

Reposição de nutrientes em solução nutritiva para o cultivo hidropônico de alface¹

Nutrients replacement in nutrient solution for lettuce hydroponic cultivation

Fernanda Alice Antonello Londero Backes² Osmar Souza dos Santos³ Felipe Gustavo Pilau⁴
Reinaldo Antônio Garcia Bonnacarrère⁵ Sandro Luis Petter Medeiros⁶
Evandro Binotto Fagan⁷

RESUMO

Este trabalho teve como objetivos comparar a produção de alface sob diferentes métodos de reposição de nutrientes em soluções renovadas a cada cultivo, bem como avaliar a utilização da mesma solução, com reposição de nutrientes, durante três cultivos consecutivos. O experimento foi realizado em casa-de-vegetação da Universidade Federal de Santa Maria-RS, no período de agosto a novembro de 1999. O delineamento experimental foi um fatorial 5x2 em blocos casualizados, com três repetições. Avaliaram-se cinco formas de reposição de nutrientes na solução nutritiva com base na condutividade elétrica (CE), no sistema de fluxo laminar de nutrientes – NFT, e duas cultivares de alface: Regina e Deisy, cultivadas em bancadas de produção formadas por telhas de fibro-cimento revestidas com tinta betuminosa Neutrol®. Os resultados demonstraram que a reposição de nutrientes na solução nutritiva renovada a cada cultivo não resulta em ganhos de produtividade da alface em relação à ausência de reposição de nutrientes. Os métodos de reposição de nutrientes com base na redução de 0,25mScm⁻¹ da CE inicial e redução de 50% da CE inicial permitiram a utilização da mesma solução por três cultivos consecutivos, sendo que a reposição com base na redução de 50% da CE inicial promoveu melhores resultados, em especial quanto à matéria fresca de planta. Não houve interação de cultivares com métodos de reposição, sendo a cultivar Regina caracterizada pelo maior número de folhas por planta.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, sistema NFT, condutividade elétrica, produção.

ABSTRACT

The objectives of this work were to compare lettuce yield under different nutrient replacement methods. The

experiment was carried out in a plastic greenhouse of the "Universidade Federal de Santa Maria", RS, Brazil, from August to November, 1999. The experimental design was a factorial 5x2 in random blocks with three repetitions. Five kinds of nutrient replacement were evaluated based on electrical conductivity (EC) in the nutrient film technique. Two lettuce cultivars, Regina and Deisy, were grown on benches of asbestos cement tiles. Nutrient solution replacement every season did not provide higher productivity than nutrient solution reuse. Nutrient replacement methods of 0,25mScm⁻¹ EC and decrease of 50% EC permitted to reuse the same nutrient solution for three grown seasons, especially in fresh weight. There was no interaction between cultivars and replacement methods. Regina showed higher number of leaves than Deisy.

Key words: *Lactuca sativa*, NFT system, electrical conductivity, yield.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo hidropônico comercial, no sistema de fluxo laminar de nutrientes, NFT, tem sido encontrado, principalmente, nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. A alface é a espécie de maior expressão no sistema de cultivo sem solo, possivelmente por ser a hortaliça folhosa de maior aceitação pelos consumidores, apresentar ciclo curto, alta produtividade e rápido retorno do capital investido (SANTOS, 2000; LONDERO & AITA, 2000). A solução nutritiva é fundamental ao desenvolvimento

¹Parte da dissertação apresentada à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) para obtenção do grau de Mestre em Agronomia na área de Produção Vegetal.

²Engenheiro Agrônomo, MSc, Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, MG. Rua Francisco José Klahold, 460. Bairro Centro, Canoinhas, SC, 89460.000. E-mail: fernanda@backes.com.br. Autor para correspondência.

³Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Titular, Departamento de Fitotecnia, UFSM.

⁴Engenheiro Agrônomo, MSc, Doutorando em Fitotecnia, Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiróz (ESALQ).

⁵Engenheiro Agrônomo, MSc, Professor Substituto, Departamento de Fitotecnia, UFSM.

⁶Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Adjunto, Departamento de Fitotecnia, UFSM.

