

TAKAHASHI HW; HIDALGO PC; FADELLI L; CUNHA MET. 2007. Composição e manejo da solução nutritiva visando a diminuição do teor de nitrato nas folhas de alface hidropônica. *Horticultura Brasileira* 25: 006-009.

Composição e manejo da solução nutritiva visando a diminuição do teor de nitrato nas folhas de alface hidropônica

Hideaki W Takahashi¹; Paulo C Hidalgo²; Laércio Fadelli¹; Magda E T da Cunha¹

¹UEL, Depto. Agronomia, C. Postal 6001, 86051-990 Londrina-PR; ²EMATER, C. Postal 386, 86300-000 Cornélio Procopio-PR; E-mail:hwilson@uel.br.

RESUMO

As hortaliças folhosas têm elevada capacidade de acumular nitrato nas folhas e pecíolos, mas o consumo excessivo de nitrato pode ser prejudicial à saúde humana. Determinou-se a melhor combinação de doses e fontes de N e época de fornecimento na solução nutritiva para obter diminuição do teor de nitrato em folhas de alface, cv. Vera. Os tratamentos foram (T1) 210 mg L⁻¹ de N como nitrato (N-NO₃⁻) do transplante à colheita; (T2) 189 mg L⁻¹ (90%) de N-NO₃⁻ associado com 21 mg L⁻¹ (10%) de N como amônio (N-NH₄⁺); (T3) 210 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ até 24 dias após transplante e substituição por 189 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ e 21 mg L⁻¹ de N-NH₄⁺ até o final do ciclo; (T4) 210 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ até o 24º dia e redução para 105 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ no final do ciclo e (T5) 210 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ até o 24º dia do transplante e redução para 52,5 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ no final do ciclo. Os melhores resultados foram obtidos com os tratamentos 2 e 3, obtendo teores de nitrato na parte aérea de 1.756 a 1.920 mg kg⁻¹ na matéria fresca e produtividade equivalente ao tratamento 1. A redução de nitrato em solução nutritiva no final do ciclo não reduziu o teor de nitrato em folhas.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, cultivo hidropônico, fontes de nitrogênio.

ABSTRACT

Nutrient solution control in order to decrease nitrate content in leaves of hydroponic lettuce

The edible vegetables have a high capacity to accumulate nitrate in the leaves and stem. The excessive consumption of nitrate can be harmful to human health. The best combination of doses and sources of N and supply time were determined in the nutritious solution to reduce the nitrate concentration in cv. Vera leaves of lettuce. The treatments were (T1) 210 mg L⁻¹ of N as nitrate (N-NO₃⁻) from transplantation to harvest; (T2) 189 mg L⁻¹ (90%) of N as nitrate (N-NO₃⁻) associated with 21 mg L⁻¹ (10%) of N as ammonium (N-NH₄⁺); (T3) 210 mg L⁻¹ of nitrate until the 24th day and substitution for 189 mg L⁻¹ of nitrate and 21 mg L⁻¹ N-NH₄⁺ until the end of the cycle; (T4) 210 mg L⁻¹ of N-NO₃⁻ until the 24th day of the transplant and reduction to 105 mg L⁻¹ of N-NO₃⁻ until the end of the cycle; (T5) 210 mg L⁻¹ of N-NO₃⁻ until the 24th day of the transplant and reduction to 52,5 mg L⁻¹ of N-NO₃⁻ until the end of the cycle. The best results were obtained with the treatments T2 and T3, with levels of nitrate in the edible part varying from 1,756 to 1,920 mg kg⁻¹ in the fresh matter and equivalent yield to the treatment 1. The reduction of nitrate in nutritious solution in the end of the cycle did not reduce the quantity of nitrate in leaves.

Keywords: *Lactuca sativa*, hydroponic cultivation, nitrogen sources.

