

Produção hidropônica da cultura da alface com soluções nutritivas e vazões distintas

Celso Helbel Junior¹, Roberto Rezende^{1*}, José Antônio Frizzone², Humberto Silva Santos¹ e Rivanildo Dallacort¹

¹Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

²Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: rrezende@uem.br

RESUMO. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, na unidade de pesquisa em agricultura irrigada da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná. O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos de diferentes soluções nutritivas aplicadas em duas vazões na produção hidropônica da alface (*Lactuca sativa* L.), cultivada pelo sistema NFT (*Nutrient Film Technique*). O delineamento experimental foi o de inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2 e com três repetições. Os tratamentos constaram de três soluções nutritivas com concentrações diferentes (S1=1,2 dS m⁻¹, S2=2,5 dS m⁻¹ e S3=0,8 dS m⁻¹), combinadas com duas vazões de aplicação (V1=1,2 L min⁻¹ e V2=0,8 L min⁻¹), nos canais de cultivo. Para avaliar o efeito dos tratamentos no desenvolvimento da cultura os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F). Os resultados avaliados por meio de teste de média de Tukey (5%). A análise dos resultados permitiu concluir que a interação dos fatores solução e vazão não foi significativa e o tratamento S1 (CE= 1,2 dS m⁻¹) mostrou maior biomassa fresca e diâmetro do caule e menor biomassa seca de raiz.

Palavras-chave: cultivo protegido, *Lactuca sativa*, nutrição de plantas, NFT.

ABSTRACT. Hydroponic production of lettuce with nutritious solutions and different outflows. The experiment was conducted in protected environment, within a research unit in irrigated agriculture of the State University of Maringá, state of Paraná. The purpose was to study the effect of different nutrient solutions applied on two outflows in the hydroponic production of lettuce (*Lactuca sativa*). The experimental design was entirely randomized, in factorial scheme 3x2 and with 3 replications. The treatments consisted of three nutrients solutions combined with two outflows of application in the canals of cultivation. In order to evaluate the effect of the treatments on crop growing, data were submitted to a variance analysis (Test F), and the results were evaluated through Tukey (5%) average test. The analysis of the results allowed to conclude that the interaction between the factors solution and the outflows was not significant and treatment S1 (CE = 1.2 dS m⁻¹) showed higher fresh biomass, larger diameter of the stem and lower dry biomass of root.

Key words: protected environment, *Lactuca sativa*, plant nutrition, NFT.

Introdução

Em nível nacional a cultura da alface possui uma importância indiscutível. Sendo a hortaliça folhosa mais consumida pelos brasileiros, o seu cultivo se estende por todo território nacional e torna-se bastante sensível às condições climáticas adversas, como chuva, granizo, temperatura e, também, a presença de patógenos de solo, que podem contribuir e favorecer a produção de plantas de baixa qualidade sanitária e higiênica: já que esta hortaliça é consumida *in natura*, a preocupação com a qualidade para o consumo se justifica. O cultivo hidropônico da alface, assim, é uma alternativa para o controle das condições adversas de clima e tem o objetivo de

produzir plantas com melhor qualidade, sem problemas com doenças e pragas, isentas de partículas e/ou impurezas que existem quando os cultivos são efetuados no solo.

De acordo com Martinez (2002), no Brasil, há pouca informação a respeito do cultivo hidropônico comercial, embora as técnicas de cultivo hidropônico, sem grande suporte científico, sejam, hoje, uma realidade nos cinturões verdes de grandes metrópoles

O êxito nessa modalidade de cultivo depende do conhecimento dos aspectos nutricionais e de manejo das plantas nesse sistema de produção. Nesse aspecto, destacam-se: a composição da solução nutritiva e a vazão de aplicação dessa solução que

melhor se adapta à espécie cultivada e às condições locais de produção (Carmelo, 1996).

Neste aspecto, é oportuno salientar que, conforme Schwarz (1995), já foram divulgadas aproximadamente 300 fórmulas de soluções nutritivas em todo o mundo para as diversas culturas. Segundo Andriolo (2002), a solução nutritiva é o elemento essencial na hidroponia estrita (sem substrato), pois dela depende inteiramente o crescimento da cultura, devendo conter não só todos os nutrientes minerais exigidos pelas plantas, mas também o oxigênio indispensável para a respiração das raízes. Não existe, entretanto, uma formulação considerada ideal, pois está envolvido um número considerável de variáveis e suas interações para sua escolha (Rodrigues, 2002).

