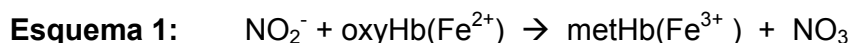


ACÚMULO DE NITRATO EM HORTALIÇAS E SAÚDE HUMANA¹

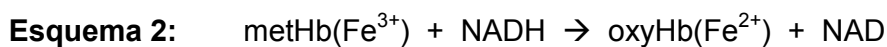
Prof. Valdemar Faquin
Doutor, Professor Titular em Nutrição Mineral de Plantas
Departamento de Ciência do Solo
Universidade Federal de Lavras
Lavras - MG

O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais exigidos pelas culturas, exigindo aplicações de doses elevadas nas adubações. E isso, particularmente com relação ao N, tem trazido preocupações sob dois aspectos: primeiro pela contaminação de águas subterrâneas e dos mananciais e, segundo, pela elevação dos teores de nitrato (NO_3^-) nos alimentos, principalmente naqueles de consumo *in natura* como as hortaliças e frutas.

As hortaliças folhosas, dentre elas a alface, espinafre, repolho, tendem a acumular o nitrato nos seus tecidos. A toxidez do nitrato em humanos, por si é baixa, mas de 5 a 10% do NO_3^- ingerido na alimentação é convertido a nitrito (NO_2^-) na saliva bucal ou por redução gastrintestinal (Boink e Speijers, 2001). O nitrito, entrando na corrente sanguínea oxida o ferro ($\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$) da hemoglobina, produzindo a metahemoglobina:



Esta forma de hemoglobina é inativa e incapaz de transportar o O_2 para a respiração normal das células dos tecidos, causando a chamada metahemoglobinemia (Wright e Davison, 1964), e as células sofrem por anoxia. Leifert et al. (1999) destacam que em pessoas adultas, esse processo é reversível devido à ação da enzima Redutase da Metahemoglobina (RM) e com a participação do agente redutor NADH (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo):



Já, crianças lactantes até três meses de idade, que nessa fase são deficientes na enzima RM e do cofator NADH, podem chegar à morte por asfixia, processo denominado de “síndrome do bebê azul”. O nitrito pode, também, combinar com aminas formando nitrosaminas, as quais são mutagênicas e cancerígenas (Maynard et al., 1976). De acordo com Leifert et al. (1999), em sua recente revisão sobre o “efeito do nitrato sobre a saúde humana”, é pouco evidente a formação de altos níveis de nitrosaminas a partir de nitrito e aminas no sistema gastrintestinal de humanos. Mengel e Kirkby (2001) comentam que se há síntese de nitrosaminas a partir do nitrito no trato digestivo de humanos, a quantidade produzida é extremamente baixa, na ordem de 1:20.000. Leifert et al. (1999) citam que os resultados de estudos epidemiológicos para estabelecer a relação entre a ingestão de nitrato e câncer gastrintestinal são conflitantes e contraditórios. Alguns trabalhos

¹ Texto compilado da literatura:

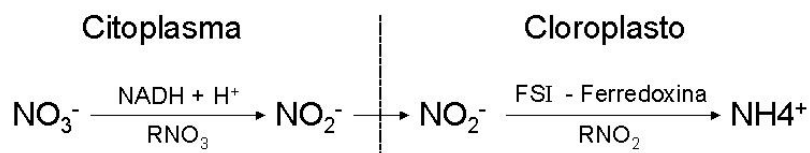
Faquin, V. Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 88 p.

sugerem essa hipótese, outros relatam que não há nenhum risco e outros afirmam que o consumo de vegetais com alto teor de nitrato reduzem a possibilidade de ocorrência de câncer gástrico. Esses autores relatam ainda, resultados de pesquisas comparando a morte por câncer gástrico de grupos de pessoas vegetarianas e não vegetarianas. Os vegetarianos ingerem cerca de 135 a 185 mg de nitrato por pessoa por dia e os não vegetarianos, de duas a três vezes menos, em torno de 61 mg por dia. Mas, o número de morte por câncer gástrico é menor no grupo de vegetarianos em cerca de 20 a 40%. Lembrem, também, que os vegetais e frutos são fontes de ácido ascórbico, um conhecido agente redutor inibidor da formação de nitrosaminas.

