

DIFERENTES SOLUÇÕES NUTRITIVAS APLICADAS EM DUAS VAZÕES NA PRODUÇÃO HIDROPÔNICA DA CULTURA DA ALFACE

Roberto Rezende¹; Celso Helbel Junior¹; Paulo Sérgio Lourenço de Freitas¹; Antonio Carlos Andrade Gonçalves¹; Rivanildo Dallacort¹; José Antônio Frizzone²

¹Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, rrezende@uem.br

²Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP

1 RESUMO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na unidade de pesquisa em agricultura irrigada da Universidade Estadual de Maringá. 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), e os resultados avaliados através 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.

UNITERMOS: cultivo protegido, *Lactuca sativa*, nutrição de plantas, NFT.

REZENDE, R.; HELBEL JUNIOR, C.; FREITAS, P. S. L. de; GONÇALVES, A. C. A.; DALLACORT, R.; FRIZZONE, J. A. HYDROPONIC LETTUCE PRODUCTION UNDER TWO DIFFERENT APPLICATION FLOWS OF NUTRITIOUS SOLUTIONS

2 ABSTRACT

This experiment was carried out in greenhouse, in the research unit on Irrigated Agriculture of the of Maringá State University. The aim was to study the effect the different nutrient solutions applied in two outflow on the hydroponic lettuce (*Lactuca sativa*) production. The experimental design was entirely randomized, in a 3x2 factorial scheme and 3 repetitions. The treatments consisted of three nutrients solutions combined with two application outflow in the cultivation canals. To evaluate the effect of the treatments in the crop growth, the data were submitted to the Variance Analysis (Test F), and the results evaluated through Tukey's Test (5%). The result analysis allowed to conclude that the interaction between solution and outflow was not significant and the treatment S1 (CE = 1,2 dS m⁻¹) presented larger fresh biomass and stem diameter, and smaller dry root biomass.

KEYWORDS: protection cultivated, *Lactuca sativa*, plant nutrition, NFT

3 INTRODUÇÃO

A alface é uma hortaliça mundialmente conhecida e consumida como saladas. No Brasil possui importância indiscutível, sendo a hortaliça folhosa mais consumida pelos brasileiros e o seu cultivo se estende por todo território nacional. Seu cultivo é 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*, o que justifica tal preocupação com sua qualidade para o consumo. Assim, o cultivo hidropônico de alface é uma alternativa de controle das condições adversas de clima, com o objetivo de produzir plantas com melhor qualidade, sem problemas com doenças e pragas de solo, isentas de partículas e/ou impurezas que existem quando os cultivos são efetuados no solo.

Martinez (2002) afirma que no Brasil, há pouca informação a respeito do cultivo hidropônico comercial, embora as técnicas de cultivo hidropônico sejam hoje uma realidade nos cinturões verdes de São Paulo, Belo Horizonte, Rio de Janeiro e Porto Alegre, porém sem grande suporte científico.

Para o sucesso do cultivo hidropônico é imprescindível conhecer os aspectos nutricionais e de manejo das plantas nesse sistema de produção. Alguns destes aspectos que assumem importância fundamental são: a composição da solução nutritiva e a vazão de aplicação desta solução que melhor se adequem à espécie cultivada e as condições locais de produção.

Desta forma, um dos aspectos que assume importância fundamental é a escolha e o manejo de aplicação da solução nutritiva que melhor se adequem à espécie cultivada e as condições locais de produção. Em se tratando de formulação de soluções nutritivas, já foram divulgadas aproximadamente 300 fórmulas em todo o mundo para as diversas culturas (Schwarz, 1995). Andriolo (2002) afirma que a solução nutritiva é o elemento essencial na hidroponia estrita (sem substrato), pois dela depende inteiramente o crescimento da cultura e ela deve conter todos os nutrientes minerais exigidos pelas plantas e também o oxigênio indispensável para a respiração das raízes. Entretanto, não existe uma formulação considerada ideal, pois estão envolvidos um número considerável de variáveis e suas interações (Rodrigues, 2002).

