

Crescimento e produtividade do almeirão em concentrações de N total contendo NH_4^+ na solução nutritiva

Growth and yield of chicory plants under total N concentrations containing NH_4^+ in the nutrient solution

Rodrigo dos Santos Godoi^I Jerônimo Luiz Andriolo^{II} José Carlos Cazarotto Madalóz^I
Djeimi Isabel Janisch^I Cláudia Alessandra Peixoto de Barros^I

-NOTA-

RESUMO

O crescimento e a produtividade do almeirão foram determinados em cultivo hidropônico fechado com cinco concentrações de N contendo NH_4^+ na solução nutritiva. As cultivares "Amarelo" e "Pão de Açúcar" foram semeadas diretamente em fileiras distanciadas de 0,05m, em uma camada de areia de 0,15m, distribuída sobre telhas de fibrocimento. Após a emergência, foi efetuado o desbaste, mantendo-se uma densidade de 1.600 plantas m^{-2} . Foi empregada uma solução nutritiva padrão com a composição de, em mmol L^{-1} , 11,0 de NO_3^- ; 1,5 de H_2PO_4^- ; 6,5 de SO_4^{2-} ; 7,5 de Ca^{+2} ; 10,0 de K^+ e 1,5 de Mg^{+2} e, em mg L^{-1} , 0,42 de Mn; 0,26 de Zn; 0,05 de Cu; 0,50 de B; 0,04 de Mo, e 4,82 de Fe quelatizado. Os tratamentos foram constituídos por concentrações totais de N de 11,0 (T1); 16,0 (T2); 21,0 (T3); 26,0 (T4) e 31,0 (T5) mmol L^{-1} , contendo concentrações de NH_4^+ de, zero; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 mmol L^{-1} , respectivamente. O delineamento experimental inteiramente casualizado foi empregado, com quatro repetições e parcelas subdivididas. Foram efetuadas colheitas aos 35, 59, 76 e 97 dias após a semeadura, mediante corte da parte aérea das plantas a 0,02m acima da superfície da areia, para determinar a matéria seca e fresca. A maior produtividade foi obtida com a solução nutritiva contendo 16 mmol L^{-1} de N total e 2,5 mmol L^{-1} de NH_4^+ .

Palavras-chave: *Cichorium intybus*, fertirrigação, hidroponia, amônio.

ABSTRACT

Chicory plants, cv. Amarela and Pão de Açúcar, were hydroponically grown to determine growth and yield under five ammonium and nitrate N concentrations in the nutrient solution. Sowing was made in rows placed 0.05m apart, over a

0.15m deep sand growing bed supported by fibber cement tiles. After emergency, plants were thinned to a plant density of 1,600 plants m^{-2} . A standard nutrient solution was used, with the composition of, in mmol L^{-1} , 11.0 de NO_3^- ; 1.5 H_2PO_4^- ; 6.5 SO_4^{2-} ; 7.5 Ca^{+2} ; 10.0 K^+ and 1.5 Mg^{+2} , and, in mg L^{-1} , 0.42 Mn; 0.26 Zn; 0.05 Cu; 0.50 B; 0.04 Mo, and 4.82 chelated Fe. Treatments were total N concentrations of 11.0; 16.0; 21.0; 26.0 and 31.0 mmol L^{-1} in the nutrient solution, containing NH_4^+ concentrations of zero; 2.5; 5.0; 7.5 and 10.0 mmol L^{-1} , respectively. The nutrient solution was delivered to plants four times a day. A completely randomised split plot experimental design was used, with four replications. Plants were harvested at 35; 59; 76 and 97 days after sowing, by cutting the shoot at 0.02m height, and fresh and dry mass was determined. Maximum yield was reached using the nutrient solution with 16 mmol L^{-1} of total N, containing 2.5 mmol L^{-1} of NH_4^+ .

Key words: *Cichorium intybus*, fertigation, hydroponics, ammonium.