⁷Acadêmico do Curso de Agronomia da UFSM.

das plantas. Se manejada de forma incorreta provoca redução na produtividade e na qualidade do produto. Dessa forma, vários cultivos hidropônicos realizados no país são legados ao fracasso em função do desconhecimento do manejo nutricional (FURLANI et al., 1999).

As plantas têm grande capacidade de se adaptarem a diferentes soluções nutritivas já que a absorção das mesmas é seletiva. No entanto, deve-se considerar os limites de pH, pressão osmótica e proporção entre nutrientes, para que um não interfira na absorção do outro e não ocorram precipitações de compostos insolúveis. Assim, a manutenção de um meio favorável ao desenvolvimento das plantas não envolve apenas a escolha de uma solução apropriada no plantio, mas do controle contínuo desta, o qual determinará a adição de sais, ajuste de pH e substituição periódica de toda a solução (MARTINEZ, 2002).

Os nutrientes desempenham papel fundamental para a qualidade e produtividade da alface. Dessa forma, a aplicação equilibrada de nutrientes exerce função vital na determinação da qualidade do produto (ABOU-HADID et al., 1996). Conforme GOTO et al. (2001), a cultura da alface absorve quantidades relativamente pequenas de nutrientes, quando comparada a outras culturas. No entanto, pode ser considerada como exigente em nutrientes, principalmente na fase final do ciclo. Além disso, há exigências nutricionais diferenciadas entre cultivares, merecendo atenção no manejo da adubação.

Em relação à reposição de nutrientes na solução nutritiva, vários métodos são descritos na literatura para uso em hidroponia, no entanto, são escassas informações mais detalhadas sobre o desempenho desses métodos durante o desenvolvimento das plantas. O controle de nutrientes na solução nutritiva através de um sistema automático foi proposto por NIELSEN (1984), com base no ajuste do nível de água, da concentração de nutrientes e do pH. Em um nível constante de água, a queda na concentração de sais está correlacionada com a diminuição da condutividade elétrica (CE), a qual pode ser usada como monitor do nível de nutrientes na solução. Neste método, os níveis de nutrientes podem ser mantidos pela adição de soluções de manutenção sendo que as proporções de nutrientes devem ser iguais ao influxo médio da cultura, o qual é igual à proporção de nutrientes na massa seca e pode ser obtida através da análise química da planta.

Em cultivos comerciais, MARTINEZ (2002) considera que, para determinar o momento da renovação ou reposição de nutrientes, pode-se monitorar um elemento de fácil análise e alta exigência

pela planta cuja concentração na solução é baixa em relação a outras formulações. Também MARTINEZ & SILVA FILHO (1997) propõem o uso da relação entre a concentração de nutrientes e a CE (com redução de 30% do valor inicial) para efetuar a reposição dos sais. Por outro lado, FURLANI (1998) sugere um sistema de ajuste químico, através do monitoramento da CE, pela adição de sais com soluções estoque quando houver redução de 0,25 mS cm⁻¹ na CE inicial.

Verifica-se, portanto, que a adoção de uma forma de reposição de nutrientes na solução nutritiva é discutível, pela carência de comprovação da eficiência dos diversos métodos em relação à produção e a resposta das plantas cultivadas em solução nutritiva sem reposição, no sistema NFT. Assim, o trabalho teve como objetivos comparar a produção de alface sob diferentes formas de manejo de nutrientes na solução nutritiva, durante três cultivos sucessivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação da Universidade Federal de Santa Maria - RS, no período de agosto a novembro de 1999. Os dados meteorológicos de T°C máxima e mínima, UR máxima e mínima e Rg registrados durante o período experimental foram de 27,7°C e 14°C, 94% e 50%, 376,4 Rg (cal cm⁻² dia⁻¹); 31°C e 17,5°C, 93% e 49%, 374 Rg (cal cm⁻² dia⁻¹); 30,5°C e 17°C, 86,5% e 47,5%, 385 Rg (cal cm⁻² dia⁻¹) para o primeiro, segundo e terceiro cultivos, respectivamente.