Devido ao fato de a solução nutritiva ser composta em grande parte por elementos metálicos, o nível estimado da concentração desses nutrientes pode ser obtido medindo-se a capacidade da solução nutritiva de conduzir corrente elétrica, ou seja, quanto maior a concentração de substâncias, maior será a capacidade da solução nutritiva de conduzir corrente elétrica (Staff, 1998). Para alface, a CE da solução nutritiva utilizada, geralmente, oscila entre 1,6 a 1,8 dS m⁻¹ (Soares, 2002) até 2,5 dS m⁻¹ (Castellane e Araújo, 1995). Deve-se ressaltar, porém a necessidade de avaliar a melhor CE no cultivo dessa hortaliça em cada região brasileira devido às variações ambientais, cultivar utilizado, entre outros fatores. Dessa forma, evita-se o seu emprego de forma equivocada, comprometendo toda solução.

Dentre as técnicas disponíveis, Carmelo (1996) afirma que a técnica hidropônica do fluxo laminar de nutrientes (NFT) tem uma aceitação comercial razoável, porém, é pertinente que pesquisas sejam ainda desenvolvidas, principalmente quanto ao efeito da vazão, que, na maioria dos sistemas em uso, oscila entre 1,5 a 2,0 litros por minuto em cada canal de cultivo. Esse fator é importante para a escolha do conjunto motobomba. Sistemas hidropônicos com vazões menores necessitam, por sua vez, de um conjunto com potência menor, implicando diretamente a economia de energia, água e menor custo inicial de investimento em um projeto. Nota-se, no entanto, a ausência de trabalhos científicos estudando este fator.

Considerando, portanto, que as informações atualmente disponíveis em relação à combinação de soluções nutritivas e vazões ainda não são suficientemente esclarecedoras, o presente trabalho teve por objetivo estudar a produção de alface hidropônica em função da composição da solução

nutritiva e vazões.

Material e métodos

O experimento foi realizado no período compreendido entre 31 de julho a 4 de setembro de 2003, em casa de vegetação, na unidade de pesquisa em agricultura irrigada da Universidade Estadual de Maringá (UEM), em Maringá, Estado do Paraná. O ambiente protegido era do tipo semi-arco com cobertura de polietileno de (150 µm), com as seguintes dimensões: 5 m de largura; 12 m de comprimento; 1,6 m de altura de pé direito e 2,1 m de altura da concavidade do arco.

O sistema hidropônico utilizado foi o NFT (Nutrient Film Technique, ou seja, Técnica do Filme de Nutrientes). Este se caracteriza pela aplicação e passagem de lâminas de soluções nutritiva nos canais de cultivo entre as raízes das plantas, com frequência e turnos previamente programados. O sistema, no caso, era composto de um reservatório de solução nutritiva, de um sistema de bombeamento e de retorno da solução nutritiva através de tubos ao reservatório e de bancadas com canais de cultivo.

No ambiente protegido foram construídas três bancadas de cultivo para abrigar os tratamentos testados, com um desnível de 2% a partir do início da injeção da solução. Cada bancada era constituída de 6 canais de cultivo com 5 cm de profundidade, propiciando espaçamento de 30 cm entre plantas nos canais e 22 cm entre plantas de canais distintos.

No armazenamento das soluções nutritivas testadas, utilizaram-se 3 reservatórios, um para cada bancada de cultivo, com capacidade total de 100 litros cada um, trabalhando-se, porém, constantemente com 80% dessa capacidade, ou seja, 80 litros. Esses reservatórios foram instalados abaixo do nível das bancadas de cultivo das plantas, permitindo assim, o retorno da solução nutritiva, por meio de uma tubulação de 75 mm de diâmetro. Sob efeito da gravidade, constituiu, assim, um sistema hidropônico denominado fechado, tendo em vista que a solução nutritiva aplicada nas raízes das plantas retornava ao reservatório e era reutilizada com frequência e turnos programados.

O sistema de bombeamento da solução nutritiva do reservatório para o início dos canais de cultivo foi composto por uma bomba de 32 W de potência, instalada de forma afogada e acionada por meio de um temporizador (timer). A circulação da solução ocorreu no período entre 7 e 19 horas, com o bombeamento intermitente, circulando-se a solução a intervalos de 15 minutos por períodos de duração de 15 minutos.

