

ANDRIOLO, J.L.; LUZ, G.L.; GIRALDI, C.; GODOI, R.S.; BARROS, G.T. Cultivo hidropônico da alface empregando substratos: uma alternativa a NFT? *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.4, p.794-798, out-dez 2004.

Cultivo hidropônico da alface empregando substratos: uma alternativa a NFT?

Jerônimo L. Andriolo; Gean L. da Luz¹; Caroline Giraldi; Rodrigo dos S. Godoi²; Gisele Teixeira Barros
 UFSM-CCR, Depto. Fitotecnia, 97105-900 Santa Maria-RS; E-mail: andriolo@smail.ufsm.br. ¹Acadêmico Curso de Agronomia da UFSM, bolsista de iniciação científica do Programa PIBIC-CNPq; ²Acadêmico Curso de Agronomia da UFSM, bolsista de iniciação científica do Programa PROBIC-FAPERGS.

RESUMO

Foi desenvolvido um dispositivo experimental para o cultivo da alface em sistema hidropônico fechado empregando substratos. As bancadas foram constituídas por telhas de cimento amianto, cujos canais foram preenchidos com brita basáltica. Sobre a brita foram dispostos os substratos, formando uma camada de 0,05 m de altura, com a superfície revestida com filme de polietileno opaco branco. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno e plantadas em orifícios feitos sobre a superfície do filme de polietileno. Uma solução nutritiva completa foi fornecida diariamente, por meio de tubos gotejadores localizados na superfície da camada de substrato e abaixo do filme de polietileno. A solução drenada foi recolhida por gravidade para dentro do reservatório principal. Foram conduzidos dois experimentos, no período entre 16 de maio e 24 de junho e 1º e 28 de outubro de 2003, empregando as cultivares Regina e Mimosa e os substratos areia média e substrato orgânico Plantmax[®] Folhosas HA. No decorrer dos experimentos, houve diminuição dos valores de pH da solução nutritiva, tendo sido feita apenas uma correção em cada um dos experimentos. No dia mais quente do experimento de primavera, a temperatura foi mais elevada na areia, sem diferença significativa do substrato orgânico, cuja média situou-se 5,4°C acima da temperatura da solução nutritiva e 0,4°C acima daquela do ar. As médias mais elevadas das variáveis de crescimento e desenvolvimento foram observadas no substrato orgânico no outono, enquanto, na primavera, foram constatadas nos tratamentos tendo areia como substrato. O emprego dos substratos permitiu uma redução em torno de 92,4% no tempo de funcionamento da motobomba e simplificou tanto o manejo da fertirrigação como os controles da solução nutritiva.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, fertirrigação, hidroponia, solução nutritiva.

ABSTRACT

Growing lettuce plants in hydroponics using substrates: an alternative for the NFT?

An experimental set-up to grow lettuce plants in a closed hydroponic growing system using substrates was made up and tested. Commercial fiber cement tiles were used as growing beds, in which gullies were filled with basaltic gravel. Substrates were laid out over the gravel in a 0.05 m layer depth and covered with a white polyethylene sheet. Lettuce plantlets from polystyrene nursery trays were planted in gaps made by cuttings on the polyethylene sheet. A complete nutrient solution was delivered daily to plants, by means of a drip irrigation system placed just below the polyethylene sheet and over the substrate layer. The nutrient solution running off from gullies was conducted back to the catchment tank. Two experiments were carried out, from May 16 to June 24, and from October 1st to October 28, 2003, using the lettuce cultivars Regina and Mimosa, and sand and the organic substrate Plantmax[®] Folhosas HA as growing media. The pH values of the nutrient solution decreased, but only one pH correction was made during each one of the experimental periods. On the hottest day of the spring experiment, temperature was higher in sand, but did not differ significantly from the organic substrate. Average values reached 5.4°C above that of the nutrient solution and 0.4°C above that of the air. Growth and development plant variables showed higher values in plants growing in the organic substrate in autumn, whereas in spring they were recorded on plants grown in sand. The substrates allowed a 92.4% reduction in the time during which the pump was switched on, leading to a simplification in practices of fertigation and control of the nutrient solution.