Sob delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições, em esquema fatorial 5x2, foram avaliadas cinco formas de manejo de nutrientes na solução nutritiva: T1- sem reposição de nutrientes e com renovação da solução ao final de cada cultivo; T2- reposição de nutrientes quando diminuiu 0,25mS cm⁻¹ na CE inicial e renovação da solução ao final de cada cultivo; T3- reposição de nutrientes quando diminuiu 0,25mS cm⁻¹ na CE inicial, durante três cultivos; T4- reposição de nutrientes quando diminuiu 50% da CE inicial e renovação da solução ao final de cada cultivo; T5- reposição de nutrientes quando diminuiu 50% da CE inicial, durante três cultivos. Foram usadas duas cultivares de alface: Regina (tipo lisa) e Deisy (tipo cressa). Os tratamentos T2 e T3 seguiram o método de ajuste químico da solução nutritiva proposto por FURLANI (1998) no qual, para uma redução na CE inicial de 0,25mS cm⁻¹, se utilizou à adição de sais através de soluções estoque A (1L 1000L⁻¹), B (1L 1000L⁻¹) e M (50mL 1000L⁻¹), cujas composições químicas são: solução A 1.200g KNO₃ 10L⁻¹; 200g

$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 10L^{-1} e $240\text{g MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 10L^{-1} ; solução B: $600\text{g Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 10L^{-1} e $300\text{g NH}_4\text{NO}_3$ 10L^{-1} ; solução M: $10\text{g MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ L^{-1} ; $5\text{g H}_3\text{BO}_3$ L^{-1} ; $2\text{g ZnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ L^{-1} ; $1\text{g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ L^{-1} ; $1\text{g Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ L^{-1} e 200mL de Fe-EDTA, respectivamente. Os tratamentos T4 e T5 seguiram o método de reposição com base na adição de 50% da formulação inicial quando a CE inicial teve redução de 50%.

Em 02/08/1999, 03/09/1999 e 28/09/1999 foram realizadas as sementeiras para o primeiro, segundo e terceiro cultivos, respectivamente, em bandejas de isopor, contendo substrato comercial Plantmax e colocadas em sistema de irrigação por *floating* (piscina) com a solução nutritiva recomendada por CASTELLANE & ARAÚJO (1995), cuja composição química dos macronutrientes é 950; 900; 272; 246g 1000L^{-1} de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; KNO_3 ; KH_2PO_4 ; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, respectivamente; e, dos micronutrientes é 1,70; 1,15; 0,19; 2,85; 0,12g 1000L^{-1} de $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$; $\text{Na MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e 1000mL de Fe-EDTA, respectivamente, diluída a 25% da formulação inicial.

O transplante para o berçário ocorreu quando as mudas apresentaram 4 folhas definitivas e utilizou-se a solução nutritiva recomendada por CASTELLANE & ARAÚJO (1995), diluída a 50%, cujo período de permanência nesta fase foi variável, de acordo com a época de cultivo. Na fase de produção final, as plantas, em espaçamento de 25 cm entre plantas na linha e 22 cm entre linhas, foram cultivadas em telhas de fibro-cimento impermeabilizadas com tinta betuminosa (Neutrolâ), sobre as quais foram colocadas placas de isopor. A solução nutritiva utilizada nesta fase foi a recomendada por FURLANI (1995), a 100% da formulação inicial, para todos os tratamentos, cuja composição química dos macronutrientes é 750; 50; 150; 400g 1000L^{-1} de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; KNO_3 ; $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, respectivamente, e dos micronutrientes é 30; 30; 10; 3; 3g 1000mL^{-1} de $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; H_3BO_3 ; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e 200 mL de Fe-EDTA. A circulação da solução nutritiva foi controlada por temporizador programado para acionar a moto-bomba durante 15 minutos, com intervalos de 15 minutos. O pH foi monitorado diariamente mantendo-se entre $6,0 \pm 0,2$, após completar o volume do reservatório com água. Em seguida, efetuou-se a leitura da CE, sendo esta considerada para se realizar a reposição de nutrientes. Os valores da CE inicial foram de 2,83, 2,90, 2,85, 2,91 e $2,48\text{ mS cm}^{-1}$ no primeiro cultivo, de 2,70, 2,72, 2,36, 2,74 e $1,50\text{ mS cm}^{-1}$ no segundo cultivo e 2,59, 2,60, 2,27, 2,73 e $1,084\text{ mS cm}^{-1}$ no terceiro cultivo, para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente.

