

Influência do horário de colheita no teor de nitrato em alface hidropônica

Influence of the harvesting time in the level of nitrate in hydroponic lettuce

Carlize Chiavelli Lopes¹; Junior Hideu Tsuruda¹;
Alessandra Ianckievicz²; Fernando Ken Yti Onodera Kikuchi e Ianicelli Rodini²;
José Marcelo Basso²; Hideaki Wilson Takahashi^{3*}

Resumo

As hortaliças folhosas têm elevada capacidade de acumular nitrato nas folhas e pecíolos, mas o acúmulo desse íon pode causar malefícios à saúde humana. Entre os fatores que favorecem o acúmulo de nitrato encontra-se o horário de colheita que está relacionado com a intensidade luminosa, que influencia o funcionamento da enzima nitrato redutase. O trabalho teve como objetivo avaliar, em alface hidropônica, os teores de nitrato em diferentes horários de colheita e em três partes diferentes da planta. A colheita foi realizada às 6:00h, 9:00h, 12:00h, 15:00h e 18:00h, e as plantas foram divididas em três partes para serem analisadas (folhas externas, folhas internas e talo). Os resultados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, obtendo-se os maiores teores de nitrato nas porções de talo colhidos às 12 horas, com 2.702,40 ppm de nitrato na matéria fresca. As médias alcançadas pelas folhas internas foram maiores às 9 horas, com 1.879,28 ppm de nitrato na matéria fresca, já as folhas externas não tiveram diferença significativa entre os diferentes horários, sendo também o órgão de menor acúmulo de nitrato na planta.

Palavras-chave: *Lactuca sativa L.*, intensidade luminosa, redutase do nitrato

Abstract

The broadleaves vegetables have high ability to accumulate nitrate in the leaves and petioles, and this ion accumulation can cause harm to human health by forming carcinogens and cause a liver disease known as methaemoglobinaemia. The nitrate content can be influenced by time of harvest which is related to light intensity that can influence nitrate reductase activity. The study had the aim of evaluating the levels of nitrate at different harvesting time and in three different parts of hydroponic lettuce plants. The harvest was held at 6:00, 9:00, 12:00, 15:00 and 18:00 h, and the plants have been divided into three parts for consideration (external leaves, internal leaves and stalk). The results were submitted to Tukey test at 5% probability. The highest levels of nitrate were in the stalk harvested at 12:00h, with 2,702.40 ppm of nitrate in the fresh matter. The average achieved by internal leaves were higher at 9 am, with 1,879.28 ppm of nitrate in the fresh matter. The external leaves had no significant difference between different times, and also were the part with minor accumulation of nitrate in the plants.

Key words: *Lactuca sativa L.*, light intensity, nitrate reductase

¹ Engº Agrº, Universidade Estadual de Londrina, UEL. E-mail: carlize_lopes@hotmail.com; juninhotsuruda@hotmail.com

² Engº Agrº, Mestrandos em Agronomia no Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, UEL. Caixa Postal 6001, CEP 86051-990, Londrina, PR. E-mail: alessandraianckievicz@hotmail.com; fernando_rodini@hotmail.com; josemarcelob@hotmail.com

³ Prof. Dr. do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, UEL. Caixa Postal 6001, CEP 86051-990, Londrina, PR. E-mail: hwilson@uel.br

* Autor para correspondência

Introdução

A alface (*Lactuca sativa L.*) é uma das hortaliças folhosas mais presente na dieta da população brasileira, por ter baixo valor calórico, ser uma boa fonte de vitaminas e de sais minerais e pelo seu baixo custo, ocupando importante parcela do mercado nacional e adquirindo uma crescente importância na economia do país (OHSE et. al., 2001; COMETTI et. al., 2004; RESENDE et. al., 2005; BEZERRA NETO et. al., 2005; LOPES et. al., 2005).