Keywords: *Lactuca sativa*, fertigation, hydroponics, nutrient solution.

(Recebido para publicação em 6 de fevereiro de 2004 e aceito em 27 de agosto de 2004)

Os sistemas hidropônicos de produção de plantas vêm sendo empregados no Brasil para diversas culturas, como hortaliças folhosas (Faquin e Furlani, 1999; Santos, 2000a; Benini *et al.*, 2002), de frutos (Moraes e Furlani, 1999; Fernandes *et al.*, 2002) e de tubérculos (Medeiros *et al.* 2002). Para a maior parte dessas culturas, são empregados sistemas do tipo NFT, com pequeno ou nenhum uso de substratos. A

escolha do sistema hidropônico a ser empregado depende, entre outros fatores, do porte da espécie a ser cultivada e, principalmente, da disponibilidade e custo dos materiais com potencial de uso como substratos.

Os sistemas hidropônicos de produção de plantas atualmente em uso passaram por diversas modificações desde as primeiras experiências realizadas há décadas, para se adaptar às condições

ambientais e sócio-econômicas das distintas regiões de produção. Dentre essas adaptações, destacam-se a opção pela circulação contínua ou intermitente da solução nutritiva; o emprego de diferentes materiais como substratos e a aeroponia (Martinez, 1999; Malfa e Leonardi, 2001). Na origem dessas modificações, identifica-se o objetivo comum de buscar uma maior adaptação do sistema de cultivo às condições

ambientais, visando otimizar o crescimento, o desenvolvimento e/ou a qualidade dos produtos vegetais. Outros fatores como o consumo de energia e as exigências laborais para a condução e o manejo das culturas também podem ser determinantes na escolha do sistema de produção a ser empregado.

O sistema hidropônico predominante na produção de hortaliças folhosas no Brasil é a NFT. Esse sistema se destaca, entre outros fatores, pela praticidade na implantação da cultura e pela limpeza dos produtos colhidos. Entretanto, em regiões ou períodos quentes do ano como aqueles que caracterizam a região Sul do País na primavera e no verão, onde as temperaturas do ar podem atingir freqüentemente valores entre 35 e 40°C durante várias horas do dia, a temperatura da solução nutritiva tem sido um dos entraves para a produção hidropônica de hortaliças nos períodos quentes do ano. Níveis excessivamente elevados da temperatura da solução nutritiva estão associados com condições de hipoxia e são uma das causas da redução no crescimento ao longo das calhas de cultivo. Um segundo fator limitante tem sido o elevado consumo de energia elétrica empregada para a circulação da solução nutritiva em intervalos curtos de tempo, geralmente de 15 minutos, por meio de motobombas (Nogueira Filho e Mariani, 2000).

Uma das adaptações pelas quais passou a NFT visando aumentar a inércia térmica da solução nutritiva e o suprimento de oxigênio às raízes é o emprego de substratos. Essa técnica apresentou forte expansão nos países mediterrâneos na última década, onde a maior parte dos sistemas hidropônicos de produção empregam algum tipo de substrato (CTIFL, 1995; Cañadas, 1999; Alpi e Tognoni, 1999). No Brasil, o cultivo em substratos foi introduzido em algumas regiões, para o cultivo principalmente de hortaliças de frutos (Gemainder e Furlani, 1999). São escassas as informações de pesquisas sobre outros sistemas hidropônicos de produção de hortaliças, capazes de representar uma alternativa a NFT. O objetivo do trabalho consistiu em desenvolver e avaliar um sistema hidropônico de produção de alface empregando substratos

e inferir sobre as possibilidades de seu emprego na produção de hortaliças folhosas.