A colheita foi realizada após 25 dias de permanência das plantas nas bancadas definitivas, totalizando, da sementeira à colheita, 64, 59 e 62 dias no primeiro, segundo e terceiro cultivos. As características avaliadas foram matéria fresca e seca total e número de folhas. Os experimentos foram analisados separadamente e os dados foram submetidos à análise da variância, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância indicaram não haver interação entre formas de reposição de nutrientes e cultivares em nenhum dos três cultivos avaliados. No primeiro cultivo, verifica-se que houve diferença significativa entre os tratamentos para matéria fresca e seca total e para número de folhas (Tabela 1). Os tratamentos T1, T4 e T5 acumularam mais matéria fresca total, com médias de 300,6; 284,8 e $334,2\text{g planta}^{-1}$, respectivamente. Assim, no tratamento T1 a composição química da solução nutritiva proposta por FURLANI (1995) foi suficiente, apenas com reposição diária de água para manter o volume inicial do reservatório a fim de se evitar elevação na concentração salina, para que as plantas completassem o seu ciclo com bons ganhos de matéria seca em comparação com os tratamentos que receberam reposição de nutrientes na solução nutritiva.

O maior número de reposições realizadas nos tratamentos T2 (seis reposições) e T3 (cinco reposições), conforme a Figura 1a, não favoreceram a produção de matéria fresca total. Nesses tratamentos, a CE foi mantida próxima aos valores iniciais de 2,85 e $2,91\text{ mS cm}^{-1}$, respectivamente, devido às constantes adições de nutrientes na solução. A absorção dos nutrientes parece ter sido prejudicada em função das excessivas reposições na solução nutritiva, ocasionando um desbalanço nutricional na absorção de cátions e ânions e, conseqüentemente, provocando maiores variações de pH na solução nutritiva (Figura 2a). Como a solução nutritiva não tem capacidade tampão, o pH varia constantemente. Valores inferiores a 4,0 afetam a integridade e permeabilidade das membranas celulares, podendo haver perdas de nutrientes já absorvidos pela planta, além de crescimento retardado das raízes, enquanto que valores superiores a 6,5 podem acarretar precipitações de elementos como cálcio, fósforo, ferro e manganês, os quais tornam-se indisponíveis para as plantas (MARTINEZ, 2002).

Tabela 1 - Matéria fresca e seca total (g planta⁻¹) e número de folhas de alface cultivada em hidroponia, considerando cinco formas de reposição de nutrientes na solução, no primeiro cultivo (C₁), segundo cultivo (C₂) e terceiro cultivo (C₃). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Agosto a Outubro de 1999.

Reposições ^{1/}	Matéria fresca total			Matéria seca total			Número de folhas		
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃
T1	300,6a ^{2/}	325,7a	423,8b	13,3a	12,7a	19,9a	23,8ab	26,2a	35,2a
T2	233,2b	234,0b	339,3b	10,4b	10,9a	16,8a	19,9b	26,5a	33,7a
T3	240,6b	291,9a	352,5b	11,2ab	12,2a	17,6a	21,2ab	25,0a	33,5a
T4	284,8ab	292,4a	366,7b	12,5ab	12,1a	17,5a	23,9a	26,5a	33,8a
T5	334,2a	302,5a	512,2a	12,5ab	11,9a	19,9a	22,6ab	24,3a	33,2a
Cultivares									
Regina	245,5b	279,3a	336,3b	9,9b	11,6a	15,5b	28,5a	31,8a	43,2a
Deisy	311,8a	299,4a	461,6a	13,9a	12,3a	21,2a	16,0b	19,7b	24,6b
CV (%)	11,2	13,9	12,3	11,4	15,2	15,6	9,8	27,0	9,5

^{1/} T1-sem reposição e com renovação da solução ao final de cada cultivo; T2 -reposição de nutrientes quando diminuiu 0,25mS cm⁻¹ na CE inicial e renovação da solução ao final de cada cultivo; T3 -reposição de nutrientes quando diminuiu 0,25mS cm⁻¹ na CE inicial, durante três cultivos; T4 -reposição de nutrientes quando diminuiu 50% da CE inicial e renovação da solução ao final de cada cultivo; T5 -reposição de nutrientes quando diminuiu 50% da CE inicial, durante três cultivos.