O cultivar de alface utilizada no experimento foi o cultivar 'Vera'. Seu ciclo, da sementeira ao ponto ideal de colheita para o mercado, varia de 50 a 70 dias conforme a região ou época de cultivo, apresentando excelente resistência ao florescimento prematuro em cultivo de verão e apresentando excelente desempenho produtivo em cultivo de inverno a campo aberto e em cultivo hidropônico durante o ano todo.

As mudas transplantadas nas bancadas de cultivo tinham 28 dias de idade, apresentavam de 3 a 4 folhas, cerca de 8 a 10 cm de altura e eram oriundas do Setor de Olericultura, do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Estado do Paraná, onde foram semeadas em bandejas de 200 células de poliestireno expandido contendo substrato comercial (Plantimax).

O manejo de reposição adotado foi o de reposição diária da quantidade de solução nutritiva originalmente absorvida pelas plantas e a água evapotranspirada, para recompor a capacidade total de 80 litros de cada reservatório, acompanhada de uma adição proporcional das mesmas e respectivas soluções nutritivas concentradas que faziam parte dos tratamentos.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 6 tratamentos, composto por três soluções nutritivas e 2 vazões de aplicação das soluções, com 3 repetições, com cada repetição composta por 20 plantas.

Os tratamentos foram constituídos por três soluções nutritivas com diferentes concentrações, expressas por valores de condutividade elétrica (CE) distintas – solução 1 (S_1) apresentando $CE = 1,2 \text{ dS m}^{-1}$, solução 2 (S_2) apresentando $CE = 2,5 \text{ dS m}^{-1}$ e solução 3 (S_3) apresentando $CE = 0,8 \text{ dS m}^{-1}$ – todas aplicadas em duas vazões – vazão 1 = $1,2 \text{ L min}^{-1}$ e vazão 2 = $0,8 \text{ L min}^{-1}$. Cada parcela experimental foi constituída por uma linha de cultivo e cada bancada abrigou 6 parcelas com 3 repetições, alternadamente, nos canais das bancadas de cultivo, formando os seguintes tratamentos:

- S_1V_1 (Solução nutritiva 1 aplicada na vazão 1);
- S_1V_2 (Solução nutritiva 1 aplicada na vazão 2);
- S_2V_1 (Solução nutritiva 2 aplicada na vazão 1);
- S_2V_2 (Solução nutritiva 2 aplicada na vazão 2);
- S_3V_1 (Solução nutritiva 3 aplicada na vazão 1);
- S_3V_2 (Solução nutritiva 3 aplicada na vazão 2).

A opção pelas S_1 e S_2 teve como critério a escolha de soluções nutritivas que, de forma geral, são mais estudadas e empregadas tanto na pesquisa científica, como também as mais divulgadas na literatura técnica disponível aos profissionais das ciências agrárias e aos próprios produtores e empresários

agrícolas. A escolha da S_3 teve como critério optar por uma solução com menor concentração de nutrientes em comparação com as S_1 e S_2 encontrada na literatura científica. A S_1 foi preparada conforme a recomendação de Furlani (1999), a S_2 conforme Carmello (1996) e a S_3 foi preparada conforme Sasaki (1992). As concentrações de nutriente podem ser verificadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Concentrações de macronutrientes da solução básica (mmol L^{-1}) para o cultivo hidropônico de alface.

	N- NO_3^-	N- NH_4^+	P- H_2PO_4^-	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S- SO_4^{2-}
S_1	12,43	1,71	1,05	4,95	4,56	1,64	1,63
S_2	14,86	2,04	1,05	5,95	7,32	2,05	2,06
S_3	6,20	0,56	0,35	3,97	1,45	0,50	0,5

Tabela 2. Concentrações de micronutrientes da solução básica ($\mu\text{mol L}^{-1}$) para o cultivo hidropônico de alface.

	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
S_1	28,5	0,8	64,8	6	0,8	0,17
S_2	47,5	0,2	64,8	8	0,7	0,03
S_3	19	0,4	64,8	4	0,07	0,03

Para preparar cada solução, utilizaram-se os seguintes sais fertilizantes: nitrato de cálcio (15% N e 28% Ca), nitrato de potássio (13% N e 44% K_2O), fosfato monoamônio-MAP (9% N e 48% P_2O_5), sulfato de magnésio (10% Mg e 13% S), sulfato de cobre (25% Cu), sulfato de zinco (22% Zn), sulfato de manganês (25% Mn), ácido bórico (17% B), molibdato de sódio (39% Mo) e tenso- $\text{Fe}^{\text{®}}$ (6% Fe).