Um outro efeito do nitrito na saúde humana é a diminuição da pressão sangüínea, devido sua conhecida propriedade vaso-dilatador (Boink e Speijers, 2001). Esses autores sugerem que nessas condições (pressão baixa), a hipertrofia (aumento do tamanho das células) observada na glândula supra-renal, é uma resposta fisiológica do organismo à queda da pressão e não devido a um efeito tóxico do nitrito. Citam, também, que a atribuição de um papel importante do nitrito na indução de tumores cancerígenos é um equívoco.

Na União Européia (UE) o máximo teor permitido de nitrato em espinafre é de 2.500 a 3.000 mg kg⁻¹ de produto fresco; em alface de 3.500 a 4.500 mg kg⁻¹ de peso fresco e no espinafre congelado de 2.000 mg kg⁻¹ de produto processado (Boink e Speijers, 2001). De acordo com a FAO, para os humanos, o Índice de Máxima Ingestão Diária Admissível para o nitrato e nitrito é de 5 mg kg⁻¹ e de 0,2 mg kg⁻¹ de peso corporal, respectivamente.

Para ser metabolizado pela planta, ou seja, incorporado a compostos orgânicos formando aminoácidos, proteínas e outros compostos nitrogenados, o nitrato (NO₃⁻) absorvido pelas raízes deve ser necessariamente reduzido para amônio (NH₄⁺). Esta redução, na maioria das plantas ocorre nas folhas e em duas etapas: a primeira no citoplasma, onde o NO₃⁻ passa para NO₂⁻, e é mediada pela enzima Redutase do Nitrato (RNO₃); a segunda nos cloroplastos, onde o NO₂⁻ passa para NH₄⁺, mediada pela Redutase do Nitrito (RNO₂). No primeiro estágio, o agente redutor é o NADH, originado na respiração, e no segundo estágio, nos cloroplastos, o agente redutor é a Ferredoxina, cujos elétrons são originados no Fotossistema I (FSI) da fase clara da fotossíntese:



Assim, o NO₃⁻ absorvido pelas raízes, reduzido a NH₄⁺, é incorporado a compostos orgânicos, formando os diversos compostos nitrogenados da planta.

Diversos são os fatores que afetam a redução e o conseqüente acúmulo de do nitrato nas plantas, citando-se os genéticos e os ambientais. Dentro dos ambientais, o suprimento de NO₃⁻ às plantas e a intensidade luminosa são os mais importantes.

O sistema de cultivo pode, também, afetar o teor de nitrato nas hortaliças. Encontram-se na literatura muitos trabalhos comparando sistemas de produção de alface (convencional, orgânico e hidropônico) no acúmulo de nitrato na cultura. Recentemente, Miyazawa e colaboradores (Miyazawa et al., 2000; Miyazawa et al., 2001) fizeram um levantamento dos teores de nitrato em folhas de alface produzidas

nos três sistemas de produção citados, cujas amostras foram coletadas de produtores da região de Londrina-PR. Os resultados publicados pelos autores foram que, mais de 70% das amostras da alface hidropônica apresentaram teores de NO_3^- entre 6.000 a 12.000 mg kg^{-1} de matéria seca (MS) de folhas e apenas 3% tinham teores inferiores a 3.000 mg kg^{-1} de MS. No sistema orgânico, apenas 25% das amostras apresentaram teores superiores a 3.000 mg kg^{-1} de MS; o sistema convencional apresentou resultados intermediários, com 42% das amostras entre 3.000 e 6.000 mg kg^{-1} de MS.

