesquisadores. Uma das soluções básicas mais usadas para hortaliças é a solução universal de Steiner (Steiner, 1984), assim denominada por se adequar a várias culturas hortícolas.

O ajuste da solução nutritiva compreende o monitoramento do nível da água, da concentração dos nutrientes e do valor do 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).

Convencionalmente, no Brasil, o cultivo de crisântemo orientado para flor-de-corte é feito em

misturas de solo e material orgânico, colocadas em canteiros, onde se realizam adubações concentradas, buscando-se o máximo de qualidade e rendimento. Entretanto, é comum ocorrerem problemas como: perdas de adubo e salinização da mistura usada para vários ciclos de produção, criando condições prejudiciais às plantas. De acordo com Wilson & Finlay (1995), é comum a produção de crisântemo no solo, e os trabalhos de pesquisa de cultivo hidropônico sempre foram encarados como de alto custo e risco de doenças do sistema radicular. O interesse renovou-se, em face dos problemas freqüentes de contaminação do subsolo por excesso de nutrientes nos cultivos convencionais, e graças à melhora potencial na qualidade das hastes floríferas das plantas cultivadas em meio hidropônico, principalmente no inverno.

Assim, este trabalho visou avaliar a produção de matéria seca e estado nutricional do crisântemo cultivado no sistema convencional e no hidropônico, utilizando-se como substrato a argila expandida, sob sistema circulante de nutrientes, em diferentes condições sazonais.

MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se um experimento no outono/inverno e outro na primavera/verão, no Setor de Floricultura da Universidade Federal de Viçosa, MG, em condições de casa de vegetação, com controle fotoperiódico. Foi usada a cultivar de crisântemo Yellow Polaris.

No experimento realizado no outono/inverno, usou-se argila expandida com quatro classes granulométricas (4-10, 10-13, 4-13 e 13-20 mm de diâmetro) em duas freqüências diárias de saturação por solução nutritiva (F1= saturação das 10h às 10h30 e 15h às 15h30 e F2 = saturação das 8h às 8h30, 12h às 12h30 e 15h às 16h), num esquema bifatorial mais um tratamento adicional (4 x 2+1), delineados em blocos casualizados, com quatro repetições, num total de 36 parcelas. O tratamento adicional constituiu-se de uma mistura convencional de solo, areia, esterco de gado e casca de arroz carbonizada na proporção volumétrica 2:0,5:1,5:0,5. A adubação foi feita com 1 g de 5-15-5 por litro de substrato.

A caracterização da argila expandida e substrato convencional quanto à liberação de água sob tensões de 10, 50, e 100 cm de coluna de água foi realizada pelo método do funil de Buchner (Kiehl, 1979), utilizando-se

amostras de 300 mL (Tabela 1). A água liberada entre 0 e 10 cm de tensão correspondeu ao espaço de aeracão; a liberada entre 10 e 50 cm de tensão correspondeu à água facilmente disponível, e a liberada entre 50 e 100 cm de tensão correspondeu à água de reserva.

Foram feitos dois canteiros em alvenaria, 8,5 x 1,0 m cada, impermeabilizados internamente com asfalto líquido. Cada parcela compreendia 100 x 36 cm, onde foram plantadas 18 mudas de crisântemo, com espaçamento de 12 x 16,5 cm. Foram usados 65 litros de substrato argila expandida, obtendo-se uma altura de 20 cm. A solução nutritiva utilizada foi a indicada por Barbosa (1996), com 14,39, 1,95, 12,9, 1,51, 1,00 e 0,5 mmol/L de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. As concentrações de micronutrientes foram de 30, 5, 50, 40, 2, e 0,1 µmol/L para B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo.

Para circular a solução nutritiva, utilizou-se uma moto-bomba de 0,5 CV, que elevava a solução do reservatório inferior para o superior, com capacidade para 2.000 litros. Do reservatório superior para as parcelas e para o reservatório inferior, a circulação ocorreu por gravidade, controlada por válvulas solenóides, de acordo com os tratamentos.

