

TEOR DE NITRATO EM CULTIVARES DE ALFACE PRODUZIDOS EM SISTEMA CONVENCIONAL E HIDROPÔNICO

YIELD AND NITRATE CONTENT IN CULTIVARS OF LETTUCE PRODUCED UNDER DIFFERENT SYSTEMS OF CULTIVATION

SILVANA OHSE¹
HERCULES NOQUEIRA FILHO²
DURVAL DOURADO NETO³
PAULO AUGUSTO MANFRON⁴
FERNANDA LONDERO⁵

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi determinar o rendimento (produção de massa fresca e de massa seca) e o teor de nitrato em cultivares de alface produzidos sob diferentes sistemas de cultivo. A produção de massa fresca de alface sob hidroponia foi 21,4% superior às de alface produzida no sistema convencional, não revelando proporcionalidade em produção de massa seca. O teor de nitrato em alface sob hidroponia foi 15,3% superior à de alface produzida no sistema convencional, que ainda assim, ficou muito abaixo dos limites máximos permitidos para a cultura, não diferindo entre cultivares. A hidroponia da alface apresentou-se viável por alcançar maior rendimento e menor ciclo.

Palavras-chave: Hidroponia, nitrato, alface, sistema convencional.

¹ Eng. Agrôn., Dr., Prof^a. Substituta do Dep. De Botânica da UFSC. Ohse@ccb.ufsc.br.

² Eng. Agrôn., M.Sc., - UFSM, Caixa postal 105, CEP 97.105-900 Santa Maria, RS.

³ Eng. Agrôn., Dr., Prof. Adjunto Dep. Produção Vegetal, ESALQ/USP. Bolsista do CNPq.

⁴ Eng. Agrôn., Dr., Prof. Titular Dep. Fitotecnia, UFSM.

⁵ Eng. Agrôn., Mestranda em Fitotecnia, UFSM

ABSTRACT

The purpose of this research was to define the yield and the nitrate accumulation in cultivars of lettuce grown in different cultivation systems. The production of the fresh weight of the hydroponic lettuce was 21,4% higher than the lettuce produced under conventional system, not presenting proportionality in the production of dry weight. The nitrate content in hydroponic lettuce was 15,3% higher than the lettuce produced under conventional system, however, much below of the highest limits permitted for this culture, don't differing between cultivars. The lettuce hydropony showed up practicable for its larger yield and shorter cycle.

Key-words: Hydropony, nitrate, lettuce, conventional system.

INTRODUÇÃO

As hortaliças, juntamente com a água potável, representam as principais fontes alimentares fornecedoras de nitrato ao homem. Com uma suplementação abundante de nitrogênio, a absorção de nitrato pela planta pode exceder a redução e assimilação deste, levando à sua acumulação. Efeitos perigosos à saúde humana podem ocorrer quando vegetais ricos em nitrato são consumidos, principalmente por fumantes. Por essa razão, têm-se estabelecido limites para o teor de nitrato em vegetais.

Os limites máximos de nitratos permitidos em alimentos não estão bem definidos e são muito divergentes entre autores e países, mas a Organização Mundial para Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceram como admissível a dose diária de nitrato de 3,65 mg kg⁻¹ de massa corpórea (WHO, 1974). O limite máximo permitido para teores de nitrato na massa fresca de alimentos pela comunidade européia varia de 1500 a 4500 mg kg⁻¹, dependendo da época do ano (Boon *et al.*, 1990; Steingröver *et al.*, 1993 e McCall & Willumsen, 1998).

O nitrato ingerido através dos alimentos pela população humana sofre na boca ação microbiana, reduzindo-se a nitrito. Este, na corrente sanguínea, oxida o ferro (Fe²⁺ → Fe³⁺) da hemoglobina, produzindo a metahemoglobina. Essa forma de hemoglobina é incapaz de transportar o oxigênio, causando a chamada metahemoglobinemia. Enquanto esse processo é reversível em pessoas adultas, pode levar lactentes à morte, principalmente até os três meses de idade (Maynard *et al.*, 1976).