Mediram-se, diariamente, a condutividade elétrica e o pH das soluções testadas. Os valores de pH durante o cultivo podem ser observados na Figura 1. Apesar de a variação dos valores de pH da solução e de alguns valores não estarem na faixa preconizada como adequada à disponibilidade de nutrientes (5,8-6,2), não foi efetuada nenhuma forma de ajuste do pH em virtude do sistema radicular e da parte aérea das plantas apresentarem aspecto e desenvolvimento muito satisfatório, dentro dos padrões normais de comercialização.

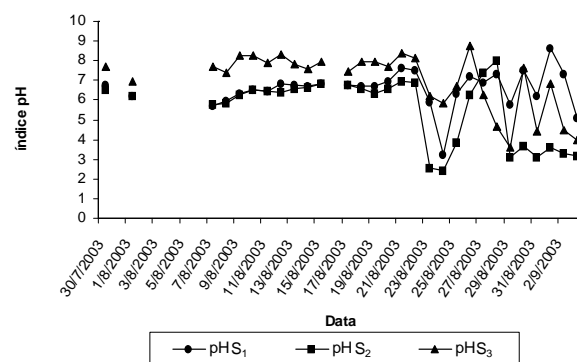


Figura 1. Valores de pH das soluções testadas medidos durante o período experimental. Maringá, Estado do Paraná, 2003.

As plantas foram colhidas aos 35 dias após o transplante das mudas, quando as folhas externas estavam bem abertas. As variáveis – biomassa fresca da parte aérea e diâmetro do caule – foram avaliadas por meio balança digital com precisão de 0,01 g e paquímetro digital de precisão de 0,01 mm.

Resultados e discussão

Não houve interação significativa entre os fatores solução e vazão, indicando que esses fatores atuam independentemente. Não houve também efeito significativo para o fator vazão quando este foi estudado isoladamente, sugerindo que os níveis estudados para esse fator, 0,8 e 1,2 L min⁻¹, não tiveram efeito sobre a absorção de nutrientes e a oxigenação da solução, confirmando as observações de Andriolo (1999), segundo o qual, a velocidade de circulação da solução (vazão) deve ser de tal modo ajustada, que se evitem a ocorrência de carência mineral e de oxigênio.

Na Tabela 2, observa-se que a S₁ teve um efeito diferente e significativo na biomassa fresca de cada planta, apresentando o maior valor para essa variável. Essa diferença é um indicativo, em se tratando da S₂, de que o menor potencial osmótico da S₁ em relação a S₂, considerando que esta tem uma menor condutividade elétrica, pode proporcionar uma melhor absorção dos nutrientes. Sobre esse comportamento Taiz e Zaiger (2002) afirmam que o aumento da concentração salina reduz o potencial osmótico no meio fazendo que, mesmo em um meio aquoso como a solução nutritiva, a planta tenha dificuldade em absorver água suficiente para repor a perda por transpiração nas horas mais quentes do dia. Segundo Rodrigues (2002), quanto maior a presença de sais dissolvidos na água (solução), maior a pressão osmótica e menor a tendência da solução penetrar nas raízes. A partir de certa quantidade de sais (alta salinidade), a tendência é invertida, ou seja, a água passa a sair das raízes, provocando a sua morte.

Tabela 2. Biomassa fresca das plantas de alface, em grama, em função da composição da solução nutritiva. Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Estado do Paraná, 2003.

Soluções Nutritivas		
S1	S2	S3
413,4 A	310,9 B	267,9 B
CV%: 12,8		Média: 330,7 F: 156,8

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A S₁ comparada com a S₃ apresentou maior biomassa fresca, indicando que apenas a disponibilidade dos elementos minerais na rizosfera não é suficiente. É preciso, no entanto, que estes se

apresentem nas concentrações e relações adequadas, principalmente no cultivo hidropônico em que a deficiência ou a toxicidade de um determinado nutriente mineral se apresenta mais rapidamente do que no solo, pois a inércia química deste é maior do que a da solução nutritiva. Conforme Adams (1994) e Furlani (1999), em se tratando de cultivos hidropônicos, a absorção de água e nutrientes pelas plantas é proporcional à concentração de nutrientes na solução próxima às raízes. A menor produção de biomassa fresca para S₁, portanto, pode ser consequência da carência de nutrientes minerais na sua composição, verificada por meio de sua menor condutividade elétrica.