MATERIAL E MÉTODOS

O dispositivo da cultura foi constituído por telhas de cimento amianto, com canais de 0,06 m de altura e 0,18 m de afastamento entre dois canais consecutivos, dispostas sobre suportes a uma altura média de 1,00 m do nível do solo, com 3% de declividade. As telhas foram revestidas com filme de polietileno de baixa densidade, com 200 µm de espessura. Os canais das telhas foram preenchidos com brita basáltica empregada na construção civil, com tamanhos de partículas entre aproximadamente 0,015 e 0,02 m (Figura 1). Sobre a camada de brita foi disposta uma tela de polietileno do tipo "anti-inseto", com malha de $1,5 \times 10^{-3}$ m. Sobre essa tela foi distribuído o material empregado como substrato, previamente submetido a secagem a temperatura ambiente, no interior de uma estufa de polietileno, até obter peso constante entre duas pesagens consecutivas de uma mesma amostra. A distribuição do material foi feita de forma a obter uma camada homogênea, com 0,05 m de altura sobre o nível superior dos canais das telhas. Essa camada foi revestida com filme de polietileno de coloração branca opaca na superfície externa (dupla face), a fim de evitar a incidência direta dos raios solares. A solução nutritiva foi preparada em um reservatório com 500 L de capacidade e fornecida às plantas por meio de uma motobomba elétrica e de tubos gotejadores. Os tubos foram dispostos na parte superior do substrato, imediatamente abaixo do filme de polietileno, na proporção de um tubo gotejador para cada canal das telhas. A solução nutritiva drenada na extremidade inferior de cada um dos canais foi recolhida e canalizada, passando por um minireservatório de 1 L de capacidade, e fluindo a seguir por gravidade até um reservatório de decantação de 100 L. Do reservatório de decantação, a solução nutritiva drenada fluiu por gravidade até retornar ao reservatório principal.

O volume de solução nutritiva contido no reservatório principal foi esti-

mado a partir da medida da altura da coluna líquida no interior de um tubo comunicante capilar com 0,05 m de diâmetro, fixado na parede externa do reservatório. Uma relação linear foi estabelecida entre a altura da coluna líquida e o volume de solução nutritiva existente no interior do reservatório. Essa relação foi empregada para efetuar as estimativas diárias do volume de solução nutritiva existente no interior do reservatório. Todos os reservatórios foram mantidos com a superfície fechada, utilizando-se como cobertura material impermeável e de cor escura, a fim de reduzir ao máximo a evaporação e a incidência de radiação solar no seu interior.

Dois experimentos foram conduzidos, no outono e na primavera de 2003, respectivamente, empregando a alface como material vegetal. As sementeiras foram feitas em 17 de abril e 26 de agosto, respectivamente, em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, empregando substrato orgânico (Plantmax® Folhosas HA). Durante essa fase, a irrigação foi feita por microaspersão, de forma a manter o teor de água do substrato sempre próximo da capacidade máxima de retenção de água. As mudas foram fertirrigadas duas vezes por semana, empregando-se uma solução nutritiva completa com a seguinte composição, em meq L⁻¹: (Castellane e Araújo, 1995): 16,9 de NO₃⁻; 2,0 de H₂PO₄⁻; 2,0 de SO₄⁻; 8,05 de Ca⁺⁺; 10,9 de K⁺ e 2,0 de Mg⁺⁺. O ferro foi fornecido por meio de uma formulação comercial quelatizada, na proporção de 0,001 g L⁻¹, e os demais micronutrientes através da solução proposta por Jeannequin (1987, descrita por Andriolo (1999).