A capacidade de acúmulo de nitrato pelas plantas é de caráter genético, sendo, porém, grandemente influenciada por outros fatores, tais como: disponibilidade do íon, disponibilidade de molibdênio, intensidade luminosa, temperatura, umidade relativa do ar, época de cultivo, sistema de cultivo, entre outros (Maynard *et al.*, 1976). O cultivo convencional, ou seja, em solo, requer: a incorporação de fertilizantes, irrigação, controle de plantas daninhas, pragas e doenças. Esse, sem dúvida é o sistema de maior representatividade na produção nacional. O sistema hidropônico caracteriza-se pelo

uso de uma solução nutritiva fornecendo os nutrientes para o desenvolvimento das plantas. Os dois sistemas requerem a incorporação de fertilizantes, só que um é no solo e outro na solução hidropônica. No entanto, no sistema convencional o nitrogênio é fornecido parcelado, sendo parte fornecido na sementeira e outras em cobertura, devido ao fato de o mesmo ser altamente móvel no solo, reduzindo o aproveitamento pela cultura em ciclo.

Este trabalho procurou avaliar a influência do sistema de cultivo convencional e hidropônico sobre a produção de massa fresca, produção de massa seca e acúmulo de nitrato pela planta de alface, uma hortaliça de uso e consumo generalizado, considerada uma planta acumuladora de nitrato.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido de 09 de outubro a 10 de dezembro de 1998, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS. Os tratamentos constaram da combinação de seis cultivares de alface (Aurora, Brisa, Lívia, Mimososa, Regina e Verônica) e dois sistemas de cultivo (convencional e hidropônico), constituindo um fatorial 2x6. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com duas repetições.

A sementeira foi realizada no dia 09 de outubro em bandejas de poliestireno expandido (marca isopor) de 288 células, previamente preenchidas com substrato comercial Plantmax. Posteriormente, as bandejas foram colocadas para flutuar sobre uma lâmina de aproximadamente 0,05 m de solução nutritiva sugerida por Castellane & Araújo (1995), diluída a 25% (Tabela 1), sistema chamado piscina. A “piscina” foi construída em madeira, com 8,0 cm de profundidade e dimensões de 4,5 m x 1,5 m, perfazendo uma área de 6,75 m², recoberta com plástico dupla face para evitar vazamentos e suportada por dois cavaletes de metalão com 0,8 m de altura, mantendo uma lâmina de solução de aproximadamente 5,0 cm e um desnível de 1% para que a solução fosse recolhida na parte inferior, retornando ao reservatório por gravidade. As mudas permaneceram nesse sistema até atingirem 4 a 5 folhas. Retiraram-se as mudas das bandejas, lavou-se o seu sistema radicular naquelas que foram transferidas para o berçário ou fase intermediária do sistema hidropônico, no qual utilizou-se solução nutritiva diluída a 50% (Tabela 1). As mudas destinadas ao sistema convencional foram com torrão (substrato), ou seja, não se efetuou a retirada do substrato.

Sistema Convencional

No sistema convencional a adubação foi somente mineral segundo análise do solo, utilizando-se o adubo 0-5-15 de NPK. A adubação nitrogenada fornecida foi de

100 kg ha⁻¹ dividida em três aplicações (1/3 na base; 1/3 15 DAT (dias após o transplante) e 1/3 30 DAT), utilizando-se a uréia. O solo da área experimental é um Podzólico Vermelho Amarelo (PVA). Foram preparados dois canteiros, com 2,0 m de comprimento e 1,2 m de largura; o espaçamento foi de 0,18 m entre linhas e 0,25 m entre plantas na linha, totalizando 48 plantas por parcela. A irrigação manual foi realizada desde o transplante até a colheita.

Sistema Hidropônico

A estrutura do berçário constou de uma bancada composta de uma telha de fibra de vidro recoberta com tinta betuminosa (neutrol), com 4,0 m x 2,1 m de dimensão e canais com 3,0 cm de profundidade, utilizando-se para a sustentação das plantas placas de poliestireno expandido (ISOPOR®) com 2,0 cm de espessura, perfuradas com orifícios de 3,0 cm de diâmetro para a alocação das mudas, espaçadas 10,0 cm entre plantas no canal e 7,0 cm entre canais distintos. Para a fixação das mudas foram utilizados círculos de espuma de 3,0 cm de diâmetro cortados até o centro. Essa fase é intermediária entre a produção de mudas e a produção final e, por esta razão, é assim chamada. Objetiva o desenvolvimento do sistema radicular e a adaptação das plantas ao sistema NFT.