O tratamento adicional recebeu adubação em cobertura, aplicando-se 6 g de NH_4NO_3 por parcela aos 10 dias após o plantio e 6 g de KNO_3 , posteriormente, a cada 10 dias, até o fim do ciclo.

O plantio foi realizado em 10/6/94 sob dias longos (suplementação com quatro horas de luz noturna), que persistiram até aos 53 dias. Após esse período, foram aplicados dias curtos (onze horas de luz natural) por 34 dias, deixando-se, posteriormente, dias normais até a

colheita, que ocorreu em 1/10/94. Aos oito dias após o plantio, procedeu-se a desponta apical, e aos 20 dias a desbrota lateral, conduzindo-se duas hastes/planta. A eliminação do botão principal foi realizada 65 dias após o plantio.

Para evitar problemas de salinização, o volume total da solução foi completado com água a cada cinco dias no primeiro mês, e posteriormente, a cada dois dias, e, aos 60 dias, foi feita a renovação da solução. A leitura da condutividade elétrica foi feita a cada sete dias. Os nutrientes absorvidos pelas plantas foram repostos, com base na leitura da condutividade elétrica, aos 37, 80 e 100 dias do plantio.

No cultivo de primavera/verão, os tratamentos, delineamento experimental e a metodologia foram iguais aos do cultivo no período de outono/inverno, exceto quanto ao período de saturação da argila expandida, que passou de 30 para 60 minutos.

O plantio foi realizado em 25/11/94, sob dias longos (suplementação com três horas de luz noturna). A desponta apical e desbrota lateral ocorreram aos 10 e 25 dias após o plantio, respectivamente, e a eliminação do botão principal ocorreu aos 75 dias do plantio. O período vegetativo foi de 55 dias, após os quais aplicaram-se 41 dias curtos (onze horas de luz natural), deixando-se posteriormente dias normais até a colheita, que ocorreu em 27/03/95.

Procedeu-se a colheita quando 60% das hastes apresentavam inflorescências no ponto de comercialização (1/2 a 2/3 das flores das inflorescências abertas), avaliando-se a produção de material seco, concentração e conteúdo de macronutrientes da planta. Os resultados

TABELA 1. Volume de água liberado nas quatro classes granulométricas de argila expandida e pela mistura solo-areia-esterco-casca de arroz carbonizada (2:0,5:1,5:0,5) a 10¹, 50² e 100³ cm de tensão de coluna de água.

Classes granulométricas (mm)	Volume de água liberado (%)			Volume de água lib./parc. (mL)			Volume total de água liberado por parcela (mL)
	10 cm de tensão	50 cm de tensão	100 cm de tensão	10 cm de tensão	50 cm de tensão	100 cm de tensão	
4-10	24	74	2,0	1.060	3.270	88	4.420
4-13	26	74	0,0	1.025	2.919	0	3.945
10-13	31	69	0,0	826	1.838	0	2.665
13-20	40	60	0,0	743	1.115	0	1.859
Substrato convencional	2,5	91	6,5	513	18.702	1.335	20.552

¹ Espaço de aeracão: água liberada entre 0 e 10 cm de tensão.

² Água facilmente disponível: água liberada entre 10 e 50 cm de tensão.

³ Água de reserva: água liberada entre 50 e 100 cm de tensão.

obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão, sendo o erro experimental estimado pelo coeficiente de variação. Para comparar o tratamento testemunha com os demais, os experimentos foram analisados como blocos casualizados (9 tratamentos), sendo utilizado o teste Dunnet. Para comparar classes granulométricas e frequência de saturação, o experimento foi analisado como blocos casualizados num arranjo fatorial 4 x 2, sendo usado o teste de Duncan.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cultivo de crisântemo em argila expandida no outono/inverno

No cultivo em argila expandida, as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas superiores variaram de 4,48 a 4,58; de 0,28 a 0,32; de 6,51 a 7,56; de 2,23 a 2,46; de 0,12 a 0,14 e de 0,20 a 0,21 dag/kg, respectivamente. No cultivo convencional, esses valores foram de 3,56, 0,26, 7,18, 2,38, 0,22 e 0,22 dag/kg, respectivamente (Tabela 2). Os macronutrientes N, P, Mg e S ficaram no limite inferior, e K e Ca, no limite superior das concentrações indicadas como adequadas para folhas de crisântemo em cultivo convencional, segundo Reuter & Robinson (1988). Por isso, não foram observados sintomas de toxidez ou deficiência provocados por esses nutrientes.