Por ser sensível a condições climáticas adversas, uma alternativa de minimizar essa situação é o cultivo protegido da hortaliça (TURAZI et. al., 2006; AQUINO et. al., 2007). Neste contexto, o cultivo hidropônico representa uma opção vantajosa quando comparada ao cultivo convencional, por obter produtos de qualidade superior, mais uniformes, com maior produtividade, menor custo de mão-de-obra, menor gasto de água e de insumos agrícolas, além de preservar o meio ambiente (LOPES et. al., 2005).

A alface é a espécie mais difundida entre os produtores hidropônicos, por seu ciclo curto (45-60 dias), garantindo retorno de capital mais rápido, sendo que a técnica mais difundida no país é a do fluxo laminar de nutrientes (NFT = Nutrient Film Technique) (OHSE et. al., 2001; LOPES et. al., 2005). Contudo, é necessário acompanhamento técnico especializado para que se tenha a solução nutritiva balanceada que forneça nutrição adequada às plantas e evite, dentre outros problemas, o acúmulo excessivo de nitrato (FERNANDES et. al., 2002).

O crescente consumo de alface aumenta a preocupação com sua qualidade nutricional, principalmente com o excesso de nitrato na cultura (TURAZI et. al., 2006). A ingestão de nitrato em excesso pode acarretar sérios riscos à saúde humana, pela possibilidade de manifestações de efeitos tóxicos agudos e crônicos (HILL, 1999). O nitrato é prejudicial por provocar metahemoglobinemia infantil, carcinogênese e, possivelmente, até mesmo teratogênese (MCKNIGHT et. al., 1999).

Nesse sentido, alguns países da União Européia impõem limites nos níveis de nitrato nos vegetais que são consumidos pelo homem (TAIZ; ZEIGER, 2004). Vários países europeus têm estabelecido limites máximos tolerados de 3.500 a 4.500 mg de $\text{NO}_3^- \text{kg}^{-1}$ de massa fresca para cultivo de inverno e 2.500 mg de $\text{NO}_3^- \text{kg}^{-1}$ de massa fresca para cultivos de verão (VAN DER BOON apud COMETTI et. al., 2004).

O acúmulo de nitrato em plantas ocorre quando há desequilíbrio entre a absorção e a assimilação do íon, acarretado por diversos motivos, como adubação nitrogenada, caráter genético, intensidade luminosa, horário de colheita, disponibilidade de molibdênio, sistema de cultivo, época de cultivo, temperatura, umidade relativa do ar e do solo (FERNANDES et. al., 2002; FAQUIN; ANDRADE, 2004; MANTOVANI et. al., 2005). As quantidades de nitrato excedentes são armazenadas nos vacúolos. A capacidade de acumular este elemento não difere apenas entre espécies, mas também entre cultivares. (AQUINO et. al., 2007).

Dentre os fatores que favorecem o acúmulo de nitrato encontra-se o horário de colheita que está relacionado com a intensidade luminosa, que influencia o funcionamento da enzima nitrato redutase que participa na redução do nitrato absorvido em nitrito no citoplasma (KROHN et. al., 2003; TURAZI et. al., 2006).

O objetivo do presente trabalho foi verificar a influência do horário de colheita no teor de nitrato em diferentes órgãos da alface cultivar Verônica conduzida no sistema hidropônico NFT.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido em cultivo hidropônico no sistema de fluxo laminar de nutrientes (NFT) em casa de vegetação localizada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina. O clima é do tipo Subtropical Cfa (segundo classificação de Köppen), as coordenadas geográficas são 23°18'S e 51°09'W, 560 m de altitude.

A alface utilizada foi do tipo crespa, cultivar Verônica, sendo que suas mudas foram transplantadas para os canais de cultivo hidropônico dia 04/04/2006 e colhidas em 18/05/2006. As temperaturas máximas e mínimas atingidas neste cultivo foram de 27°C e 13°C, respectivamente.