Em ambos os experimentos foram comparados dois substratos, com duas cultivares de alface. Os substratos foram a areia média empregada na construção civil, com granulometria entre 0,001 m e 0,003 m, e o substrato comercial orgânico Plantmax® Folhosas HA. A densidade aparente e o volume retido foram determinados após secagem prévia dos materiais ao sol e as médias foram, respectivamente, de 1,6 kg dm³ e 0,111 L dm³ para a areia, e de 0,5 kg dm³ e 0,190 L dm³ para o substrato orgânico. As cultivares empre-

gadas foram a Regina e a Mimosa, do grupo Lisa e Crespa, respectivamente. As telhas contendo cada um dos substratos foram subdivididas em duas parcelas, onde foram comparadas as duas cultivares. Cada parcela foi composta por três fileiras, com dez plantas por fileira, considerando-se a fileira central como área útil. O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Para efetuar o plantio, dois cortes cruzados de 0,03 m cada um foram previamente feitos no filme de polietileno que recobriu os materiais empregados como substratos. As mudas foram plantadas no espaçamento de 0,24 m, mantendo-se aderido às raízes o volume de substrato proveniente das bandejas. A composição da solução nutritiva foi idêntica àquela empregada na fertirrigação das mudas. As fertirrigações foram efetuadas em períodos de quinze minutos, controlados por meio de um programador horário. A frequência foi ajustada de forma a repor os volumes de água transpirados pelas plantas, sendo de apenas uma (01) na primeira semana após o plantio até um máximo de três fertirrigações diárias na semana final do experimento de primavera. Estas últimas foram efetuadas diariamente às 9:00, 12:00 e 15:00 h, nos dias ensolarados. O volume de solução nutritiva no interior do reservatório principal foi completado sempre que o volume consumido pelas plantas atingiu ou ultrapassou a fração de 50% do volume inicial (Londero, 2000).

O plantio das mudas foi feito no estádio de cinco folhas definitivas, nos dias 16 de maio e 1º de outubro, no outono e na primavera, respectivamente. No experimento de primavera, as mudas foram plantadas nos mesmos orifícios feitos no filme de polietileno por ocasião do experimento de outono, após limpeza superficial, sem qualquer manipulação dos substratos. O experimento de outono foi encerrado no dia 24 de junho e aquele de primavera no dia 28 de outubro. No transcorrer de cada um dos períodos experimentais foram efetuadas medidas diárias do pH e da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva existente no reservatório principal e nos minireservatórios e, ainda,

da altura da coluna líquida no reservatório principal. Essas medidas foram efetuadas sempre no início da manhã, antes de ser acionada a primeira fertirrigação do dia. A temperatura dos substratos a 0,03 m de profundidade foi medida uma vez por semana durante o transcorrer dos experimentos, em quatro pontos amostrais distribuídos aleatoriamente sobre cada parcela. Cada ponto foi demarcado e um corte de 0,05 m foi feito na superfície do filme de polietileno, através do qual foi introduzido o bulbo de um geotermômetro. A temperatura da solução nutritiva foi medida por imersão do bulbo do geotermômetro diretamente no volume de solução nutritiva existente no reservatório principal, a 0,03 m abaixo da superfície líquida. A temperatura do ar foi medida no interior de um abrigo meteorológico situado no centro da área experimental, através de um termômetro de mercúrio. Todas as medidas de temperatura foram efetuadas às 9:00, 12:00 e 15:00 h.

Os experimentos foram encerrados ao serem identificados os primeiros sinais de senescência das folhas inferiores plenamente desenvolvidas do dossel das plantas, desconsiderando-se as folhas juvenis. Nessa data, as plantas dentro da área útil de cada parcela foram colhidas, o número de folhas contado e a massa fresca da parte aérea determinada. A massa seca da parte aérea foi determinada após secagem na temperatura de 60°C em estufa de circulação forçada de ar, até obter valores similares de massa seca em pesagens consecutivas de amostras-controle. Para fins de interpretação dos resultados, foi feita análise estatística considerando-se como um experimento fatorial, com duas épocas, duas cultivares e dois substratos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor do pH da solução nutritiva preparada no reservatório principal no início dos experimentos foi de 5,8. Esse valor decresceu até atingir o valor de 4,8 no dia 2 de junho, quando foi corrigido com KOH até o valor de 5,1. A partir dessa data os valores aumentaram até atingir 5,3 no final do experimento de

outono. Evolução semelhante ocorreu no experimento de primavera, quando os valores decresceram até atingir o valor de 4,9 no dia 13 de outubro. Nessa data foi feita a correção com KOH até o valor de 5,2. O valor de pH medido no final do experimento de primavera foi de 5,4.