Os valores de produção de material seco da planta e da haste obtidos no cultivo em argila

expandida, foram significativamente superiores aos do cultivo em sistema convencional, exceto na granulometria de 13-20 mm, quando saturada três vezes/dia. Os conteúdos N, P, K, Ca e Mg das plantas cultivadas em argila expandida foram significativamente superiores aos das cultivadas no sistema convencional, variando de 459,1 a 386,5 mg de N; de 58,20 a 53,20 mg de P; de 835,6 a 701,20 mg de K; de 292,1 a 233,6 mg de Ca; e de 24,1 a 21,3 mg de S, por planta, da menor para a maior granulometria, respectivamente. No sistema convencional, os conteúdos foram de 306,5, 37,80, 539,0, 190,30 e 18,2 mg/planta. O conteúdo de Mg das plantas cultivadas em argila expandida foi semelhante ao do cultivo convencional (Tabela 3).

Esses resultados mostram a vantagem do fornecimento de nutrientes via solução nutritiva, utilizando como meio de crescimento a argila expandida, pois as concentrações dos nutrientes preconizadas são mantidas durante o período de crescimento e desenvolvimento da planta. Além disso, a pronta disponibilidade desses nutrientes, o controle rígido do pH e as condições favoráveis de aeração e umidade aumentam sobremaneira a eficiência da absorção.

O cultivo em argila expandida de classe granulométrica de 4-10 mm de diâmetro possibilitou maior produção de material seco da planta e da haste, sendo semelhantes aos obtidos no cultivo nas

TABELA 2 . Concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S, em dag/kg, nas folhas superiores de plantas de crisântemo¹ cultivadas em sistema convencional e em argila expandida (4 classes granulométricas), sob duas frequências de saturação com solução nutritiva, no outono/inverno.

Argila expandida (mm)	Frequência de saturação	Folhas superiores					
		N	P	K	Ca	Mg	S
4-10	2 vezes/dia	4,48	0,28	7,40	2,42	0,13-	0,20
4-13	2 vezes/dia	4,54+	0,28	7,50	2,46	0,13-	0,20
10-13	2 vezes/dia	4,50	0,29+	7,47	2,33	0,12-	0,20
13-20	2 vezes/dia	4,58+	0,29+	7,56	2,28	0,12-	0,20
4-10	3 vezes/dia	4,50	0,30+	7,15	2,33	0,13-	0,20
4-13	3 vezes/dia	4,51	0,30+	7,50	2,42	0,13-	0,21
10-13	3 vezes/dia	4,56+	0,30+	7,28	2,23	0,13-	0,20
13-20	3 vezes/dia	4,54+	0,32+	6,51	2,44	0,14-	0,21
Cultivo conv.		3,56	0,26	7,18	2,38	0,22	0,22

¹ 2/3 das flores da inflorescência abertas.

+ Superiores ao cultivo convencional pelo teste de Dunnet (5% de probabilidade).

- Inferiores ao cultivo convencional pelo teste de Dunnet (5% de probabilidade).

classes granulométricas de 4-13 e 10-13 mm de diâmetro e significativamente superiores aos obtidos na classe de 13-20 mm de diâmetro. Estes valores foram de 17,96, 17,30, 16,73 e 15,47 g nas plantas e de 8,64, 8,32, 8,04 e 7,44 g nas hastes (Tabela 4).

O conteúdo de N no material seco das plantas cultivadas em argila expandida na classe granulométrica 4-10 mm de diâmetro foi significativamente superior ao da maior granulometria, não diferindo das intermediárias. Não se observou

influência das classes granulométricas nos conteúdos de P e K. Os macronutrientes Ca, Mg e S apresentaram maiores conteúdos nas classes de 4-10 e 4-13 mm de diâmetro, valores esses significativamente superiores aos obtidos na maior classe (Tabela 4).