(Recebido para publicação em 20 de julho de 2005; aceito em 27 de janeiro de 2007)

O interesse pelo cultivo em sistema hidropônico vem crescendo nos últimos anos no Brasil. A hidroponia apresenta algumas vantagens como economia de água, automação, produção durante o ano todo, controle da nutrição das plantas e qualidade do produto colhido (Furlani *et al.*, 1999). A alface produzida nesse sistema tem obtido remuneração de 35 a 50% superior à cultivada no sistema convencional, mesmo em mercados tradicionais como as CEASAS (Junqueira, 1999).

O nitrogênio tem importante função na planta como componente de aminoácidos e proteínas; é absorvido principalmente como nitrato e em menor proporção como amônio, tendo o primeiro também a função de regulador

osmótico no vacúolo (Blom-Zandstra, 1989). Períodos de alta luminosidade, como na primavera e no verão, induzem maior atividade da enzima redutase do nitrato, conseqüentemente reduzindo a quantidade de nitrato pela incorporação em aminoácidos e proteínas. No inverno, se houver alta disponibilidade de N associada a pouca luminosidade com baixa fotossíntese, o nitrato se acumula no vacúolo da célula e pode atingir níveis elevados (Blom-Zandstra & Lampe, 1985).

A produção de hortaliças folhosas em hidroponia exige alguns cuidados com a nutrição, podendo ocorrer maior acúmulo de nitrato nas plantas do que no processo convencional de cultivo (Bennini *et al.*, 2002). As hortaliças têm

diferentes capacidades para acumular nitrato, sendo espinafre, alface, rúcula, almeirão, nabo, rabanete e beterraba as que têm maiores possibilidades de apresentarem teores elevados em algumas condições de cultivo; folhas e pecíolos têm maior capacidade de acumular nitrato que inflorescências e frutos (Lorenz, 1978).

O nitrato consumido em excesso pode ser prejudicial à saúde, podendo levar à formação de nitrito e causar inibição do transporte de oxigênio no sangue. Outros compostos que podem ser formados são as aminas secundárias como nitrosaminas, N-nitrosodimetilamina que são potencialmente cancerígenas (Fine *et al.*, 1977; Craddock, 1983).

A maior quantidade de nitrato consumido pela população provém do consumo de hortaliças, representando 72 a 94% do total ingerido (Sheng Mingzhu, 1982). Dados da organização mundial de saúde preconizam que a ingestão diária aceitável de nitrato é de 3,65 mg kg⁻¹ de massa corpórea (Escoín-Peña *et al.*, 1998). A legislação europeia define limites para o teor de nitrato na matéria fresca dos vegetais a serem consumidos pela população, sendo 4500 mg kg⁻¹ para inverno e 3000 mg kg⁻¹ para verão os limites para nitrato em cultivos sob ambiente protegido, e 2500 mg kg⁻¹ o limite de nitrato para o cultivo em campo aberto (Anon, 1997). A legislação brasileira não define teores de nitrato em vegetais consumidos pela população, e tampouco seus teores são monitorados nos vegetais comercializados, apesar da importância desse no sistema de produção.

É possível reduzir o acúmulo de nitrato em partes comestíveis de hortaliças com estratégias como aumentar a intensidade luminosa, colher durante ou logo após um período de alta luminosidade, atrasar a época de colheita, utilizar cultivares com menor capacidade para acumular nitrato, reduzir as doses de nitrato aplicadas durante o ciclo ou no final do ciclo, colocar parte da adubação como amônio e aplicar cloreto (Van der Boon *et al.*, 1990; McCall & Willumsen, 1998; Fernandes *et al.*, 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar soluções nutritivas distintas quanto à concentração de N e relação nitrato-amônio para diminuir o teor de nitrato em folhas de alface, cv. Vera.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 17/01/04, em área experimental da UEL, em hidroponia, em casa de vegetação com teto em arco de 6 m de largura e 15 m de comprimento, coberta com polietileno de baixa densidade de 100 micrômetros de espessura. Foi empregado o sistema de hidroponia denominado fluxo laminar de nutrientes (NFT), com recirculação de nutrientes, composto por uma bancada de 5 tubos de PVC para hidroponia, com espaçamento de 25 cm.