O almeirão é uma hortaliça folhosa que apresenta elevado potencial de produção em hidroponia (FAQUIN & FURLANI, 1999). Porém, o descarte periódico das soluções nutritivas é uma característica negativa desse sistema de produção. A reciclagem e reutilização das soluções é a técnica que vem sendo empregada em outros países para reduzir o descarte no ambiente (PARDOSSI et al., 2002). Através dessa técnica, a solução reciclada é misturada a uma nova solução, em volumes ponderados pela concentração de nutrientes, de forma a preservar na mistura a composição exigida pela cultura. A reutilização da

^ICurso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

^{II}Departamento de Fitotecnia, UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: andriolo@smail.ufsm.br. Autor para correspondência.

solução nutritiva com base apenas na sua concentração salina não descarta a possibilidade de que alguns íons venham a atingir níveis elevados, especialmente o NO_3^- , reduzindo a qualidade dos produtos.

A substituição do NO_3^- pelo NH_4^+ permitiria reduzir tanto os riscos associados à qualidade da produção, quanto aqueles relativos à contaminação do ambiente pelos descartes de solução nutritiva. Porém, o NH_4^+ é tóxico às plantas quando fornecido em altas concentrações (SALSAC et al., 1987). No entanto, uma pequena parte do N total das soluções nutritivas pode ser empregada na forma de N- NH_4^+ , devido ao fato de esse cátion minimizar as variações de pH. A forma preferencial de incluir o N- NH_4^+ nas soluções nutritivas é através do nitrato de amônio, a fim de preservar o equilíbrio eletroquímico. Isso implica que, ao aumentar-se a concentração de NH_4^+ , aumenta-se também aquela de NO_3^- , elevando a concentração total de N. Entretanto, ao se reutilizar as soluções nutritivas em cultivos sucessivos, é provável que a concentração de NH_4^+ aumente mais rapidamente do que aquela do NO_3^- , porque a absorção deste íon pelas plantas é preferencial àquele. Nesse caso, a concentração total de N poderia atingir níveis elevados, com elevadas proporções de N- NH_4^+ .

O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito do aumento da concentração de N na solução nutritiva, contendo NH_4^+ na sua composição, sobre o crescimento e a produtividade de duas cultivares de almeirão em sistema hidropônico fechado.

O experimento foi conduzido no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, no interior de um abrigo telado de polietileno de 150m². Foi adaptado o dispositivo hidropônico fechado, composto por areia como substrato, descrito por ANDRIOLO et al. (2004). Esse dispositivo foi constituído por telhas de fibrocimento de 3,05m de comprimento e 1,10m de largura e 3% de declividade, sobre as quais foi formado um leito de cultivo composto por uma camada de 0,15m de areia média de granulometria entre 0,0015 e 0,003m. A solução nutritiva foi preparada em um reservatório de 500L e elevada até a parte superior da telha através de uma motobomba sendo, drenada a seguir por gravidade até a parte inferior, para retorno ao reservatório.

As cultivares de almeirão “Pão de Açúcar” e “Folha Amarela” foram semeadas em 06 de maio de 2005, diretamente sobre o leito de cultivo, em sulcos transversais de 0,01m de profundidade, na distância de 0,05m entre sulcos. O desbaste foi feito na fase de duas folhas definitivas, mantendo-se uma densidade de 1.600 plantas m⁻². A água e os nutrientes foram

fornecidos através de uma solução nutritiva padrão, com a composição de, em mmol L⁻¹, 11,0 de NO_3^- ; 1,5 de H_2PO_4^- ; 6,5 de SO_4^{2-} ; 7,5 de Ca^{+2} ; 10,0 de K^{+2} e 1,5 de Mg^{+2} e, em mg L⁻¹, 0,42 de Mn; 0,26 de Zn; 0,05 de Cu; 0,50 de B; 0,04 de Mo, e 4,82 de Fe quelatizado.