Obteve-se maior produção de material seco de planta e de haste quando a frequência de saturação da argila expandida com solução nutritiva foi de duas vezes ao dia. Os valores de produção de material seco das plantas foram de 17,58 e 16,15 g e da haste

TABELA 3. Produção de material seco e conteúdo de macronutrientes de plantas de crisântemo¹ cultivadas em sistema convencional e em argila expandida (4 classes granulométricas) sob duas frequências de saturação com solução nutritiva, no outono/inverno.

Argila expandida (mm)	Frequência de saturação	Prod. mat. seco (g/planta)		Conteúdo de macronutrientes (mg/planta)					
		Planta ²	Haste	N	P	K	Ca	Mg	S
4-10	2 vezes /dia	18,69+	8,96+	447,6+	56,30+	835,6+	292,1+	25,90	24,10
4-13	2 vezes/dia	18,03+	8,66+	459,1+	58,20+	827,1+	287,2+	25,80	23,90
10-13	2 vezes/dia	17,73+	8,51+	442,1+	56,00+	822,3+	286,1+	25,60	23,60
13-20	2 vezes/dia	15,90+	7,64+	397,1+	50,80+	782,3+	248,8+	22,10	21,40
4-10	3 vezes/dia	17,24+	8,32+	429,2+	57,90+	801,9+	276,1+	26,80	24,10
4-13	3 vezes/dia	16,57+	7,98+	410,4+	56,00+	772,5+	261,8+	24,40	22,80
10-13	3 vezes/dia	15,74+	7,58+	395,5+	53,90+	735,1+	240,8+	22,80	21,60
13-20	3 vezes/dia	15,05	7,25	386,5+	53,20+	701,2	233,6	22,20	21,30
Cultivo conv.		12,14	5,82	306,5	37,80	539,0	190,3	22,50	18,20

¹ 2/3 das flores da inflorescência abertas.

² Parte aérea (duas hastes) e raízes.

+ Superiores ao cultivo convencional pelo teste de Dunnet (5% de probabilidade).

TABELA 4. Produção de material seco e conteúdo de macronutrientes de plantas de crisântemo¹ cultivadas em argila expandida (4 classes granulométricas), sob duas frequências de saturação com solução nutritiva, no outono/inverno².

Arg. exp. (mm)	Prod. mat. seco (g/planta)		Conteúdo de macronutrientes (mg/planta)					
	Planta ³	Haste	N	P	K	Ca	Mg	S
4-10	17,96a	8,64a	438,4a	57,1a	818,8a	284,1a	26,4a	24,1a
4-13	17,30ab	8,32ab	434,7ab	57,1a	799,8a	274,5a	25,1a	23,3a
10-13	16,73ab	8,04ab	418,8ab	54,9a	778,7a	263,4ab	24,2a	22,6ab
13-20	15,47b	7,44b	391,8b	52,0a	741,8a	241,2b	22,2b	21,23b
Freq. de sat.								
2 vezes/dia	17,58a	8,44a	436,5a	55,3a	816,8a	278,6a	24,9a	23,2a
3 vezes/dia	16,15b	7,78b	405,4b	55,3a	752,7b	253,1b	24,1a	22,5a

¹ 2/3 das flores da inflorescência abertas.

² Valores seguidos de mesma letra, na vertical, não diferem entre si (Duncan, 5%).

³ Parte aérea (duas hastes) e raízes.

de 8,44 e 7,78 g, sob duas e três freqüências de saturação da argila expandida com solução nutritiva, respectivamente. O mesmo ocorreu com os conteúdos de N, K e Ca, que foram de 436,47, 816,82 e 278,55 mg/planta, em duas freqüências de saturação, e de 405,40, 752,67 e 253,07 mg por planta, em três freqüências de saturação. O peso de material seco da inflorescência e os conteúdos de Mg e S na planta, embora com a mesma tendência, não apresentaram variações significativas (Tabela 4). Não se observou interação significativa entre classes granulométricas e freqüência de saturação.