A produção de biomassa fresca por planta de alface obtida com a S₁ (413,4 g por planta) mereceu destaque e mostrou-se superior aos encontrados por Koefender (1996), Vaz e Junqueira (1998) e Schmidt *et al.* (2001). Produzindo alface em sistema NFT, obtiveram-se, respectivamente, médias de 207,8 g, 183,4 g e 295,8 g de biomassa fresca por planta, apesar do cultivar ser Verônica.

Sob o aspecto econômico, o melhor desempenho de uma solução com menor concentração total de nutrientes implica diretamente menor custo de produção, considerando que os sais fertilizantes utilizados na hidroponia são originados de matérias primas importadas e, por conseguinte, onerosas ao custo de produção, tendo em vista o caráter intensivo dessa forma de cultivo.

Os tratamentos solução e vazão não se mostraram interdependentes para a variável diâmetro do caule das plantas de alface, tendo em vista que não apresentaram diferença significativa entre as médias. O mesmo resultado foi verificado para o fator vazão. No entanto, o fator solução influenciou significativamente essa variável, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Diâmetro do caule das plantas de alface, em milímetros, em função da composição da solução nutritiva. Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Estado do Paraná, 2003.

Soluções Nutritivas		
S1	S2	S3
26,0 A	21,7 B	23,3 B
CV%: 4,5		Média: 23,7 F: 111,7

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observando a Tabela 3, é importante discutir, para entender melhor, as diferenças encontradas entre a S₁ e as soluções S₂ e S₃, cujo diâmetro do caule correlaciona-se com a área foliar, ou seja, com a área transpiratória, pois o maior diâmetro está relacionado com uma maior vascularização da

planta. A maior concentração da S_2 , portanto, pode ter restringido a absorção de água, reduzindo a área transpiratória da planta e levando a uma menor desenvolvimento do sistema vascular. Em comparação, a menor concentração da S_3 pode ter sido nutricionalmente insuficiente, principalmente de nitrogênio na forma nítrica porque desempenha papel importante como soluto osmoticamente ativo no processo de alongamento celular, o que influencia a área foliar e, conseqüentemente, a vascularização.

Conclusão

Considerando as condições em que foi desenvolvido o experimento, conclui-se que os fatores vazão e composição da solução nutritiva foram independentes e que apenas a composição da solução nutritiva influenciou o crescimento da alface. Dentre as soluções avaliadas, a S_1 ($CE = 1,2 \text{ dS m}^{-1}$), foi a que proporcionou maior produção, verificada pelos maiores valores de biomassa fresca e diâmetro do caule.

Referências

- ADAMS, P. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT na hydroponic systems. *Acta Horticult.*, Cagliari, n. 361, p. 254-257, 1994.
- ANDRIOLO, J.L. *Fisiologia das culturas protegidas*. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1999.
- ANDRIOLO, J.L. *Olericultura geral*. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2002.
- CARMELLO, Q.A.C. *Cultivo hidropônico de plantas*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1996.
- CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A. *Cultivo sem solo-hidroponia*. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 1995.
- FURLANI, P.R.; Hydroponic vegetable production in Brazil. *Acta Horticult.*, Windsor, v. 481, p. 777-778, 1999.
- KOEFENDER, V.N. *Crescimento e absorção de nutrientes pela alface cultivada em fluxo laminar de solução*. 1996. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)–Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.
- MARTINEZ, H.E.P. *O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa*. 3. ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2002.
- RODRIGUES, L.R.F. *Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido*. Jaboticabal: Funep, 2002.
- SASAKI, J.L.S. Hidroponia. In: XI SEMANA DA AGRONOMIA. 11., 1992, Ilha Solteira. *Palestras...* Ilha Solteira: Unesp 1992.
- SCHMIDT, D. *et al.* Desempenho de soluções nutritivas e cultivares de alface em hidroponia. *Horticult. Bras.*, Brasília, v. 19, n. 2, p. 122-126, 2001.
- SCHWARZ, M. *Soilles culture management*. Jerusalem: Springer-Verlag, 1995.
- SOARES, I. *Alface: cultivo hidropônico*. Fortaleza: Editora UFC. 2002.
- STAFF, H. *Hidroponia*. 2. ed. Cuiabá: Sebrac/MT, 1998.
- TAIZ, L.; ZAIGER, E. *Plant physiology*. Redwood: Benjamin/Cummings, 2002.
- VAZ, R.M.R.; JUNQUEIRA, A.M.R. Desempenho de três cultivares de alface sob cultivo hidropônico. *Horticult. Bras.*, Brasília, v. 16, n. 2, p. 178-189, 1998.

Received on December 02, 2005.

Accepted on November 28, 2006.