Os valores médios do pH medidos nos minireservatórios destinados a recolher os volumes drenados das bancadas de cada um dos substratos foram de 5,4 na areia e de 5,7 no substrato orgânico, no experimento de outono. Na primavera, esses valores foram de 5,0 e de 5,8, respectivamente. Em ambos os experimentos, as diferenças entre os dois substratos não foram significativas para essa variável.

A CE da solução nutritiva no reservatório principal foi de 1,7 dS m⁻¹ no início de ambos os experimentos. No experimento de outono, a variação nos minireservatórios relativos a areia situou-se entre 1,3 dS m⁻¹ e 1,7 dS m⁻¹, com média de 1,5 dS m⁻¹. Naqueles relativos ao substrato orgânico, os valores situaram-se entre 1,8 dS m⁻¹ e 1,4 dS m⁻¹, com média de 1,6 dS m⁻¹, sem diferenças significativas entre os dois substratos. Nesse experimento, não houve necessidade de repor o volume consumido de solução nutritiva durante o período. Na primavera, a variação da CE nos minireservatórios da areia ocorreu entre 1,6 dS m⁻¹ e 2,2 dS m⁻¹, com média de 1,9 dS m⁻¹. Naqueles relativos ao substrato orgânico, os valores situaram-se entre 1,6 dS m⁻¹ e 1,9 dS m⁻¹, com média de 1,7 dS m⁻¹, sem diferenças significativas entre os dois substratos. Nesse experimento, 50% do volume inicial de solução nutritiva foi repostado aos 19 dias após o plantio. No dia anterior a essa reposição, a CE da solução nutritiva no reservatório principal foi de 1,6 dS m⁻¹.

A evolução diária da temperatura dos substratos, da solução nutritiva e do ar mostrou dinâmicas distintas no decorrer do dia. Os valores relativos ao dia 23 de outubro, que foi aquele mais quente do período, caracterizaram um dia ensolarado típico de primavera-verão na região. Às 9:00 h, a temperatura da areia foi inferior àquela do substrato orgânico, embora sem diferença significativa. A temperatura da solução nutritiva foi

similar àquela do substrato orgânico, enquanto a temperatura do ar foi 2°C superior à média daquela medida nos dois substratos. Às 12:00 h, a temperatura da areia foi superior àquela do substrato orgânico, sem diferença significativa, enquanto as temperaturas da solução nutritiva e do ar situaram-se 6,1°C e 2,6°C, respectivamente, abaixo da média da temperatura nos dois substratos. Os valores térmicos mais elevados foram observados às 15:00 h, superiores na areia, porém sem diferença significativa do substrato orgânico. Nesse horário, a média das temperaturas nos dois substratos situou-se 5,4°C acima da temperatura da solução nutritiva e 0,4°C acima daquela do ar.