A solução nutritiva é 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). Porém deve-se ressaltar a necessidade de avaliar a melhor CE no cultivo desta hortaliça em cada região brasileira devido às variações ambientais, cultivar utilizado, entre outros fatores, os quais empregados de forma errônea podem comprometer toda a produção.

Carmelo (1996), afirma que a técnica hidropônica do fluxo laminar de nutrientes (NFT) tem uma aceitação comercial razoável, no entanto, é pertinente que pesquisas sejam ainda desenvolvidas, principalmente sobre o efeito da vazão, que na maioria dos sistemas em uso oscilam entre 1,5 a 2,0 litros por minuto em cada canal de cultivo. Este fator é importante para a escolha do conjunto motobomba, e sistemas hidropônicos com vazões

menores necessitam, por sua vez, de um conjunto com potência menor, implicando diretamente em economia de energia, água e menor custo inicial de investimento em um projeto. No entanto, nota-se a ausência de trabalhos científicos estudando este fator.

Assim, diante desta realidade e considerando que as informações atualmente disponíveis em relação à combinação 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.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período compreendido entre 31 de julho a 04 de setembro de 2003, em casa de vegetação, na unidade de pesquisa em agricultura irrigada da Universidade Estadual de Maringá (UEM), em Maringá – PR. A casa de vegetação utilizada foi uma estufa do tipo semi-arco com cobertura de polietileno de (150 μ m), 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 é o NFT (*Nutrient Film Technique*, ou seja, *Técnica do Filme de Nutrientes*). Este caracteriza-se pela aplicação e passagem de lâminas de soluções nutritiva nos canais de cultivo entre as raízes das plantas, com frequência e turnos previamente programados. É 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 interior da estufa 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 utilizou-se 3 reservatórios, um para cada bancada de cultivo, com capacidade total de 100 litros cada um, porém, trabalhando constantemente com 80% desta capacidade, ou seja, 80 litros. Estes 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, constituindo assim um sistema hidropônico denominado fechado, tendo em vista que a solução nutritiva aplicada nas raízes das plantas retorna ao reservatório e é 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), que iniciava a circulação da solução às 7 horas, sendo o bombeamento intermitente, circulando-se a solução a intervalos de 15 minutos por períodos de duração de 15 minutos até às 19 horas. Durante a noite, o temporizador acionava o bombeamento durante 15 minutos em intervalos de 2 horas.

A cultivar de alface utilizada no experimento foi a cultivar ‘Vera’. Seu ciclo, da semeadura 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 apresenta também excelente performance 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), onde foram semeadas em bandejas de 200 células de poliestireno expandido contendo substrato comercial (Plantimax).

O manejo de reposição adotado foi o de repor diariamente a quantidade de solução nutritiva original absorvida pelas plantas e a água evapotranspirada, acompanhada de uma adição proporcional das mesmas e respectivas soluções nutritivas concentradas que fazem 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, sendo 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 (S1) apresentando $CE = 1,2 \text{ dS m}^{-1}$, solução 2 (S2) apresentando $CE = 2,5 \text{ dS m}^{-1}$ e solução 3 (S3) 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: S₁V₁ (Solução nutritiva 1 aplicada na vazão 1); S₁V₂ (Solução nutritiva 1 aplicada na vazão 2); S₂V₁ (Solução nutritiva 2 aplicada na vazão 1); S₂V₂ (Solução nutritiva 2 aplicada na vazão 2); S₃V₁ (Solução nutritiva 3 aplicada na vazão 1); S₃V₂ (Solução nutritiva 3 aplicada na vazão 2).

A opção pelas S1 e S2 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 S3 teve como critério optar por uma solução com menor concentração de nutrientes em comparação com as S1 e S2 encontrada na literatura científica. A S1 foi preparada conforme a recomendação de Furlani (1999), a S2 conforme Carmello (1996) e a S3 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-NO₃⁻	N-NH₄⁺	P-H₂PO₄⁻	K⁺	Ca⁺⁺	Mg⁺⁺	S-SO₄⁻²
Sol. 1	12,43	1,71	1,05	4,95	4,56	1,64	1,63
Sol. 2	14,86	2,04	1,05	5,95	7,32	2,05	2,06
Sol. 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
Sol. 1	28,5	0,8	64,8	6	0,8	0,17
Sol. 2	47,5	0,2	64,8	8	0,7	0,03
Sol. 3	19	0,4	64,8	4	0,07	0,03

Para preparar cada solução utilizou-se os seguintes sais fertilizantes: nitrato de cálcio (15%N e 28%Ca), nitrato de potássio (13%N e 44%K₂O), fosfato monoamônio-MAP (9%N e 48% P₂O₅), 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-Fe®(6%Fe).