Os tratamentos foram constituídos por concentrações totais de N de 11,0 (T1); 16,0 (T2); 21,0 (T3); 26,0 (T4) e 31,0 (T5) mmol L⁻¹, contendo concentrações de NH_4^+ de zero; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 mmol L⁻¹, respectivamente, mediante adição de NH_4NO_3 . Os valores de pH e de CE foram mantidos na faixa entre 5,0 e 6,5 e 2,30 e 3,2dS m⁻¹, respectivamente, mediante adições de KOH, água ou alíquotas de nova solução nutritiva, conforme o caso. Foram feitas quatro fertirrigações diárias, às 9, 12, 15 e 18h, pelo acionamento da motobomba durante 15 minutos, totalizando, em cada fertirrigação, uma vazão de 130L de solução nutritiva no leito de cultivo.

O delineamento experimental inteiramente casualizado foi empregado, com quatro repetições e parcelas subdivididas. Cada parcela foi constituída por uma telha. O número de fileiras e de plantas por fileira foi de 15 e 45, respectivamente. As colheitas foram efetuadas mediante corte da parte aérea das plantas a 0,02m acima da superfície da areia, aos primeiros sinais de senescência das folhas basais adultas. Foram efetuados quatro cortes, aos 35, 59, 76 e 97 dias após a semeadura (DAS). Em cada corte foi determinada a matéria fresca e seca da parte aérea, após secagem em estufa de circulação forçada de ar, na temperatura de 60°C, até matéria constante. Os resultados de cada corte foram somados para se obter a produtividade total de cada tratamento. Os resultados foram submetidos à análise da variância, e a significância das diferenças entre as médias foi determinada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A cultivar “Amarela” apresentou menor crescimento em matéria seca e fresca no tratamento T1, caracterizado pela concentração de 11 mmol L⁻¹ de N total e ausência de NH_4^+ na solução nutritiva (Tabela 1). As concentrações mais elevadas, contendo entre 2,5 e 10,0 mmol L⁻¹ de NH_4^+ , não induziram diferenças significativas na matéria seca. O valor mais elevado de matéria fresca foi obtido na dose de 16,5 mmol L⁻¹ de N total com 2,5 mmol L⁻¹ de NH_4^+ (T2), embora sem diferença significativa da dose superior, de 21,0 mmol L⁻¹ de N total com 7,5 mmol L⁻¹ de NH_4^+ (T3). Efeito semelhante ao dos tratamentos foi observado na cultivar “Pão de Açúcar”, com médias mais elevadas de matéria seca e fresca no tratamento T2. A diminuição relativa no crescimento da matéria fresca entre as mesmas doses foi de 11,8%. A produtividade máxima de matéria fresca obtida pela cultivar “Amarela” foi

Tabela 1 - Crescimento e produtividade de duas cultivares de almeirão com diferentes concentrações de N total/NH₄⁺ na solução nutritiva. Santa Maria, UFSM, 2005.

| Conc. de N/NH ₄ ⁺ (mmol L ⁻¹) | Matéria seca (g m ⁻²) | Matéria fresca (g m ⁻²) |
|---|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Cultivar "Amarela" | | |
| 11/Zero | 326,16b | 4766c |
| 16/2,5 | 435,36a | 5997a |
| 21/5,0 | 374,36ab | 5279b |
| 26/7,5 | 386,64a | 5614ab |
| 31/10,0 | 420,92a | 5500b |
| Cultivar "Pão de açúcar" | | |
| 11/Zero | 294,76b | 4689bc |
| 16/2,5 | 362,60a | 5216a |
| 21/5,0 | 349,80a | 5010ab |
| 26/7,5 | 333,84ab | 4435c |
| 31/10,0 | 367,72a | 4599bc |

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

próxima de 6kg m⁻². Esse valor é superior àqueles obtidos por COELHO & CECÍLIO FILHO (2002) em NFT e por NOVO et al. (2003) no solo.