As médias relativas ao número de folhas e a massa fresca e seca da parte aérea da cultivar Regina foram superiores nas plantas cultivadas no substrato orgânico no período de outono, embora as diferenças não tenham sido significativas (Tabela 1). No caso da cultivar Mimosa, as médias dessas variáveis diferiram significativamente daquelas cultivadas na areia. Resultados inversos foram observados na primavera, quando as médias mais elevadas foram registradas nas plantas cultivadas na areia, em ambas as cultivares. Na cultivar Regina, somente a massa fresca diferiu significativamente, enquanto na cultivar Mimosa tanto o número de folhas como a massa fresca foram significativamente superiores nas plantas cultivadas na areia. Na comparação das variáveis de crescimento e desenvolvimento entre as épocas, o número de folhas foi superior nas plantas da cultivar Regina cultivadas na primavera ($P < 0,05$). No caso da cultivar Mimosa, o número de folhas e a massa seca foram superiores na primavera ($P < 0,05$). As médias relativas ao número de folhas de ambas as cultivares foram superiores àquelas obtidas por Schmidt *et al.* (2001) no cultivo em NFT no mesmo local, as quais situaram-se em torno de 619 folhas m^{-2} para a cultivar Regina e de 340 folhas m^{-2} para a cultivar Mimosa.

Uma das principais práticas de manejo no cultivo hidropônico da alface em NFT consiste no ajuste do pH e da CE da solução nutritiva. No caso de serem usadas soluções nutritivas contendo ape-

Tabela 1. Número de folhas (NF), massa fresca (MF) e seca (MS) de plantas de alface cultivadas em sistema hidropônico com dois substratos. Santa Maria, UFSM, 2003.

Época	Substratos	Cv. Regina			Cv. Mimosa		
		NF (m^2)	MF (kg/m^2)	MS (g/m^2)	NF (m^2)	MF (kg/m^2)	MS (g/m^2)
Outono	Areia	662 a	2,9a	111,6a	400 b	2,3 b	72,0 b
	Orgânico	682 a	3,1a	113,4a	450 a	3,1a	93,6a
	CV (%)	9,5	12,8	14,5	9,8	15,8	16,0
Primavera	Areia	853 a	3,1a	120,6a	738 a	3,7a	142,0a
	Orgânico	801 a	2,8 b	118,8a	529 b	2,3 b	104,4a
	CV (%)	9,8	11,1	10,1	13,0	8,8	15,8

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

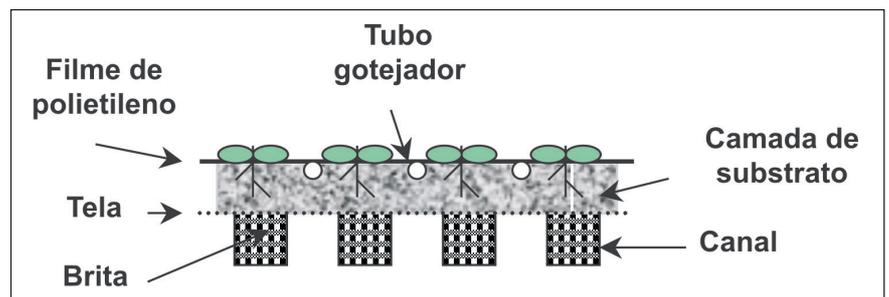


Figura 1. Diagrama esquemático do dispositivo para o cultivo hidropônico da alface empregando substratos. Santa Maria, UFSM, 2003.

nas NO_3^- como fonte de N, como foi o caso daquela empregada nos atuais experimentos, o ajuste do pH tem sido feito diariamente ou em intervalos de poucos dias (Santos, 2000b). Nos dois experimentos que foram realizados, essa operação foi feita apenas uma vez durante todo o período experimental, sugerindo que o emprego dos substratos conferiu maior poder tampão para essa variável, em relação a NFT. Esse resultado pode ser atribuído a prováveis interações químicas entre as partículas do substrato e os íons da solução nutritiva. Essas interações resultariam na liberação de íons H^+ , os quais reduziram o pH nas fases finais de crescimento e desenvolvimento da cultura. Nas fases posteriores, o efluxo dos íons OH^- resultantes do processo de absorção dos íons NO_3^- exerceria efeito neutralizador sobre os íons H^+ . Esse resultado sugere que o emprego de substratos permitiria reduzir as operações de ajuste do pH da solução nutritiva no decorrer do ciclo de produção. Quanto a CE, a pequena variação observada nos dois experimentos pode ser atribuída ao elevado volume de solução nutritiva empregado, na proporção de 4,6

L/planta no volume máximo do reservatório principal, acima do volume mínimo de 1 L/planta recomendado no cultivo hidropônico de hortaliças folhosas (Faquin e Furlani, 1999).