Quando foram relacionados o espaço de aeração, que corresponde ao volume de água liberado a 10 cm de tensão, e os pesos de material seco das plantas e das hastes, observou-se que o seu aumento reduziu a produção de material seco. Isso foi confirmado pelos altos coeficientes de determinação obtidos em ambas as freqüências de saturação, que ficaram entre 0,89 e 0,94 (Tabela 5). Constatou-se, ainda, que os conteúdos de macronutrientes nas plantas de crisântemo foram inversamente proporcionais ao espaço de aeração, havendo uma redução dos conteúdos com o seu aumento, sendo mais consistentes quando a freqüência de saturação foi de duas vezes ao dia, representados por altos coeficientes de

determinação, que variaram de 0,84 a 0,95 para N, K e Ca, e de 0,75 a 0,92 para P, Mg e S (Tabela 5).

Esses resultados evidenciam eficiência no cultivo do crisântemo em argila expandida na classe granulométrica de 4-10 mm de diâmetro, sob suas duas freqüências de saturação com solução nutritiva, o que mostra que essa associação possibilitou as melhores condições de cultivo no que diz respeito à disponibilidade de nutrientes para o sistema radicular.

Cultivo de crisântemo em argila expandida na primavera/verão

As concentrações de N, K, Ca e S nas folhas superiores comportaram-se de forma semelhante em todos os tratamentos, e a concentração de P no sistema convencional foi inferior ao cultivo em argila expandida, nas classes granulométricas de 4-10 e 4-13 mm, sob duas freqüências de saturação, e a de Mg foi superior a todos os cultivos em argila expandida (Tabela 6).

No cultivo em sistema convencional, a produção de material seco da planta, haste, raízes, caule e inflorescência, não diferiu dos valores obtidos no cultivo em argila expandida. Esses valores variaram

TABELA 5. Produção de material seco das hastes e das plantas e conteúdos de macronutrientes de plantas de crisântemo cultivadas em argila expandida (4 classes granulométricas), sob duas freqüências de saturação com solução nutritiva, em função do espaço de aeração¹, no outono/inverno.

Variáveis	Freqüência de saturação	Equações de regressão	r ²
Produção de material seco da planta	2 vezes/dia	Y = 22,67 - 0,17PSPL	0,94**
Produção de material seco da haste	2 vezes/dia	Y = 10,82 - 0,08PSH	0,94**
Conteúdo de N	2 vezes/dia	Y = 531,52 - 3,23 N	0,88**
Conteúdo de K	2 vezes/dia	Y = 920,57 - 3,38 K	0,95**
Conteúdo de Ca	2 vezes/dia	Y = 363,55 - 2,77 Ca	0,90**
Conteúdo de P	2 vezes/dia	Y = 65,56 - 0,35 P	0,84**
Conteúdo de Mg	2 vezes/dia	Y = 32,42 - 0,24 Mg	0,86**
Conteúdo de S	2 vezes/dia	Y = 29,14 - 0,19 S	0,92**
Produção de material seco da planta	3 vezes/dia	Y = 20,20 - 0,135PSPL	0,89**
Produção de material seco da haste	3 vezes/dia	Y = 9,75 - 0,065PSH	0,90**
Conteúdo de N	3 vezes/dia	Y = 485,68 - 2,58 N	0,85**
Conteúdo de K	3 vezes/dia	Y = 941,58 - 6,17 K	0,93**
Conteúdo de Ca	3 vezes/dia	Y = 331,67 - 2,57 Ca	0,82**
Conteúdo de P	3 vezes/dia	Y = 64,13 - 0,28 P	0,81**
Conteúdo de Mg	3 vezes/dia	Y = 32,79 - 0,16 Mg	0,78**
Conteúdo de S	3 vezes/dia	Y = 27,66 - 0,16 S	0,75**

¹ Água liberada entre 0 e 10 cm de tensão.

de 13,28 a 14,86 g nas plantas, e de 6,52 a 7,28 g nas hastes nos cultivos em argila expandida, e foram de 15,44 e 7,62 g por haste, no cultivo em sistema convencional. A produção de material seco das folhas foi significativamente superior no sistema convencional (Tabela 7).