Para cada tratamento foi utilizado um conjunto composto por um reservatório, um conjunto moto bomba de ¼ CV (184 W) e tubulação de sucção, recalque, retorno e cultivo. Os reservatórios de cimento amianto, impermeabilizados, com capacidade de 50 L de capacidade e 40 L úteis foram parcialmente enterrados em areia. O recalque subterrâneo em tubos de PVC com retorno de parte da vazão ao reservatório foi por tubos perfurados para melhorar a aeração e diminuir a temperatura da solução.

A circulação da solução nutritiva foi processada de forma independente em cada tratamento, sendo os cinco conjuntos conectados e sincronizados por um temporizador funcionando de forma contínua das 10 às 17 horas e de forma intermitente no restante do período com 10 minutos de pausa e 10 minutos de circulação da solução.

A alface crespa cultivar Vera foi semeada em 23/12/03 em bandejas de isopor com 288 células contendo substrato comercial Plantmax[®]. As mudas foram transplantadas em 17/01/04, aos 20 dias da emergência com 2 a 3 pares de folhas para solução hidropônica com produtos “puro para análise”, com as seguintes concentrações em mg L⁻¹: N-210; P-31; K-191; Ca-200; Mg-48; S-69,4; Fe-2; Zn-0,04; Mn-0,5; B-0,5; Cu-0,015 e Mo-0,09.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições, seis plantas por parcela, sendo as quatro plantas centrais utilizadas para avaliação das características.

Os tratamentos avaliados foram (T1) solução nutritiva (SN) com 210 mg L⁻¹ de N como nitrato em todo ciclo; (T2) SN com 189 mg L⁻¹ de N na forma de NO₃⁻ e 21 mg L⁻¹ de N na forma de amônio em todo ciclo; (T3) SN com 210 mg L⁻¹ de N na forma de NO₃⁻ até o 24º dia, substituída por SN com 189 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ e 21 mg L⁻¹ de N como NH₄⁺ até o final do ciclo.; (T4) SN com 210 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ até o 24º dia substituída por SN com 105 mg L⁻¹ de N na forma de NO₃⁻ no restante do ciclo; (T5) SN com 210 mg L⁻¹ de N na forma de NO₃⁻ até o 24º dia substituída por 52,5 mg L⁻¹ de N na forma de NO₃⁻ no restante do ciclo.

Foram monitoradas as temperaturas da solução nutritiva às 8 horas e às 14 horas em todos os tratamentos e a temperatura do ar no interior da estufa. Os níveis de solução nos reservatórios foram completados para 40 L, duas vezes ao dia. Em seguida o pH era corrigido para valores de 6,2±0,2, com ácido clorídrico ou hidróxido de sódio. A condutividade elétrica (CE) da solução foi monitorada uma vez ao dia e corrigida em todos os tratamentos sempre que houvesse depleção de 20% no valor da CE inicial, mesmo que ocorresse em apenas um dos tratamentos.

Após 34 dias do transplante, as plantas foram colhidas e separadas em parte aérea e raiz para a determinação da matéria fresca, lavadas com água corrente e secas em estufa com circulação de ar forçada a 55°C até peso constante e determinado o peso da matéria seca. A parte aérea foi moída para a determinação de nitrato, conforme metodologia descrita por Cataldo *et al.* (1975).

As médias dos tratamentos de matéria fresca e seca da parte aérea e raiz e o teor de nitrato da parte aérea foram comparadas pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste experimento, com média geral de 301 g de matéria fresca por planta, são superiores aos obtidos por Bennini *et al.* (2002) em 32 amostras de alface comercial hidropônica coletadas em Londrina-PR, que foi de 271 gramas. Os tratamentos 2 e 3, contendo amônio em solução, apresentaram os menores valores de matéria seca de raiz e da parte aérea (Tabela 1). A presença de amônio em solução proporciona um maior declínio de pH em soluções nutritivas, especialmente em altas temperaturas (Kafkafi, 1990) e, no caso dos tratamentos 2 e 3, influenciou a produção de matéria seca da raiz e parte aérea. Mesmo com duas correções diárias de pH houve maior diminuição de pH, entre as correções nos tratamentos 2 e 3 em relação aos tratamentos com nitrato em solução.