Foram medidos diariamente a condutividade elétrica e o pH das soluções testadas. Os valores de pH durante o cultivo podem ser observados na figura 1. Apesar da 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.

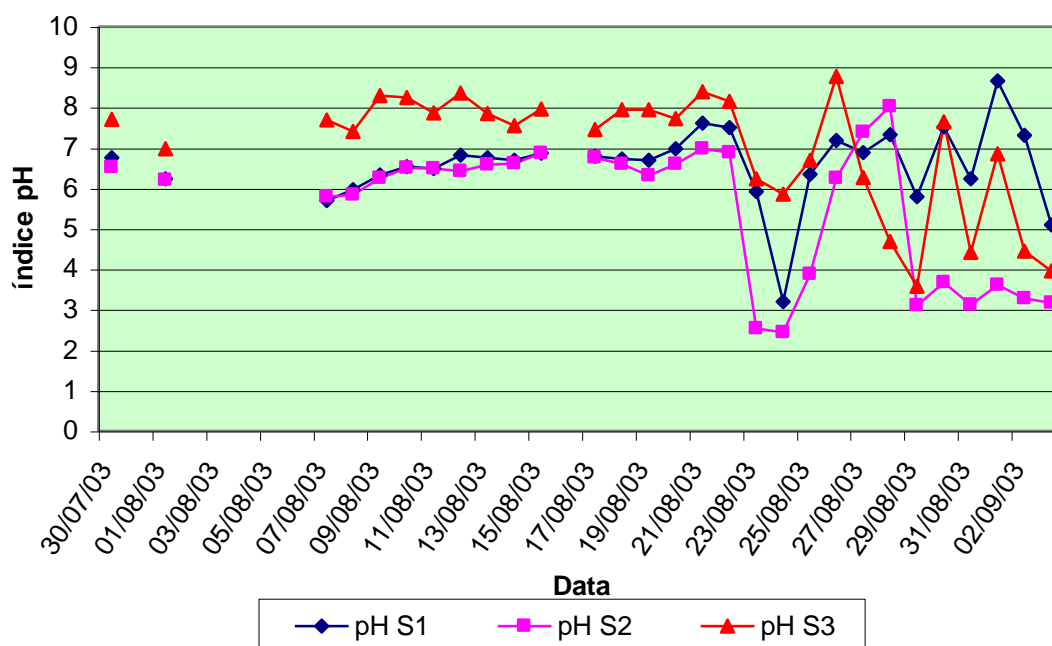


Figura 1. Valores de pH das soluções testadas medidos durante o período experimental. Maringá-PR, 2003.

As plantas foram colhidas quando atingiram o ponto de colheita, o qual ocorreu 35 dias após o transplante das mudas. Foram avaliadas as variáveis biomassa fresca da parte aérea e diâmetro do caule, por meio balança digital com precisão de 0,01g e paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Posteriormente, todo este material, juntamente com o sistema radicular, foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante, resultando na biomassa seca da raiz e na relação parte aérea : sistema radicular, através de nova pesagem em balança digital.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre os fatores solução e vazão, indicando que estes fatores atuam independentemente. Também não houve efeito significativo para o fator vazão quando o mesmo foi estudado isoladamente, sugerindo que os níveis estudados

para este fator, 0,8 e 1,2 L min⁻¹, não tiveram efeito sobre a absorção de nutrientes e a oxigenação da solução, confirmando Andriolo (1999), o qual afirma que a velocidade de circulação da solução (vazão) deve ser de tal modo ajustada, que se evite a ocorrência de carência mineral e de oxigênio.