Os conteúdos de macronutrientes das plantas cultivadas no sistema convencional foram significativamente superiores aos das cultivadas em argila

expandida para N, Mg e S. Os conteúdos de N das plantas cultivadas em sistema convencional foram superiores aos apresentados pelas plantas cultivadas em argila expandida, na granulometria de 4-10 mm, sob duas frequências diárias de saturação de 4-13, 10-13 e 13-20 mm sob três frequências de saturação, à semelhança do S. O conteúdo de Mg das plantas cultivadas em sistema convencional foi sempre superior. Em relação a N, P, K e Ca, os

TABELA 6. Concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S, em dag/kg, nas folhas superiores de plantas de crisântemo¹ cultivadas em sistema convencional e em argila expandida (4 classes granulométricas), sob duas frequências de saturação com solução nutritiva, na primavera/verão.

Argila expandida (mm)	Frequência de saturação	N	P	K	Ca	Mg	S
4-10	2 vezes/dia	3,97	0,27	5,37	1,33	0,23-	0,19
4-13	2 vezes/dia	4,04	0,27	5,59	1,32	0,22-	0,19
10-13	2 vezes/dia	3,99	0,27	5,49	1,29	0,22-	0,19
13-20	2 vezes/dia	4,01	0,28	5,62	1,34	0,21-	0,19
4-10	3 vezes/dia	4,09	0,30+	5,49	1,37	0,24-	0,21
4-13	3 vezes/dia	4,10	0,30+	5,55	1,37	0,24-	0,21
10-13	3 vezes/dia	4,08	0,28	5,62	1,31	0,23-	0,21
13-20	3 vezes/dia	4,06	0,28	5,62	1,32	0,23-	0,21
Cultivo conv.		4,09	0,27	5,62	1,35	0,47	0,24

¹ 2/3 das flores da inflorescência abertas.

+ Superiores ao cultivo convencional pelo teste de Dunnet (5% de probabilidade).

- Inferiores ao cultivo convencional pelo teste de Dunnet (5% de probabilidade).

TABELA 7. Produção de material seco e conteúdo de macronutrientes de plantas de crisântemo¹ cultivadas em sistema convencional e em argila expandida (4 classes granulométricas), sob duas frequências de saturação com solução nutritiva, na primavera/verão.

Argila expand. (mm)	Frequência de saturação	Prod. mat. seco (g/planta)		Conteúdo de macronutrientes (mg/planta)					
		Planta ²	Haste	N	P	K	Ca	Mg	S
4-10	2 vezes/dia	13,57	6,68	358,07	43,04	623,46	126,24	31,56-	20,08-
4-13	2 vezes/dia	13,30	6,52	368,47	44,85	647,34	124,89	30,98-	20,61
10-13	2 vezes/dia	14,86	7,28	398,98	48,84	689,88	135,79	33,36-	22,57
13-20	2 vezes/dia	13,58	6,68	367,07	44,41	628,72	125,78	31,06-	20,56
4-10	3 vezes/dia	13,71	6,76	372,39	45,40	623,18	126,12	30,15-	19,98-
4-13	3 vezes/dia	13,28	6,53	350,76-	44,41	606,54	122,63	29,76-	19,52-
10-13	3 vezes/dia	13,51	6,64	365,29-	45,46	614,88	121,64	29,44-	19,90-
13-20	3 vezes/dia	13,42	6,60	366,23-	44,06	608,98	120,42	29,75-	19,88-
Cultivo conv.		15,44	7,62	439,50	49,10	714,77	138,67	52,32	25,85

¹ 2/3 das flores da inflorescência abertas.

² Parte aérea (duas hastes) e raízes.

- Inferiores ao cultivo convencional pelo teste de Dunnet (5% de probabilidade)

valores variaram de 350,76 a 398,98, de 43,04 a 48,84, de 606,54 a 689,88 e de 120,42 a 135,79 mg por planta, para o cultivo em argila expandida. No cultivo em sistema convencional, esses valores foram de 439,5, 49,10, 714,77 e 138,67 mg por planta, respectivamente (Tabela 7).