A matéria fresca da parte aérea, que é a parte comercializável, não apresentou diferenças entre os tratamentos 1, 2, 3 e 5 (Tabela 1).

Tabela 1. Matéria fresca da parte aérea (Mfpa), matéria seca da parte aérea (Mspa), matéria fresca de raiz (Mfr), matéria seca de raiz (Msr), da alface crespa cv. Vera, cultivada com soluções nutritivas de diferentes composições e manejo (Fresh matter of the aerial part (Mfpa), dry matter of the aerial part (Mspa), fresh matter of roots (Mfr) and dry matter of roots (Msr), of crisp lettuce, cv. Vera, cultivated with nutritive solutions and various compositions). Londrina, UEL, 2004.

Tratamento	Mfpa	Mspa	Mfr	Msr
	(g planta ⁻¹)			
210 mg L ⁻¹ de N na forma de NO ₃ ⁻ em todo ciclo	337 a*	337 a*	51,4 a	2,31 b
189 mg L ⁻¹ de N na forma de NO ₃ ⁻ e 21 mg L ⁻¹ de N na forma de NH ₄ ⁺ em todo ciclo	291 a b	13,85 b	40,1 b	1,79 c
210 mg L ⁻¹ de N na forma de NO ₃ ⁻ até o 24º dia, substituída por 189 mg L ⁻¹ de N na forma de NO ₃ ⁻ e 21 mg L ⁻¹ de N na forma de NH ₄ ⁺ do 24º dia até a colheita	289 a b	13,87 b	37,6 b	2,01 b c
210 mg L ⁻¹ de N na forma de NO ₃ ⁻ até o 24º dia, substituída por 105 mg L ⁻¹ do 24º dia até a colheita	285 b	15,40 a b	37,6 b	2,38 b
210 mg L ⁻¹ de N na forma de NO ₃ ⁻ até o 24º dia, substituída por 52,5 mg L ⁻¹ do 24º dia até a colheita	302 a b	15,53 a b	45,2 a	2,88 a
Média	301	15,17	42,38	2,27
C.V.%	8,60	8,64	11,17	10,16

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem a 5% de probabilidade para matéria fresca e 1% para matéria seca pelo teste de Tukey (means followed by the same letter in the column did not differ from each other by the Tukey test, P<0.05).

Tabela 2. Teores de nitrato na matéria fresca de alface crespa, cv. Vera, cultivada com soluções nutritivas de diferentes composições e manejo (Nitrate levels in the fresh matter of crisp lettuce, cv. Vera, cultivated under different compositions and use of nutritive solutions). Londrina, UEL, 2004.

Tratamento	Nitrato (mg kg ⁻¹)
210 mg L ⁻¹ de N na forma de NO ₃ ⁻ em todo ciclo	2407 bc*
189 mg L ⁻¹ de N na forma de NO ₃ ⁻ e 21 mg L ⁻¹ de N na forma de NH ₄ ⁺ em todo ciclo	1920 d
210 mg L ⁻¹ de N na forma de NO ₃ ⁻ até 24º dia substituída por 189 mg L ⁻¹ de N na forma de NO ₃ ⁻ e 21 mg L ⁻¹ de N na forma de NH ₄ ⁺ do 24º dia até a colheita	1756 d
210 mg L ⁻¹ de N na forma de NO ₃ ⁻ até 24º dia substituída por 105 mg L ⁻¹ do 24º dia até a colheita	3024 a
210 mg L ⁻¹ de N na forma de NO ₃ ⁻ até 24º dia substituída por 52,5 mg L ⁻¹ do 24º dia até a colheita	2465 b
Média	2314
C.V %	11,13

*Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey (means followed by the same letter in the column did not differ from each other by the Tukey test, P<0.05).