A Tabela 4 mostra que a S1 teve um efeito diferente e significativo na biomassa fresca de cada planta, apresentando o maior valor para esta 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 este comportamento Taiz & Zaizer (2002), diz que o aumento da concentração salina reduz o potencial osmótico no meio fazendo com que, mesmo em um meio aquoso como é a solução nutritiva, a planta tenha dificuldade em absorver água suficiente para repor a perda por transpiração nas horas mais quentes do dia. E, ainda, 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 e, a partir de uma certa quantidade de sais (alta salinidade), a tendência é invertida, ou seja, a água passa a sair das raízes, provocando a sua morte.

Tabela 4. Biomassa fresca das plantas de alface, em grama, em função da composição da solução nutritiva. Maringá, UEM, 2003.

Solução		
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; mas é preciso que estes se apresentem nas concentrações e relações adequadas, principalmente no cultivo hidropônico onde a deficiência ou a toxidez de um determinado nutriente mineral se apresenta mais rapidamente do que no solo, pois a inércia química do solo é maior do que na 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. Portanto, a menor produção de biomassa fresca para S3 pode ser conseqüência da carência de nutrientes minerais na sua composição, verificada através de sua menor condutividade elétrica.

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

Sob o aspecto econômico, o melhor desempenho de uma solução com menor concentração total de nutrientes implica diretamente num menor custo de produção, considerando que os sais fertilizantes utilizados na hidroponia são originados de matérias primas importadas e, por conseguinte onerosas no custo de produção, tendo em vista o caráter intensivo desta 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 apresentou diferença

significativa entre as médias. O mesmo resultado foi verificado para o fator vazão. No entanto, o fator solução influenciou significativamente o diâmetro do caule.

Tabela 5. Diâmetro do caule das plantas de alface, em milímetros, em função da composição da solução nutritiva. Maringá, UEM, 2003.

Solução		
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 5, é importante discutir para entender melhor as diferenças encontradas entre a S1 e as soluções S2 e S3, que o 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. Portanto, a maior concentração da S2 pode ter restringido a absorção de água e com isso a planta reduziu a área transpiratória e isso repercutiu numa menor desenvolvimento do sistema vascular. Enquanto que a menor concentração da S3 pode ter sido nutricionalmente insuficiente, principalmente de nitrogênio na forma nítrica que desempenha papel importante como soluto osmoticamente ativo no processo de alongamento celular, o que influencia a área foliar e, conseqüentemente, a vascularização.

Para biomassa seca da raiz não houve diferença significativa para interação entre os fatores solução e vazão. No entanto, para o tratamento solução isoladamente houve diferença significativa pelo teste de Tukey (tabela 6). Observa-se que a S1, apesar da diferença não ser significativa, apresentou a menor biomassa seca da raiz em relação à S2. A S3 contribuiu para a maior biomassa seca da raiz, sendo o único tratamento que apresentou diferença significativa para esta variável, mesmo apresentando concentração menor.

Tabela 6. Biomassa seca da raiz das plantas de alface, em gramas, em função da composição da solução nutritiva. Maringá, UEM, 2003.

Solução		
S1	S2	S3
5,9 B	6,6 B	7,6 A
CV% : 15,8	Média : 6,7	F : 75,5

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Isso permite teorizar que uma planta cultivada hidroponicamente, nutrida de forma equilibrada, não precisa desenvolver um sistema radicular tão extenso, independentemente da vazão de aplicação da solução nutritiva, para alcançar uma produção vegetal satisfatória do ponto de vista comercial. Este comportamento do sistema radicular em solução nutritiva apresenta uma analogia interessante com o desenvolvimento deste no solo, onde segundo Barley (1970) citado por Ferreira et al. (1993), em geral, a densidade radicular resulta, sobretudo decisiva para a absorção iônica quando é baixa a concentração de nutrientes no solo (camadas profundas e/ou solos pobres) e quando a transpiração é baixa. Porém, as

semelhanças entre o desenvolvimento do sistema radicular entre plantas cultivadas em soluções nutritivas e plantas cultivadas em solo sugerem não ter explicações comuns a ambos os meios de cultivo, pois de acordo com os autores supracitados geralmente as revisões bibliográficas sobre sistemas radiculares estudados no solo concluem, explícita ou implicitamente, que as plantas necessitam de um sistema radicular profundo e vigoroso para fazer face aos períodos de seca, isto é, de estresse hídrico. O que definitivamente não é a situação do cultivo hidropônico, objeto de estudo deste trabalho.