Como 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, os resultados obtidos indicam que outros fatores, tais como época de cultivo e temperatura, podem ter limitado uma melhor eficiência das plantas cultivadas em argila expandida. Isso pôde ser comprovado neste experimento, onde se observou que as temperaturas máximas diurnas variaram de 28°C a 45°C, principalmente no período intermediário de crescimento da cultura. Essas temperaturas estão muito além do exigido pela maioria das espécies, principalmente crisântemo, cuja temperatura favorável fica entre 18°C e 22°C (Lopes, 1985), sendo limitantes, temperaturas superiores a 30°C por períodos prolongados (Larson, 1992). Estudando o efeito da temperatura no crescimento e absorção de N pelas plantas de crisântemo em cultivo hidropônico, Kageyama et al. (1994) observaram que a 20°C houve melhor crescimento, independentemente da concentração de N. Plantas cultivadas a 15°C e 20°C absorveram igual quantidade de N na concentração de 100 mg/L, sendo maior que a absorvida em 200 mg/L. A 30°C, o

melhor crescimento ocorreu na concentração de 200 mg/L. Outro efeito indesejável da temperatura seria a elevada evaporação, ocorrendo redução da umidade disponível para as raízes, levando ao estresse da planta. Segundo Chaves, citado por Silva et al. (1995), a falta de água por curtos períodos, pode causar inibição no crescimento, sem qualquer sintoma apreciável, podendo seu efeito cumulativo ser significativo. Rein et al. (1991) relataram que o desenvolvimento e a sobrevivência das raízes adventícias é maior, em teores mais elevados de umidade do substrato. Em crisântemo, essa deficiência no suprimento de água leva à redução no crescimento, manifestada pela redução na produção de material fresco e seco, da altura da haste e do número de flores (Karlovič & Fonteno, 1986).

A produção de material seco total e de partes da planta, bem como seu conteúdo de macronutrientes, não foram influenciados pela granulometria e pela frequência de saturação da argila expandida com solução nutritiva. Os pesos de material seco das plantas e das hastes e os conteúdos de N, P, K e Ca foram de 13,82 e 13,48 g, de 6,79 e 6,63 g, de 373,14 e 363,66 mg, de 45,28 e 44,83 mg, de 647,35 e 613,39 mg e de 128,17 e 122,61 mg, para a saturação de duas e três vezes ao dia, respectivamente. Os valores de produção de material seco da planta e conteúdos de macronutrientes nas plantas apresentaram-se bastante homogêneos, não permitindo observar qualquer tendência (Tabela 8).

TABELA 8. Produção de material seco e conteúdo de macronutrientes de plantas de crisântemo¹ cultivadas em argila expandida (4 classes granulométricas), sob duas frequências de saturação com solução nutritiva, na primavera/verão².

Arg. exp. (mm)	Prod. mat. seco (g/planta)		Conteúdo de macronutrientes (mg/planta)					
	Planta ³	Haste	N	P	K	Ca	Mg	S
4-10	13,64a	6,72a	365,23a	44,22a	623,32a	126,18a	30,85a	20,03a
4-13	13,29a	6,52a	359,61a	44,63a	626,94a	123,76a	30,37a	20,06a
10-13	14,18a	6,96a	382,13a	47,15a	652,38a	128,71a	31,40a	21,23a
13-20	13,50a	6,64a	366,65a	44,23a	618,85a	123,10a	30,40a	20,22a
Freq. de sat.								
2 vezes/dia	13,82a	6,79a	373,14a	45,28a	647,35a	128,17a	31,74a	20,95a
3 vezes/dia	13,48a	6,63a	363,66a	44,83a	613,39a	122,61a	29,77a	19,82a

¹ 2/3 das flores da inflorescência abertas.

² Valores seguidos de mesma letra, na vertical, não diferem entre si (Duncan, 5%).

³ Parte aérea (duas hastes) e raízes.