^{2/} Médias na coluna, seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Nos tratamentos T2 e T3, os valores da CE foram superiores aos recomendados para o cultivo da alface em hidroponia. Segundo RESH (1997), a CE deve estar entre 1,5 e 2,0mS cm⁻¹. Já MARTINEZ & SILVA FILHO (1997) propõem que a CE não ultrapasse 2,5mS cm⁻¹, enquanto que ABOU-HADID et al. (1996) sugerem que os melhores níveis de CE estão entre 1,0 e 1,5mS cm⁻¹.

Em relação aos tratamentos T1, T4 e T5, observa-se que os valores de CE por serem mais baixos que os demais tratamentos (Figura 1a) favoreceram o crescimento e desenvolvimento das plantas. Além disso, esses mesmos tratamentos apresentaram pH em uma faixa mais adequada para a disponibilidade dos nutrientes, enquanto que nos tratamentos T2 e T3, cujos valores de pH eram mais baixos (Figura 2a), os resultados de produção não foram satisfatórios, provavelmente pela precipitação de alguns nutrientes, assim como danos causados à integridade e permeabilidade das membranas celulares ocasionados pela elevada concentração hidrogeniônica (MARTINEZ, 2002).

Embora a CE, no tratamento T1, tenha sofrido queda gradual (Figura 1a), pela absorção de nutrientes e pela diluição da solução através da reposição diária do volume de água evapotranspirado, a composição da solução proposta por FURLANI (1995) permitiu que as plantas se desenvolvessem com ganho de produtividade sem a necessidade de ajustes químicos na solução. Corroborando com esta observação, KOEFENDER (1996) considera que a reposição diária do volume de solução absorvida e evapotranspirada, com água, contribui com pequena quantidade de nutrientes na solução nutritiva, porém

não é suficiente para evitar a queda na CE, ao longo do cultivo.

Observa-se, na figura 2a, que a queda do pH foi gradual até os 10 DAT, sendo que, após este período, os valores foram diferenciados em função dos tratamentos. Nos tratamentos T2 e T3, o pH sofreu maiores mudanças, provavelmente em função das reposições com soluções estoque cujo pH era ácido, embora essas soluções apresentem em sua composição fosfato de monoamônio e nitrato de amônio, as quais deveriam conferir menores variações no pH. Segundo ANDRIOLO (1999), as formas nítrica e amoniacal na composição da solução nutritiva propiciam maior estabilidade do pH. Nos tratamentos T4 e T5, pode-se verificar que as quedas do pH (Figura 2a) ocorreram no momento da adição dos nutrientes.

Verifica-se que a cultivar Deisy apresentou maior matéria fresca e seca total (Tabela 1), comparativamente à 'Regina'. Em geral, as cultivares crespas apresentam maior acúmulo de massa, pela formação de folhas grandes e pelo maior porte da planta, formando maior massa de caule. SCHMIDT & SANTOS (2000) também verificaram este comportamento avaliando a produtividade de cultivares de alface do tipo lisa e crespa, nos quais a produção da cultivar Regina foi de 198 g enquanto que a da cultivar Deisy foi de 210 g. Já 'Regina' obteve maior número de folhas (28,5 folhas) que 'Deisy' (16 folhas), sendo esta uma característica das cultivares lisas.