A bancada de cultivo possuía quatro canos de PVC interligados em um único reservatório de 200 litros no qual era adicionada a solução nutritiva contendo os macronutrientes nas seguintes concentrações: N, 198 ppm, sendo 10% de N-NH₄⁺ e 90% de N-NO₃⁻; P, 43,6 ppm; K, 152,4 ppm; Ca, 233 ppm e S, 27 ppm. Os micronutrientes foram preparados segundo Sarruge (1975).

A passagem da solução nutritiva pelos tubos de PVC era de forma intermitente, sendo a bomba controlada por um “timer”, que, das 7 as 11 e das 15 às 18 horas, permanecia ligado 30 minutos e desligado 10 minutos. Das 11 às 15 horas permanecia ligado ininterruptamente; e das 18 às 7 horas permanecia ligado 10 minutos e desligado 50 minutos.

No transplante das mudas foi colocado 50% da composição da solução nutritiva no volume de 200L do reservatório, atingindo uma condutividade elétrica média de 1,00 mS cm⁻¹. Após dois dias da implantação das mudas no sistema hidropônico, ou seja, no dia 06/04/2006, a solução nutritiva que estava no reservatório foi eliminada e colocada nova solução, desta vez com receita de 100% dos nutrientes, atingindo uma condutividade elétrica média de 2,00 mS cm⁻¹. A partir desta data iniciou o controle de pH e condutividade elétrica (EC) da solução nutritiva, procurando manter o pH na faixa entre 5,8 a 6,2 e a condutividade elétrica próximo de 2,00 mS cm⁻¹.

As plantas atingiram o ponto de colheita cerca de 45 dias após o transplante, no dia 18/05/2006. Ela foi realizada em cinco diferentes horários: 6:00 h, 9:00 h, 12:00 h, 15:00 h e 18:00 h, estes constituindo os tratamentos juntamente com os diferentes órgãos da planta. Para tanto, após a colheita, foi determinado o peso fresco, separados em folhas externas (duas

camadas de folhas externas), folhas internas (restante das folhas) e caule (talo), lavados em água corrente, enxaguados em água destilada e secos em estufa de circulação de ar forçado a 60° C até peso constante. Em seguida, os materiais foram moídos em moinho tipo Willey, passados em peneira de 1,0 mm e armazenados em sacos de polipropileno. A determinação de nitrato foi realizada de acordo com o método de destilação de Bremner e Keeney (1965).

O delineamento estatístico foi o blocos casualizados arranjas no sistema fatorial 5x3, sendo 5 horários de colheita e 3 partes da planta. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Observa-se que não houve efeito significativo nos teores de nitrato entre os diferentes horários de colheita dentro de cada órgão analisado (Tabela 1), sendo que os resultados não ultrapassaram os limites máximos estipulados pela legislação Européia que, segundo Mantovani et al.(2005), é de 2500 mg de NO₃⁻ kg⁻¹ de massa fresca para cultivos de verão. Outros estudos realizados no verão como Cometti et al. (2004) e Krohn et al. (2003) também não ultrapassaram os níveis máximos de nitrato padronizados pela Europa.

Os estudos realizados no período de inverno, por Filgueiras, Takahashi e Beninni (2002) e por Beninni et al. (2002), também obtiveram níveis de nitrato dentro dos padrões, sendo que nesta época de cultivo por ser inverno haveria maior probabilidade de acúmulo de nitrato, devido à menor intensidade luminosa, no entanto, estes permaneceram dentro dos níveis estabelecidos pela Europa (3500 a 4500 mg de NO₃⁻ Kg⁻¹ para cultivo de inverno). Segundo Cometti et al. (2004) seria muito improvável encontrar níveis acima dos padrões europeus em cultivos de alface brasileiro, face às condições de elevada disponibilidade de

luz e temperatura nas condições de clima tropical mesmo no inverno. Nessas condições, a enzima nitrato redutase funciona a pleno vapor devido a abundância de fotossintetatos e por conseqüência o poder redutor da referida enzima transformando o nitrato absorvido em nitrito e depois a aminoácidos

não permitindo dessa forma acumular nitrato nas células (MARSCHNER, 1995). Dessa forma, em países de alta intensidade luminosa em todas as estações, como no caso do Brasil, pode-se considerar o horário de colheita um efeito insignificante para o acúmulo de nitrato em alface.