Baseando-se nesses resultados, muitas notas alarmantes foram publicadas em algumas revistas impressas e eletrônicas, enaltecendo o risco de se consumir produtos obtidos em hidroponia, visto seu alto acúmulo de nitrato. Cita-se como exemplo, Boletim Pecuario, nº 306 de 11/10/2001, com o título: “Pesquisa demonstra o perigo no consumo de hidropônicos”; ICEPA (www.icepa.com.br/observatorio/noticias1001/no1110b.htm), com o título: “O consumo de hidropônicos é perigoso para a saúde”; HortiCiência (Site da Sociedade de Olericultura do Brasil: www.horticiencia.com.br/news2.asp?id=276 de 18/10/2001), com o título “Pesquisa demonstra perigo no consumo de hidropônicos” e Darolt, M. R. (www.jornaldeagroecologia.com.br/textos/agroeco_190401.pdf), com o título: “A qualidade nutricional do alimento orgânico é superior ao convencional?”

Mas, a interpretação dos resultados publicados por Miyazawa e colaboradores foi um grande equívoco, visto que a unidade de concentração de nitrato nas folhas de alface foi expressa na base seca e não na matéria fresca (MF) das folhas, como é estabelecido nos padrões internacionais, como citado para a União Européia. Assim, considerando que as folhas de alface apresentam 4% de matéria seca (Furlani et al., 1978; Fernandes et al., 2002), os reais teores de NO_3^- na matéria fresca do trabalho de Miyazawa foram multiplicados por 25 vezes, quando foram expressos em matéria seca. E esse fato não foi observado e nem citado em nenhuma das notas alarmantes, publicadas por autores certamente leigos no assunto. Dessa maneira, os valores máximos de 12.000 mg kg^{-1} de nitrato na matéria seca da alface hidropônica, citados no trabalho de Miyazawa, na realidade, correspondem à 480 mg kg^{-1} de nitrato na matéria fresca, muito abaixo dos limites de 3.500 a 4.500 mg kg^{-1} de matéria fresca estabelecidos pela UE. Nesse caso, para se atingir o Índice de Máxima Ingestão Diária Admissível, o consumidor de 70 kg deve comer mais de três cabeças de alface por dia e não apenas de 4 a 9 folhas, como erradamente citado nas referidas notas.

Comprovação desse equívoco encontra-se no trabalho de Beninni et al. (2002), que compararam os teores de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional (Tabela 1), cujas amostras também foram obtidas em Londrina-PR. Observa-se que os resultados foram adequadamente expressos com base na matéria fresca de folhas e que os teores de nitrato em ambos os sistemas foram bem abaixo do padrão estabelecido pela legislação européia. Vários trabalhos recentes realizados no Brasil confirmam esses resultados, citando-se Mondin (1996) e Fernandes et al. (2002).

Em hidroponia, as soluções usadas são ricas em nitrato, na forma prontamente disponível e em condições favoráveis à absorção pelas raízes. Assim, os teores de nitrato nos produtos hidropônicos tendem a ser superiores aos observados nas plantas cultivadas em outros sistemas (Tabela 1), embora, Mondin (1996) tenha observado o contrário trabalhando com diversas cultivares de alface.

Uma forma para se tentar reduzir a absorção e o acúmulo de NO_3^- pela alface hidropônica, seria a sua substituição pela forma amoniacal (NH_4^+). Mas, o amônio

(NH₄⁺) em concentração acima de 15% do N total da solução, reduz a produção e a qualidade visual da alface, como mostrado por Faquin et al. (1994).

TABELA 1. Teores de nitrato em alface cultivada em sistemas convencional e hidropônico.

Sistema de cultivo	Nº de amostras	Teores de NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹ de Mat.Fresca)			
		Média	Máxima	Mínimo	Padrão
Convencional	30	939	1910	26	4500
Hidropônico	32	1588	2568	471	4500

Fonte: Adaptado de Beninni et al. (2002)

A intensidade luminosa parece ser, dentre os fatores ambientais, o de influência mais marcante no acúmulo de nitrato em plantas. O acúmulo de NO₃⁻ que ocorre quando as plantas são submetidas à baixa intensidade luminosa é bem documentado (Wright e Davison, 1964; Maynard et al., 1976). 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 redutase do nitrito (RNO₂) reduzir o NO₂⁻ a NH₄⁺, com o conseqüente acúmulo de NO₂⁻ (ver esquema anterior). Esse acúmulo de NO₂⁻ (em baixas concentrações, pois é fitotóxico), promove uma inibição na atividade da redutase do nitrato (RNO₃) no citoplasma, acumulando assim, o NO₃⁻ absorvido.