No berçário a circulação foi controlada por um temporizador, o qual manteve a circulação por 15 minutos e a suspendeu pelo mesmo período durante o dia (6:00 às 18:00 horas) e, durante a noite, manteve por 15 minutos e suspendeu por 2 horas e 45 minutos. As mudas permaneceram nessa fase o tempo suficiente para adquirirem um bom sistema radicular e um maior crescimento da parte aérea, sendo então transferidas para a bancada de produção.

O leito hidropônico da bancada de produção constou de uma telha de cimento-amianto pintada com tinta neutrol. O espaçamento foi de 0,18 m entre canais e 0,25 m entre plantas no canal. As bancadas de produção possuíam 3,7 m de comprimento e 1,1 m de largura com uma declividade de 1%, contendo 84 plantas por parcela. Para a sustentação das plantas utilizaram-se placas de poliestireno expandido de 0,02 m de espessura. Utilizaram-se 400 litros da solução nutritiva armazenada em reservatórios com capacidade para 500 litros, cada qual alimentando uma bancada com seis canais. A circulação da solução foi realizada por um conjunto moto-bomba de 0,5HP numa vazão de 1,8 litros por minuto e controlada por um temporizador, o qual manteve a circulação por 15 minutos a intervalos de 15 minutos durante o dia (das 6:00 às 18:00 horas) e durante a noite permaneceu ligado por 15 minutos às 22:00 e 02:00, fornecendo 2,38 litros por planta.

A solução nutritiva utilizada em todas as fases foi a sugerida por Castellane & Araújo (1995) e, no caso da bancada de produção, utilizou-se a solução 100%, a qual é apresentada na Tabela 1. Em 01/11, as mudas destinadas ao sistema convencional

foram transplantadas para os canteiros e as do sistema hidropônico transferidas para o berçário, onde permaneceram até 11/11, quando foram levadas para a bancada de produção. A colheita foi realizada entre 7:00 e 9:00 horas, sendo no sistema hidropônico efetuada no dia 01/12, e no sistema convencional no dia 10/12, por não terem atingido o ponto de colheita na mesma data.

O volume do reservatório foi completado diariamente com água. Em seguida, efetuavam-se as leituras do pH e da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva. O pH foi mantido em torno de $6,0 \pm 0,2$, utilizando-se para sua redução o H_2SO_4 2N e para sua elevação NaOH 2N. A condutividade elétrica inicial foi de $3,14 \text{ dS m}^{-1}$ e na data da colheita foi de $1,21 \text{ dS m}^{-1}$ e por ser superior à $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, a reposição e/ou troca da solução não foi realizada.

Foram coletadas quatro plantas (somente a parte aérea) por canal no sistema hidropônico e quatro por linha no sistema convencional. Efetuou-se a pesagem para estimar a massa fresca, sendo este material colocado em sacos de papel e, levados à estufa de circulação forçada de ar a 55°C para a obtenção da massa seca. Após a moagem desse material, determinou-se o teor de nitrato segundo a metodologia sugerida por Cataldo *et al.* (1975). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F ao nível de 5%. Como não houve interação, efetuou-se a comparação das médias pelo teste de Tukey 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de massa fresca (PMF) de plantas de alface cultivadas no sistema hidropônico foi 21,4% superior à alface produzida no sistema convencional, colhida aos 53 e 63 dias após a semeadura (DAS), respectivamente, não apresentando essa proporcionalidade na produção de massa seca (PMS). Já no sistema convencional, o número de folhas por planta (NF) e o teor de nitrato em alface foram 34,9% e 15,3% superior e inferior aos obtidos no sistema hidropônico, respectivamente (Tabela 2). O fato das plantas de alface terem acumulado mais nitrato quando produzidas no sistema hidropônico, deve-se provavelmente ao maior ciclo apresentado no sistema convencional, uma vez que, vários autores citam que o teor de nitrato decresce com a proximidade da maturação ou com a idade da planta (Maynard *et al.*, 1976 e Kaiser & Huber, 1994).

O sistema de cultivo hidropônico levou a cultura da alface a apresentar maior rendimento e também o maior teor de nitrato (Tabela 2). Estes dados concordam com Wright & Davison (1964), que afirmam que, em algumas culturas o teor de nitrato tem sido associado positivamente com o rendimento máximo.