Tabela 1. Teor médio de nitrato em alface (*Lactuca sativa*) hidropônica (ppm na matéria fresca) em função do horário de colheita. Londrina (2006).

Horário	Órgão				C.V%
	Folha externa	Folha interna	Caule		
06:00	999,13 Ba	1029,73 Bb	1678,73 Ac		15,25
09:00	1225,61 Ca	1879,28 Ba	2282,14 Aab		17,10
12:00	902,10 Ca	1361,76 Bb	2702,40 Aa		20,31
15:00	790,63 Ba	1042,82 Bb	1964,72 Abc		11,68
18:00	885,63 Ba	1203,17 Bb	2130,50 Ab		19,60
C.V. %	25,28	16,12	8,96		

Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e mesma letra minúscula na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quando se comparou os teores de nitrato nos diferentes órgãos da alface, o caule apresentou os maiores teores seguido pelas folhas internas e por último pelas folhas externas, indicando que nas folhas externas expostas a maior luminosidade, maior fonte de energia para o funcionamento da redução assimilatória do nitrato comparado com folhas internas, apresentando maior atividade enzimática, o que diminuiu significativamente o teor de nitrato.

Esta conclusão também foi alcançada por Krohn et al. (2003), que ao analisarem folhas em diferentes posições na planta observaram que as folhas jovens apresentaram maior teor de nitrato que as demais, sendo este fato explicado pela morfologia da planta de alface, no qual as folhas mais jovens, as folhas internas, estão envolvidas pelas folhas maduras, as folhas externas, o que dificulta que as folhas internas recebam radiação solar direta. Assim, quanto menor a intensidade luminosa recebida pelas folhas, maior o teor de nitrato encontrado, como pode ser observado no trabalho de Aquino et al. (2007), os quais encontraram maiores teores

de nitrato em plantas cultivadas nos ambientes com restrição de luz (sob malhas), comparado com cultivo a céu aberto, também Beninni et al. (2002) obtiveram plantas mais pesadas e com menos nitrato em condições de alta intensidade luminosa e temperatura.

Dessa forma, Faquin e Andrade (2004) argumentam que a intensidade luminosa parece ser, dentre os fatores ambientais, o de influência mais marcante no acúmulo de nitrato em plantas, a explicação para esse acúmulo, que ocorre na ausência de luz ou baixa intensidade luminosa, é que nessas condições, não haveria nos cloroplastos, um fluxo de elétrons via ferredoxina suficiente para a nitrito redutase (RNO_2) reduzir o NO_2^- a NH_4^+ , com o conseqüente acúmulo de NO_2^- , esse acúmulo de NO_2^- (em baixas concentrações, pois é fitotóxico), promove uma inibição na atividade da nitrito redutase (RNO_3) no citoplasma, acumulando assim, o NO_3^- absorvido.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Cometti et al. (2004), que

verificaram maiores acúmulos de nitrato nos caules para os três tipos de cultura, orgânica, hidropônica e convencional, e menores acúmulos nos limbos das folhas basais (velhas), eles sugerem que o caule da alface funcione como o principal órgão de reserva temporário de compostos nitrogenados livres, principalmente nitrato e N-amino, além de açúcares solúveis, mas como para nutrição humana utilizam-se apenas as folhas, ele não representa fator de risco para a saúde.

Neste estudo o caule obteve maiores teores de nitrato, 2151,70 mg de NO_3^- kg^{-1} de massa fresca, seguido pelas folhas internas e em menor concentração pela folhas externas. Porém, como os caules não são utilizados para a nutrição humana a preocupação com este órgão é desnecessária. O teor médio de nitrato das folhas de alface em torno de 1000 ppm deste experimento mostra que conduzindo em condições equilibradas de nutrição não há perigo para a saúde humana consumir alface hidropônico é o que afirma também os estudos de Luz et al. (2008).