Os resultados deste trabalho indicam que a concentração de N total que maximiza a produtividade do almeirão é semelhante àquela recomendada por CASTELLANE & ARAÚJO (1995), para o cultivo da alface, que é de 16,9mmol L⁻¹. Sugerem ainda que concentrações crescentes de NH₄⁺ de até 32% do N total são toleradas por essa cultura. Uma das principais hipóteses apontadas para explicar o efeito negativo do NH₄⁺ no crescimento das plantas diz respeito a modificações no equilíbrio eletroquímico das células. Essas modificações ocorreriam quando as quantidades absorvidas desse cátion excedessem àquelas assimiladas pela planta. O equilíbrio eletroquímico seria quebrado e, para restabelecê-lo ou minimizá-lo, a absorção de outros cátions seria drasticamente reduzida ou inibida. Conseqüentemente, o crescimento da matéria seca seria afetado pela carência de outros cátions nutrientes, especialmente de K⁺ (SALSAC, 1987; KOTSIRAS et al., 2002). Esse fenômeno não foi observado no presente experimento, pois o NH₄⁺ não reduziu o acúmulo de matéria seca das plantas. Isso significa que o almeirão é mais tolerante a esse cátion do que a alface, para a qual as concentrações máximas empregadas nas soluções nutritivas situam-se em níveis ao redor de 12% do N total (FAQUIN & FURLANI, 1999).

Outra hipótese que pode ser levantada para explicar os atuais resultados é o fato de as concentrações crescentes de NH₄⁺ estarem acompanhadas por concentrações equivalentes de NO₃⁻, as quais preservariam o equilíbrio eletroquímico da solução nutritiva. Isso implicaria absorção preferencial do NO₃⁻, mesmo sob elevada

disponibilidade do NH₄⁺ no meio radicular. Dessa forma, a toxidez amoniacal somente passaria a ocorrer após o esgotamento da fração nítrica do N total. Embora não tenham sido encontrados na literatura relatos que confirmem essa hipótese, a resposta observada confirma a possibilidade de se evitar o descarte de soluções nutritivas no cultivo hidropônico do almeirão. O risco de queda de produtividade por toxidez amoniacal ficaria reduzido pela adição de novos volumes de solução nutritiva formulada com uma parte do N total na forma nítrica.

Os resultados indicam que o efeito do NH₄⁺ sobre o crescimento e a produtividade do almeirão varia com o genótipo. A concentração de 16mmol L⁻¹ de N total com 2,5mmol L⁻¹ de NH₄⁺ maximiza a matéria fresca. Concentrações elevadas de NH₄⁺ de até 10mmol L⁻¹ em 31mmol L⁻¹ de N total não afetam a matéria seca e causam uma redução na matéria fresca em torno de 8,3% na cultivar "Amarela" e de 11,8% na cultivar "Pão de Açúcar".

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pela concessão de Bolsas de Iniciação Científica aos acadêmicos José Carlos Cazarotto Madalóz e Djeimi Isabel Janisch, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ANDRIOLO, J.L. et al. Cultivo hidropônico da alface empregando substratos: uma alternativa a NFT? **Horticultura Brasileira**, v.22, n.4, p.794-798, 2004.
- CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo - hidroponia**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43p.

- COELHO, R.L.; CECÍLIO FILHO, A.B. Produtividade de cultivares de almeirão em hidroponia, Uberlândia, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 42., 2002, Uberlândia, MG. **Resumos expandidos...** Brasília: Associação Brasileira de Horticultura, 2002. CD-ROM.
- FAQUIN, V.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, v.20, n.200/201, p.99-104, 1999.
- KOTSIRAS, A. et al. Effects of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits. **Scientia Horticulturae**, v.95, p.175-183, 2002.
- NOVO, M.C.S.S. et al. Desempenho de três cultivares de almeirão sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.1, p.84-87, 2003.
- PARDOSI, A. et al. A comparison between two methods to control nutrient delivery to greenhouse melons grown in recirculating nutrient solution culture. **Scientia Horticulturae**, v.92, p.89-95, 2002.
- SALSAC, L. et al. Nitrate and ammonium nutrition in plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.25, n.6, p.805-812, 1987.