Uma das principais limitações dos sistemas hidropônicos de produção em regiões de climas quentes se refere a temperatura da solução nutritiva que circula em torno das raízes. Os resultados atuais indicaram que nas horas mais quentes do dia as temperaturas dos substratos em torno das raízes situaram-se próximas daquelas do ar no interior da estufa de polietileno. Isso significa que o emprego de uma camada de material como substrato não foi suficiente para manter as temperaturas da zona radicular em valores abaixo daquelas do ar. Essa camada poderia, entretanto, ser eficiente para evitar sua elevação excessiva em relação àquela do ar. Os resultados mostraram ainda que a temperatura da solução nutritiva no interior do reservatório principal no dia 23 de outubro passou de 24°C às 9:00 h para 32°C às 15:00 h. É pouco provável que esse ganho térmico tenha sido proveniente da energia coletada ao longo das calhas de

cultivo no decorrer de cada fertirrigação, pois nesse dia foram feitas apenas três fertirrigações, respectivamente às 9 h, 13 h e 16 h. O aquecimento detectado pode ser atribuído a absorção da energia solar incidente sobre o reservatório principal. Isso indica que, nos cultivos hidropônicos, é conveniente instalar dispositivos capazes de proteger os reservatórios de solução nutritiva da incidência direta da radiação solar.

O número de folhas emitidas pela cultivar Regina no período entre o plantio e o início da senescência das folhas basais plenamente desenvolvidas foi 23% superior na primavera, sem influência significativa dos substratos. Na cultivar Mimosa, foi 49% superior na primavera. Os resultados ilustram o efeito das temperaturas diárias do ar, que servem de variável de entrada para a maior parte dos modelos de desenvolvimento das hortaliças (Marcelis *et al.*, 1998). Entretanto, na primavera, as plantas cultivadas no substrato orgânico apresentaram médias inferiores de crescimento e desenvolvimento. Esse resultado pode ter sido consequência das transformações físicas sofridas por esse material no decorrer dos dois ciclos de cultura. Ao final do experimento de primavera, a altura média da camada de areia entre o topo dos canais das calhas e a superfície superior do material foi de 0,030 m na areia e de 0,015 m no substrato orgânico. Isso representou uma perda de volume em torno de 40% na areia e de 70% no substrato orgânico, estimado levando-se em conta a altura de cada camada no início do experimento de outono, que foi de 0,05 m. A diminuição mais acentuada de volume do substrato orgânico pode ter ocorrido por compactação, decomposição biológica ou lixiviação das partículas menores pela solução nutritiva. O volume retido de solução nutritiva desse mesmo material ficou reduzido a 0,130 L dm³, representando uma diminuição de 31,6% em relação àquele medido no início do experimento de outono. Esses resultados indicam que, do ponto de vista da estabilidade física, o emprego da areia é preferível ao substrato comercial. Outras vantagens da areia são o custo

inferior, a maior disponibilidade nas distintas regiões do País e a maior facilidade de limpeza e desinfestação, quando necessárias.

No experimento de outono, foi feita apenas uma fertirrigação diária e no experimento de primavera essa operação foi efetuada no máximo três vezes ao dia, na semana final do experimento e apenas nos dias com elevada insolação. O tempo de funcionamento da motobomba foi de 9 h e 45 min no experimento de outono e de 20 h e 15 min no experimento de primavera. No mesmo período, o emprego da NFT com o regime de fertirrigação recomendada para a região (Nogueira Filho e Mariani, 2000), com intervalos intermitentes de 15 min no funcionamento da motobomba durante o dia e um intervalo de 15 minutos a cada três horas durante a noite, o tempo de funcionamento seria de 204 h e 45 min e de 189 h, no primeiro período e segundo período experimental, respectivamente. O emprego dos substratos permitiu uma redução média de 92% no tempo de funcionamento da motobomba.