Conclusões

Não houve efeito consistente do horário de colheita no teor de nitrato nos diversos órgãos da alface;

A ordem de concentração de nitrato, de maior para menor, encontrados nos órgãos analisados foram: talo > folhas internas > folhas externas;

Os teores de nitrato encontrados no presente experimento estão dentro dos limites estabelecidos pela Comunidade Européia.

Referências

AQUINO, L. A.; PUIATTI, M.; ABAURRE, M. E. O.; CECON, P. R.; PEREIRA, P. R. G.; PEREIRA, F. H. F.; CASTRO, M. R. S. Produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes da alface sob sombreamento. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 25, n. 3, p. 381-386, 2007.

BENINNI, E. R. Y.; TAKAHASHI, H. W.; NEVES, C. S. V. J.; FONSECA, I. C. B. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 2, p. 183-186, 2002.

BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R. H. C.; ROCHA, R. C. C.; NEGREIROS, M. Z.; LEITÃO, M. M. V. B. R. de; NUNES, G. H. S.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; QUEIROGA, R. C. F. Sombreamento para produção de mudas de alface em alta temperatura e ampla luminosidade. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 1, p. 189-192, 2005.

BREMNER, J. M.; KEENEY, D. R. Steam distillation methods for determination of ammonia, nitrate and nitrite. *Anal. Chem. Acta*, Amsterdam, v. 32, p. 485-495, 1965.

COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S.; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M. S. Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 4, p. 748-753, 2004.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. *Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 88 p.

FERNANDES, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONSECA, M. C. M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.

FILGUEIRAS, R. C.; TAKAHASHI, H. W.; BENINNI, E. R. Y. Produção de alface hidropônico em diferentes condutividades elétricas. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 23, n. 2, p. 157-164, 2002.

HILL, M. J. Nitrate toxicity: myth or reality. *British Journal of Nutrition*, v. 81, 1999. Disponível em: <<http://journals.cambridge.org/download.php>>. Acesso em: 15 jul. 2008.

KROHN, N. G.; MISSIO, R. F.; ORTOLAN, M. L.; BURIN, A.; STEINMACHER, D. A.; LOPES, M. C. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 2, p. 216-219, 2003.

LOPES, J. C.; RIBEIRO, L. G.; ARAÚJO, M. G. de; BERALDO, M. R. B. S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 1, p. 143-147, 2005.

- LUZ, G. L.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; AMARAL, A. D.; MÜLLER, L.; TORRES, M. G.; MENTGES, L. A questão do nitrato em alface hidropônica e a saúde humana. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2388-2394, nov. 2008.
- MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 3, p. 758-762, 2005.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MCKNIGHT, G. M.; DUCAN, C. W.; LEIFERT, C.; GPLDEN, M. H. Dietary nitrate in man: friend or foe? *British Journal of Nutrition*, London, n. 81, p. 349-358, 1999. Disponível em: <<http://journals.cambridge.org/action/displayFulltext?type=6&fid=907028&jid=&volumeId=&issueId=05&aid=907024&fulltextType=RV&fileId=S000711459900063X>>. Acesso em: 02 ago. 2010.
- OHSE, S.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P. A.; SANTOS, O. S. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 181-185, jan./mar. 2001.
- RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G. Produção de alface americana em função de doses e épocas de aplicação de Supra Potássio®. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 2, p. 174-178, 2005.
- SARRUGE, J. R. Soluções nutritivas. *Summa Phytopatológica*, Jaguariúna, v. 1, n. 3, p. 231-233, 1975.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 717 p.
- TURAZI, C. M. V.; JUNQUEIRA, A. M. R.; OLIVEIRA, S. A. de; BORGIO, L. A. Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 24, n. 1, p. 65-70, 2006.