O teor médio de nitrato de 2314 mg kg⁻¹ (Tabela 2) é superior à média geral de 1588 mg kg⁻¹ encontrada por Bennini *et al.* (2002) em 32 amostras de alface hidropônica comercial, porém abaixo do limite máximo de 2500 mg kg⁻¹ de nitrato em folhas, admitido pela legislação europeia, com exceção do tratamento 4,

que apresentou média de 3024 mg kg⁻¹. O emprego de filme de polietileno (leitoso) com 50% de transparência, visando reduzir a temperatura, pode ter influenciado o aumento do teor de nitrato na parte aérea em todos os tratamentos.

Sabe-se que uma das maneiras para se reduzir o teor de nitrato na planta é a

diminuição de sua disponibilidade em solução, porém isto não ocorreu neste experimento. Os tratamentos 4 e 5, com menores concentrações de N-NO₃⁻ em solução nos últimos 10 dias do final do ciclo, não apresentaram redução do teor de nitrato na parte aérea. O tratamento 4 apresentou o maior teor de nitrato, pois houve concentração do mesmo em função do menor acúmulo de matéria fresca neste tratamento.

Economakis *et al.* (1997), trabalhando com concentrações de 50, 100 e 150 mg L⁻¹ de N como nitrato em solução nutritiva, não obtiveram diferenças de produtividade e teor de nitrato na parte aérea da alface. Reinink & Eenink (1988) mostraram em experimento com cultivares de alface em soluções contendo 96, 161 e 189 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻ haver baixa correlação entre teor de nitrato no caule, na raiz e matéria fresca da planta e concluíram que o conteúdo de nitrato é complexo e influenciado por diversos mecanismos fisiológicos.

Schoubeck *et al.* (1991), reduzindo o nitrato na solução nutritiva em 57% por quatro semanas antes da colheita, não obtiveram diminuição significativa no teor de nitrato nas folhas e nem na produção de matéria fresca da alface.

A substituição de 10% do N como amônio (N-NH₄⁺) por todo o ciclo (T2) ou por 10 dias no final do ciclo (T3) foi efetiva na redução de nitrato na parte aérea da alface (Tabela 2). Houve redução significativa no teor de nitrato nas partes comestíveis, com 1920 mg kg⁻¹ (T2) e 1756 mg kg⁻¹ (T3). Da mesma forma o trabalho de Van der Boon *et al.* (1990) mostrou redução do teor de nitrato em folha de alface com o uso de nitrato associado com amônio em solução hidropônica. Fernandes *et al.* (2002) conseguiram redução do teor de nitrato em folhas das cultivares Regina e Grandes Lagos com a utilização de 190,4 mg L⁻¹ de N em solução nutritiva, sendo 21,9% como amônio em relação à utilização exclusiva de nitrato, com valor máximo de 1700 mg kg⁻¹ de nitrato na matéria fresca. Os valores de nitrato em folhas obtidos por Fernandes *et al.* (2002) são similares aos tratamentos 2 e 3 deste experimento.

O consumo diário aceitável de nitrato preconizado pela Organização

Mundial de Saúde, de 3,65 mg kg⁻¹ de massa corpórea por dia (Escoín-Peña *et al.* 1998), que equivale a 237,25 mg para uma pessoa de 65 kg. No caso deste experimento, uma pessoa com essa massa poderia consumir 78 g de alface por dia com 3024 mg kg⁻¹ de nitrato (T4) ou 135 g da alface com 1756 mg kg⁻¹ de nitrato nas folhas (T3).