Mondin (1996) encontrou PMF para os sistemas de cultivo hidropônico e organo-mineral aos 79 DAS, respectivamente, inferior e superior aos aqui apresentados. A PMS obtida nos sistemas convencional e hidropônico, foi semelhante à encontrada por Mondin (1996) para o sistema hidropônico e organo-mineral. Já Silva *et al.* (1996) obtiveram valor médio inferior para esse parâmetro quando da produção de alface em solução nutritiva. Castro & Ferraz (1998) e McCall & Willumsen (1998) obtiveram PMS e teor de nitrato em alface, respectivamente, inferior e superior aos valores médios deste experimento. As diferenças encontradas não só se devem às variações de adubação, de manejo e das condições ambientais e climáticas locais, mas aos diferentes ciclos, época de cultivo e os teores de nitrato na metodologia de análise.

No mesmo local onde foi realizado este trabalho, porém durante o inverno, Schmidt (1999) obteve valores de PMF, PMS e NF em alface hidropônica inferiores aos alcançados nesse experimento, o que pode ser devido, principalmente à época de cultivo, pois o desenvolvimento e crescimento das plantas são maiores e mais rápidos em períodos de maior luminosidade e temperatura. Valores inferiores também foram encontrados por Costa *et al.* (1997) para os parâmetros PMF e PMS em cultivo hidropônico de alface, cultivar Babá; no entanto, em NF o valor foi superior. Mondin (1996) obteve para alface valor médio de folhas por planta em cultivo hidropônico, superior; já quando o autor utilizou o sistema organo-mineral, o valor médio foi semelhante ao obtido no sistema convencional.

A cultivar Mimosa alcançou maior PMF e a cultivar Brisa apresentou o menor valor, não apresentando proporcionalidade em PMS (Tabela 3). A cultivar Mimosa é recomendada para plantio em épocas de temperaturas mais amenas (fevereiro a setembro), no entanto, apresentou maior rendimento durante a primavera (novembro e dezembro), com crescimento rápido, devendo-se, no entanto, ter cuidado com o pendoamento precoce.

Observa-se na Tabela 3 que os cultivares do tipo folhas lisas (Aurora, Livia e Regina) apresentaram número de folhas por planta superior os cultivares do tipo folhas crespas em cerca de 35,3%. É característica dos cultivares do tipo folha lisa apresentarem maior número de folhas, porém de menor tamanho que às cultivares do tipo folhas crespas. Quanto ao teor de nitrato não houve diferença significativa entre cultivares.

Os teores médios de nitrato obtido encontram-se abaixo do limite máximo permitido pela comunidade europeia (McCall & Willumsen, 1998). Segundo a FAO e a OMS, uma pessoa de 65 kg pode ingerir diariamente 237,25 mg de nitrato, correspondendo ao consumo de 848,07 g de alface cultivada no sistema convencional e 718,61 g quando produzida sob hidroponia diariamente, o que corresponde aproximadamente a 3,9 e 2,6 cabeças de alface, respectivamente.

No sistema hidropônico o rendimento da alface foi maior em um período de tempo menor, apresentando maiores teores de nitrato, os quais, mesmo assim, encontram-

se muito abaixo dos limites máximos permitidos em hortaliças, não diferindo entre cultivares. O acúmulo de nitrato não foi problema, provavelmente pela alta luminosidade nessa época do ano na região de Santa Maria, RS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOON, J.; STEENHUIZEN, J.W.; STEINGRÖVER, 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, v.65, n.3, p.309-321, 1990.
- CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C., de. **Cultivo sem solo: hidroponia**. 4ªed., Jaboticabal:FUNEP, 1995. 43p.
- CASTRO, S.R.P. de; FERAZ, A.S.L. Teores de nitrato nas folhas e produção de alface cultivada com diferentes fontes de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.1, p.65-68, 1998.
- CATALDO, D.A.; HAROON, L.V.; SCHRADER, L.E.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.6, n.1, p.71-80, 1975.
- COSTA, A.S.V.; SILVA, N.F.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G. Utilização de fontes comerciais de fertilizantes no cultivo hidropônico da alface. **Revista Ceres**, Viçosa, v.44, p.169-179, 1997.
- KAISER, W.M.; HUBER, S.C. Posttranslational regulation of nitrate reductase in higher plants. **Plant Physiology**, New York, v.106, p.817-821, 1994.
- MAYNARD, D.N.; BARKER, A.V.; MINOTTI, P.L.; PECK, N.H. Nitrate accumulation in vegetables. **Advances in Agronomy**, New York, v.28, n.71, p.71-118, 1976.
- McCALL, D.; WILLUMSEN. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Alexandria, v.73, n.5, p.698-703, 1998.
- MONDIN, M. **Efeito de sistema de cultivo na produtividade e acúmulo de nitrato em cultivares de alface**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. 1996. 88p. Tese de Doutorado.
- SCHMIDT, D. **Soluções nutritivas, cultivares e formas de sustentação de alface cultivada em hidroponia**. Santa Maria; Universidade Federal de Santa Maria. 1999. 79p. Dissertação de Mestrado.
- SILVA, J.B.C.; CAÑIZARES, K.A.L.; NAKAGAWA, J. Efeito de níveis de cobre em alface cultivada em solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.14, n.2, p.226-228, 1996.