CONCLUSÕES

1. No período de outono/inverno, o cultivo hidropônico do crisântemo mostra-se superior ao cultivo convencional.

2. No período de primavera/verão, o cultivo hidropônico e convencional do crisântemo equivalem-se, provavelmente pelas altas temperaturas na casa de vegetação.

3. No outono/inverno, o cultivo em argila expandida com classes granulométricas de 4-10, 4-13 e 10-13 mm de diâmetro permite obter maior produção e qualidade de inflorescências que o cultivo em argila expandida com 13-20 mm de diâmetro; produções e qualidade máximas são obtidas com o cultivo em argila expandida com 4-10 mm de diâmetro, sob frequência de saturação de duas vezes ao dia.

4. Em todos os tratamentos, as plantas apresentam concentrações adequadas de macronutrientes nas folhas superiores.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J.G. **Cultivo hidropônico de crisântemo Yellow Polaris em argila expandida para flor-de-corte**. Porto Alegre: UFRGS, 1996. 102p. Tese de Doutorado.
- FISCHER, P.; MEINKEN, E. Expanded clay as a growing medium: comparison of different products. **Acta Horticulturae**, Naaldwijk, n.401, p.115-120, 1995.
- KAGEYAMA, Y.; TAKAHASHI, M.; KONISHI, K. Effects of nitrogen concentration, temperature and light intensity on growth and nitrogen uptake of young chrysanthemum plants grown hydroponically. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tsushimanaka, v.60, n.1, p.133-139, 1994.
- KÄMPF, A.N.; KÄMPF, N.; BRANDÃO, C.L. Physical and chemical properties of a Brazilian hardened expanded clay. In: INTERNATIONAL SOCIETY ON SOILLESS CULTURE, 8., 1992, Hunter's Rest. **Proceedings...** Hunter's Rest: ISOSC, 1992. p.199-208.
- KARLOVICH, P.T.; FONTENO, W.C. Effect of soil moisture tension and soil water content on the growth of chrysanthemum in 3 container media. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.111, n.2, p.191-195, 1986.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica CERES, 1979. 263p.
- LARSON, R.A. **Introduction to floriculture**. New York: Academic Press, 1992. 607p.
- LOPES, L.C. **O cultivo do crisântemo**. Viçosa: UFV, 1985. 13p. (Boletim técnico, 7).
- NOORDEGRAAF, C.V. Production and marketing of high quality plants. **Acta Horticulturae**, Vertemate con Minoprio, n.353, p.134-147, 1994.
- PITTENGER, D.R. Potting soil label information inadequate. **California Agriculture**, Berkeley, v.40, n.11/12, p.6-8, 1986.
- REIN, W.H.; WRIGHT, R.D.; SEILER, V.R. Propagation medium moisture level influences adventitious rooting of woody stem cuttings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.116, n.4, p.632-636, 1991.
- REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. **Plant analysis: an interpretation manual**. Sidney, Melbourne: Inkata Press, 1988. 218p.
- SERRA, G. Innovation in cultivation techniques of greenhouse ornamentals with particular regard to low energy input and pollution reduction. **Acta Horticulturae**, Vertemate con Minoprio, n.353, p.149-163, 1994.
- SILVA, F.F. da; WALLACH, R.; CHEN, Y. Hydraulics properties of rockwool slabs used as substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Naaldwijk, n.401, p.71-76, 1995.
- STEINER, A.A. The universal nutrient solution. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILLESS CULTURE, 6., 1984, Luneren. **Proceedings...** Luneren: International Society for Soilless Culture, 1984. p.633-649.
- VERDONCK, O. Reviewing and evaluation of new material used as substrates. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUBSTRATES IN HORTICULTURE OTHER THAN SOILS IN SITU, 133., 1983, Barcelona. **Proceedings....** Barcelona: ISHS, 1983. p.12 8-135.
- WILSON, D.P.; FINLAY, A.R. Hydroponic system for the production of all year round chrysanthemums. **Acta Horticulturae**, Naaldwijk, n.401, p.185-192, 1995.