Os resultados sugerem que o emprego de substratos para o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas pode simplificar tanto o manejo da fertirrigação como os controles da solução nutritiva e, ainda, diminuir o consumo de energia elétrica. A limpeza das raízes visando a comercialização de plantas inteiras com o sistema radicular aparente seria possível com o emprego da areia, mediante imersão em água, logo após a colheita. Essa prática dificilmente poderia ser realizada com sucesso no caso de ser empregado o substrato orgânico.

LITERATURA CITADA

- ALPI, A.; TOGNONI, F. *Cultivo en invernadero*. Madrid: Mundi-Prensa, 3 ed. 1999. 347 p.
- ANDRIOLO, J.L. *Fisiologia das culturas protegidas*. Santa Maria, Editora da UFSM, 1999. 142 p.
- BENINI, 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.
- CAÑADAS, J.J.M. Sistemas de cultivo en substrato: a solución perdida y com recirculación del lixiviado. In: MILAGROS, M.F.; GÓMEZ, I.M.C. (ed.). *Cultivos sin suelo II. Curso Superior de Especialización*. Almería: DGIFA-FIAPA-Caja Rural de Almería. 1999, p.173-205.
- CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. *Cultivo sem solo - Hidroponia*. 4. ed. Jaboticabal, FUNEP, 1995. 43 p.
- CTIFL. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits e des Légumes. *Maîtrise de la conduite climatique*. Paris: CTIFL, 1995. 127 p.
- FAQUIN, V.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.99-104, 1999.
- 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.
- GEMEINDER, C.A.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.105-113, 1999.
- LONDERO, F.A.A. *Reposição de nutrientes em soluções nutritivas no cultivo hidropônico da alface*. 2000.85 p. (Tese mestrado), UFSM, Santa Maria.
- MALFA, G.L.; LEONARDI, C. Crop practices and techniques. *Acta Horticulturae*, v.559, p.31-39, 2001.
- MARCELIS, L.F.M.; HEUVELINK, E.; GOUDRIAAN, J. Modelling biomass production of horticultural crops: a review. *Scientia Horticulturae*, v.74, p.83-111, 1998.
- MARTÍNEZ, F.C. Sistemas de cultivos hidropônicos. In: MILAGROS, M.F.; GÓMEZ, I.M.C. (ed.). *Cultivos sin suelo II. Curso Superior de Especialización*. Almería: DGIFA-FIAPA-Caja Rural de Almería. 1999, p. 207-228.
- MEDEIROS, C.A.B.; ZIEMER, A.H.; DANIELS, J.; PEREIRA, A.S. Produção de sementes pré-básicas de batata em sistemas hidropônicos. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.1, p.110-114, 2002.
- MORAES, C.A.G.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.105-113, 1999.
- NOGUEIRA FILHO, H.; MARIANI, O.A. Estruturas para produção de alface hidropônica. In: SANTOS, O. (ed.). *Hidroponia da alface*. Santa Maria: UFSM, 2000, p.102-110.
- SANTOS, O. *Hidroponia da alface*. Santa Maria: UFSM, 2000a, 160 p.
- SANTOS, O. Soluções nutritivas para alface. In: SANTOS, O. (ed.). *Hidroponia da alface*. Santa Maria: UFSM, 2000b, p.90-101.
- SCHMIDT, D.; SANTOS, O.S.; BONNECARRÈRE, R.A.G.; MARIANI, O.A.; MANFRON, P.A. Desempenho de soluções nutritivas e cultivares de alface em hidroponia. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.19, n.2, p.122-126, 2001.