- STEINGRÖVER, E.; STEENHUIZEN, J.W.; BOON, J. Effect of low light intensities at night on nitrate accumulation in lettuce grown on a recirculating nutrient solution. **The Netherlands Journal of Agricultural Science**, New York, v.41, p.13-21, 1993.
- WHO HEALTH ORGANIZATION (WHO). Seventeenth meeting of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. **WHO Food Additives Series**, v.5, p.92-96, 1974.
- WRIGHT, M.J.; DAVISON, K.L. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. **Advances in Agronomy**, New York, v.16, p.197-274, 1964.

Tabela 1 – Composição química das soluções nutritivas estudadas. UFSM, Santa Maria/RS, 1998.

Componentes	Castellane & Araújo (1995)		
	100%	50% 1000 g L ⁻¹	25%
Ca(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	950	475	237,5
KH ₂ PO ₄	272	136	68
KNO ₃	900	450	225
MgSO ₄ .7H ₂ O	246	123	61,5
MnSO ₄ .H ₂ O	1,70	0,85	0,425
ZnSO ₄ .7H ₂ O	1,15	0,575	0,2875
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,19	0,095	0,0475
H ₃ BO ₃	2,85	1,425	0,7125
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0,12	0,06	0,03
Fe-EDTA ¹	1000	500	250

¹ A fonte de ferro utilizada foi o Fe-EDTA, obtido pela dissolução de 24,1 g de FeSO₄.7H₂O em 400 ml de água e 25,1 g de Na-EDTA em 400 ml de água quente (80°C), misturando-se as duas soluções frias, completando o volume para 1 litro e borbulhando ar por 12 horas, no escuro.

Tabela 2 - Produção de massa fresca (PMF), de massa seca (PMS), número de folhas por planta (NF) e teor de nitrato (NO_3^-) de plantas de alface cultivadas em diferentes sistemas. UFSM/RS, 1998.

Sistema de Cultivo	PMF	PMS	NF	NO_3^-
	(g planta ⁻¹)		(n° planta ⁻¹)	(mg kg ⁻¹ de MF)
Convencional	217,58 b*	13,45 a	33,92 a	279,75 b
Hidroponia	276,75 a	13,10 a	22,08 b	330,15 a
CV (%)	19,70	17,39	13,24	11,86

*Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t.

Tabela 3 - Produção de massa fresca (PMF), de massa seca (PMS), número de folhas por planta (NF) e teor de nitrato (NO_3^-) de cultivares de alface. UFSM/RS, 1998.

Cultivar	PMF	PMS	NF	NO_3^-
	(g planta ⁻¹)		(n° planta ⁻¹)	(mg kg ⁻¹ de MF)
Aurora	240,00 ab*	12,03 a	36,00 a	317,93 a
Brisa	165,25 b	11,38 a	22,75 b	336,90 a
Lívia	255,50 ab	13,48 a	30,00 ab	331,73 a
Mimosa	291,25 a	14,68 a	22,00 b	284,55 a
Regina	279,00 ab	14,03 a	36,00 a	259,38 a
Verônica	252,00 ab	14,07 a	21,25 b	299,23 a
CV (%)	19,70	17,39	13,24	11,86

*Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si (Tukey a 5%).