Desta maneira, em plantas cultivadas no solo, em vasos ou em “floating” com solução nutritiva e em hidroponia com circulação constante (dia e noite), ocorre um acúmulo de NO₃⁻ durante a noite e redução do seu teor durante o dia. Foi o que mostraram Faquin et al. (1994), em alface cultivar Elisa, cultivada em vasos com solução n° 2 de Hoagland e Arnon (1939) diluída a 3/5 (Tabela 2). Observa-se que no tratamento onde todo o N da solução foi fornecido na forma de nitrato, o seu teor na matéria fresca das folhas das plantas colhidas às 16:00 h foi 40% menor em relação àquelas colhidas às 6:00 h. Desses resultados, conclui-se que para a alface cultivada no solo ou em solução nutritiva de circulação constante, uma forma prática de se reduzir os teores de NO₃⁻ na alface comercializada, seria realizar a colheita das plantas no final da tarde.

TABELA 2. Efeito das relações NO₃⁻:NH₄⁺ na solução nutritiva e do horário de colheita sobre o peso fresco da parte aérea e teores de nitrato na matéria fresca de folhas de alface.

Relação NO ₃ ⁻ :NH ₄ ⁺	Horário de Colheita			
	6:00h	16:00h	6:00h	16:00h
	Mat. Fresca (g planta ⁻¹)		Teor de NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹ MF)	
100:00	300 a A	302 a A	1108 a A	680 a B
85:15	248 a A	250 a A	1032 a A	548 ab B
70:30	128 b A	123 b A	444 b A	256 c B
55:45	100 b A	98 b A	340 b A	312 bc A
40:60	115 b A	100 b A	328 b A	276 c A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na mesma linha, para cada variável, não diferem entre si (Tukey 5%).

Fonte: Adaptado de Faquin et al. (1994)

Já nos sistemas hidropônicos de cultivos comerciais da alface (NFT), a circulação da solução nutritiva pelos canais de cultivo é efetuada apenas durante o dia (das 6:00 às 18:00 horas, por exemplo), e de maneira intermitente com intervalos de 15 minutos. À noite, a circulação por 15 minutos é usada apenas a intervalos de 3 a 4 horas. Assim, a quantidade de NO_3^- absorvida durante a noite é bastante pequena, não se esperando, nesse caso, um acúmulo significativo de nitrato nas plantas colhidas pela manhã em relação àquelas colhidas a tarde.

Esse fato foi confirmado por Faquin et al. (1996), que analisaram (de acordo com Cataldo et al., 1975) os teores de nitrato (NO_3^-) em folhas de alface cultivar Verônica, colhida aos 30 dias após o transplante (ponto comercial). A solução nutritiva utilizada foi a proposta por Furlani (1995), condutividade elétrica mantida entre 2,0 a 2,5 mS cm^{-1} e pH de 5,5 a 6,5, monitorados diariamente. Durante o dia (das 6:00 às 18:00 h), houve circulação intermitente da solução com intervalos de 15 minutos e à noite, circulação por 15 minutos às 22:00 e 2:00 h. Os resultados obtidos foram os seguintes (média de 5 repetições):

- colheita às 6:00 h = 406,2 mg kg^{-1} de NO_3^- em folhas frescas
- colheita às 16:00h = 436,9 mg kg^{-1} de NO_3^- em folhas frescas

Concomitantemente, os mesmos autores analisaram os teores de NO_3^- em folhas de alface cultivar Regina, no ponto de comercialização, cultivada em solo sob estufa. A fertilização foi a seguinte: no canteiro – 150g m^{-2} de 4-14-8 e 5 litros m^{-2} de esterco de curral curtido; duas coberturas nitrogenadas com sulfato de amônio, totalizando 30mg m^{-2} de N. Os resultados foram (média de 5 repetições):