Este autor ainda afirma que em situações de estresse de água e de nitrogênio, o sistema radicular compete em condições mais favoráveis com a parte aérea da planta. Assim, possivelmente, as diferenças observadas nos dados de biomassa seca da raiz (tabela 6) sejam explicadas em função do teor de nitrogênio que compõe cada solução nutritiva testada neste trabalho.

Tabela 7. Relação entre parte aérea (PA) e sistema radicular (SR) das plantas de alface em função da composição da solução nutritiva. Maringá, UEM, 2003.

Relação PA : SR		
S1	S2	S3
2,25 : 1	2,12 : 1	1,73 : 1

Além disso, observando as relações entre a biomassa seca da parte aérea e biomassa seca da raiz, permite-se inferir, que a S3 limitou o crescimento da parte aérea e acarretou um maior crescimento radicular, com o objetivo de aumentar a área de absorção e assim compensar a menor concentração de nutrientes desta solução. Por outro lado, a menor relação parte aérea: sistema radicular, observada nas plantas nutridas pela S2 comparada com a S1, pode justificar-se como uma alternativa desenvolvida pelas plantas para compensar a absorção de água dificultada pelo maior potencial osmótico apresentado pela S2. Este comportamento foi observado também por Cometti (2003) onde se verifica que curiosamente soluções com composições menos concentradas tem mostrado um aumento muito grande na relação raiz : parte aérea, fruto da baixa disponibilidade de nutrientes, promovendo muito mais a redução da parte aérea em detrimento do crescimento radicular.

6 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 S1 ($CE= 1,2 \text{ dS m}^{-1}$), foi a que proporcionou maior produção, verificada pelos maiores valores de biomassa fresca e diâmetro do caule.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, P. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT na hydroponic systems, Cagliari, 1994. *Acta Horticulturae*, n.361, p.254-257, 1994.

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1999. 142 p.

- ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2002. 158 p.
- CARMELLO, Q. A. C. **Cultivo hidropônico de plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1996. 43 p.
- CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J.A. **Cultivo sem solo-hidroponia**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43 p.
- COMETTI, N.N. **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultura hidropônica – sistema NFT**. 2003. Tese (Ph.D. em Nutrição de Plantas) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P.; Nutrição Mineral de Hortaliças. In: Simpósio Sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças, p.22-25, 1993.
- FURLANI, P.R.; Hydroponic vegetable production in Brazil, Windsor, 1999. **Acta Horticulturae**, v.481, p.777-778, 1999.
- KOEFENDER, V.N. **Crescimento e absorção de nutrientes pela alface cultivada em fluxo laminar de solução**. 1996. 85p. Dissertação (Mestrado) – 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. 61 p.
- RESENDE, A.C. Controle da qualidade de hortaliças comercializadas nas centrais de abastecimento. In: Seminário internacional sobre qualidade de hortaliças e frutas frescas, 1991, Brasília. Anais...Brasília: EMBRAPA, CNPH, 1991.
- 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. 762 p.
- SASAKI, J. L. S. Hidroponia. In: XI SEMANA DA AGRONOMIA. Palestras, Ilha Solteira: Unesp 1992. 9p.
- SCHMIDT, D. et al. Desempenho de soluções nutritivas e cultivares de alface em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.2, p.122-126, jul. 2001.
- SCHWARZ, M. Soilles culture management. Springer-Verlag, 1995. 195 p.
- SOARES, I. **Alface: Cultivo hidropônico**. Fortaleza: Editora UFC. 2002. 50 p.
- STAFF, H. **Hidroponia**. 2. ed. Cuiabá:SEBRAE/MT, 1998. 86 p.
- TAIZ, L.; ZAIZER, E. **Plant physiology**. Redwood: Benjamin/Cummings, 2002. 559 p.

VAZ, R.M.R.; JUNQUEIRA, A.M.R. Desempenho de três cultivares de alface sob cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.2, p.178-189, nov. 1998.