Conclui-se que a utilização de 10% do N total da solução nutritiva como amônio, por todo o ciclo ou no final do ciclo, foi efetiva na redução do teor de nitrato nas folhas de alface, cv. Vera, sem prejuízo da matéria fresca. Por outro lado, a redução da concentração de nitrato na solução nos 10 dias do final do ciclo não reduziu o teor nitrato nas folhas.

REFERÊNCIAS

- ANON J. 1997. The Commissions regulation (EC) Nr. 194/197. *The Official of the European Community* 31: 48-50.
- BENNINI ERY; TAKAHASHI HW; NEVES CSVJ; FONSECA ICB. 2002. Teor de nitrato em alface cultivada em sistema hidropônico e convencional. *Horticultura Brasileira* 20: 183-186.
- BLOM-ZANDSTRA G; LAMPE JEM. 1985. The role of nitrate in the osmoegulation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown at different light intensities. *Journal of Experimental Botany* 36: 1043-1052.
- BLOM-ZANDSTRA M. 1989. Nitrate accumulation in vegetable its relationship to quality. *Annals of Applied Biology* 115: 553-561.
- CATALDO DA; HAROON M; SCHRADER LE; YOUNGS VL. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 6: 71-80.
- CRADDOCK VM. 1983. Nitrosamines and human cancer: proof of an association. *Nature* 306: 638.
- ECONOMAKIS CD; KOLEILAT R; CHARTZOULAKS KS. 1997. Effect of nitrogen concentration on growth, water, and nutrient uptake of lettuce plants in solution culture. *Acta Horticulturae* 449: 223-228.
- ESCOIN-PEÑA MC; IBANEZ MAC; SANTAMARIA AA; LAZARO RC. 1998. Contenido de nitratos en lechugas y espinacas frescas. *Alimentaria* 29: 37-41.
- FERNANDES AA; MARTINEZ HEP; PEREIRA, PRG; FONSECA MCM. 2002. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. *Horticultura Brasileira* 2: 195-200.
- FINE DH; ROSS D; ROUNBEHLER DP; SILVERGLEIDA; SONGL. 1977. Formation *in vivo* of volatil N-nitrosamines in man after ingestion of cooked bacon and spinach. *Nature* 265: 753-755.
- FURLANI PR; SILVEIRA LCP; BOLONHEZI D; FAQUIM V. 1999. *Cultivo hidropônico de plantas*. Campinas: Instituto Agronômico. 52p.
- JUNQUEIRA H. 1999. Hortaliças, novos caminhos no ambiente protegido. *AGRIANUAL 99 - Anuário da Agricultura Brasileira*. São Paulo: FNP Consultoria e Comercio. p.35-38.
- KAFKAFI U. 1990. Root temperature, concentration and ratio NO₃/NH₄ effect on plant development. *Journal of Plant Nutrition* 13: 1291-1305.
- REININK K; EENINK AH. 1988. Genoptical difference in nitrate accumulation in shoots and roots of lettuce. *Scientia Horticulturae* 37: 13-24.
- LORENZO. 1978. Potential nitrate levels in edible plants. In: D. Neilson & J. MacDonald, Eds. *Nitrogen in the Environment, Soil - Plant - Nitrogen Relationship*. New York: Academic Press. p.201-209.
- McCALL D; WILLUMSEN J. 1998. Effects of nitrate and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. *Journal of Horticultural Science e Biotechnology* 73: 698-703.
- SHENG MINGZHU. 1982. Study of the accumulation and content of nitrate in vegetable crops. *Sica Horticulture* 11: 257-262.
- SHOUBECK MW; RIVERA R; BRIEN J; EBINGER S; DEGREGORIO RE. 1991. Variety selection and cultural methods for lowering nitrate levels in winter greenhouse lettuce and endive. *Journal of Sustainable Agriculture* 2: 49-75.
- VAN DER BOON J; STEENHUIZEN JW; STEINGROVER EG. 1990. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by chloride concentration, NH₄/NO₃ rate and temperature of the recirculating nutrient solution. *Journal of Horticultural Science* 65: 309-321.