- colheita às 6:00 h = 459,9 mg kg^{-1} de NO_3^- em folhas frescas
- colheita às 16:00 h = 370,6 mg kg^{-1} de NO_3^- em folhas frescas

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

- no período noturno não houve acúmulo de NO_3^- na alface hidropônica, mas sim, uma diminuição no seu teor em torno de 7%;
- para a alface cultivada no solo sob estufa, na ausência de luz, houve um aumento do teor de NO_3^- em torno de 20%;
- considerando o acúmulo de NO_3^- , a colheita da alface hidropônica pode ser realizada a qualquer hora do dia;
- tanto para alface hidropônica quanto para a cultivada no solo sob estufa, os teores de NO_3^- estiveram, nas condições analisadas, bem abaixo dos limites máximos admitidos na Europa para essa hortaliça, não comprometendo, portanto, sua qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

- BOINK, A.; SPEIJERS, G. Health effect of nitrates and nitrites, a review. *Acta Horticulturae*, n. 563, p. 29-36, 2001.
- CATALDO, D.A.; HAARON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communication Soil Science and Plant analysis*. New York, 6:71-90, 1975.
- FAQUIN, V.; MARQUES, E.S.; SANTOS, H.S.; DUBOC, E. Crescimento e concentração de nitrato em alface sob influência da relação $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ e cloro na solução nutritiva e do horário de colheita. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21, Petrolina, 1994. Anais. Petrolina, SBCS, 1994. p.152-153.
- FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; VILELA, L.A.A. Produção de alface em hidroponia. Lavras, UFLA/FAEPE, 1996. 50 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.
- FURLANI, A.C.M.; FURLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R.; GALLO, J.R. Composição mineral de diversas hortaliças. *Bragantia*, Campinas, v. 37. n. 5, p. 33-44, 1978.
- FURLANI, P.R. Cultivo de alface pela técnica de hidroponia NFT. Campinas, Instituto Agrônomo, 1995. 18p. (Documentos IAC,55)
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water-culture method of growing plants without soil. Berkeley, California Agricultural Experiment Station, 1950. 31p. (Circular, 347).
- LEIFERT, C.; FITE, A.; LI, H.; GOLDEN, M.; MOWET, A.; FRAZER, A. Human health effects of nitrate. In: IFA Agricultural Conference on Managing Plant Nutrition, 1999, Barcelona. Proceeding... Barcelona:IFA, 1999. 9p.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.
- MONDIN, M. Efeito de sistema de cultivo na produtividade e acúmulo de nitrato em cultivares de alface. Jaboticabal, UNESP/FCAV, 1996. 88p. (Tese – Doutorado)
- MAYNARD, D.N.; BARKER, A.V.; MINOTTI, P.L.; PECK, N.H. Nitrate accumulation in vegetables. *Advances in Agronomy*, New York, 28:71-118, 1976.
- MIYAZAWA, M.; KHATOUNIAN, C. A.; ODENATH-PENHA, L. A.; CARBALHAL, R. F.; POSSARI, R. Teor de nitrato nas folhas de alface produzida em três diferentes métodos de cultivo. In: FERTBIO2000, Santa Maria, 2000. Anais... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. CD-Rom.

- MIYAZAWA, M.; KHAUTONIAN, C. A.; ODENATH-PENHA, L. A. Teor de nitrato nas folhas de alface produzidas em cultivo convencional, orgânico e hidropônico. Agroecologia Hoje. Ano II, nº 7, fev./mar. 2001, p. 23.
- VAN DER BOON, J.; STEENHUIZEN, J.W.; STEINGROVER, E.G. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by nitrogen and chloride concentration, $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. Journal of Horticultural Science, Alexandria, 65(3):309-321, 1990.
- WRIGHT, M.J.; DAVISON, K.L. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. Advance in Agronomy, New York, 16:197-274, 1964.