No segundo cultivo, estatisticamente, tanto os tratamentos com renovação de solução nutritiva quanto os com reposições ao longo dos cultivos produziram matéria fresca total equivalente, exceto o

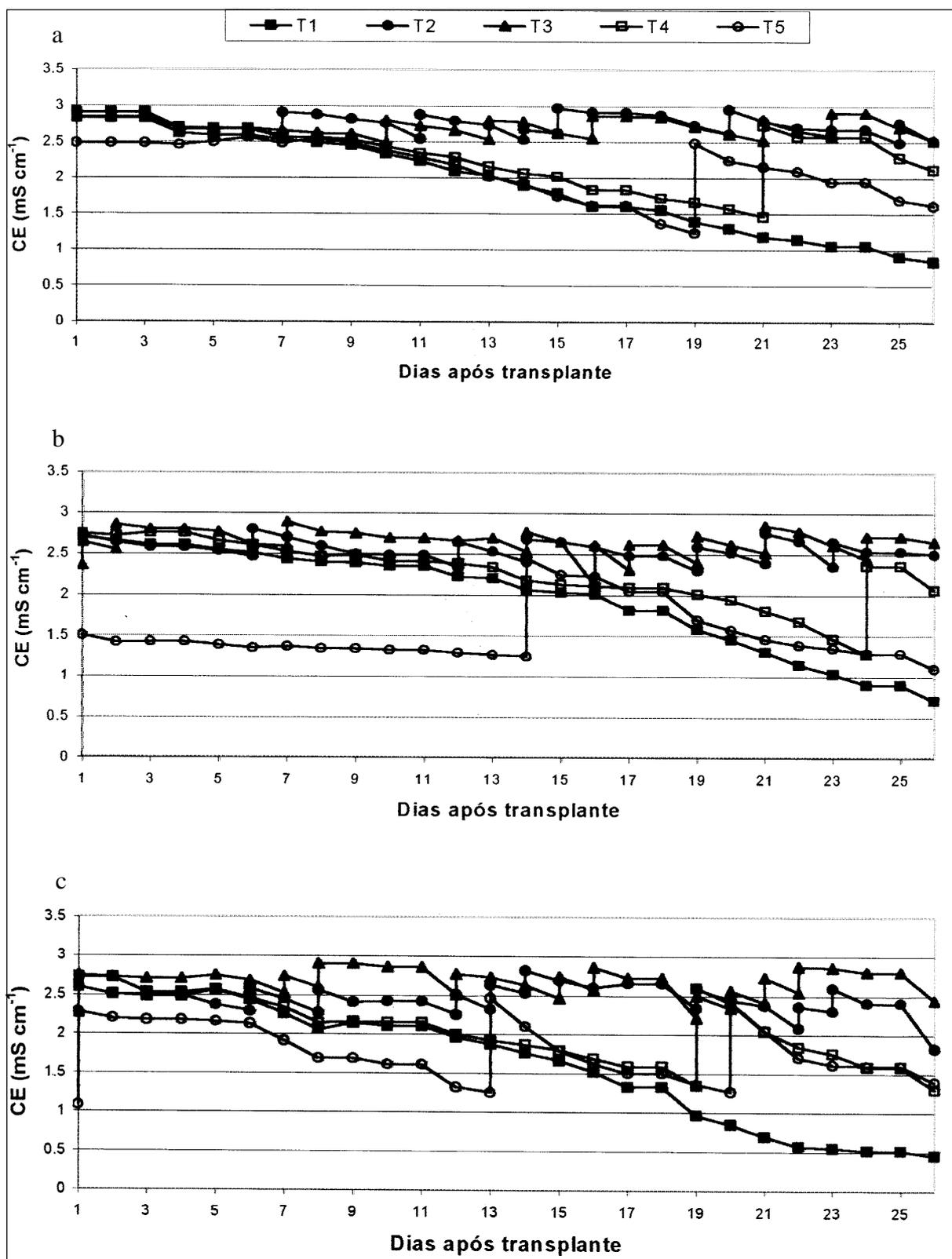


Figura 1 - Valor diário da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva, considerando cinco formas de reposição de nutrientes, no primeiro cultivo (a), segundo cultivo (b) e terceiro cultivo (c) de alface. UFSM, Santa Maria, RS, 1999.

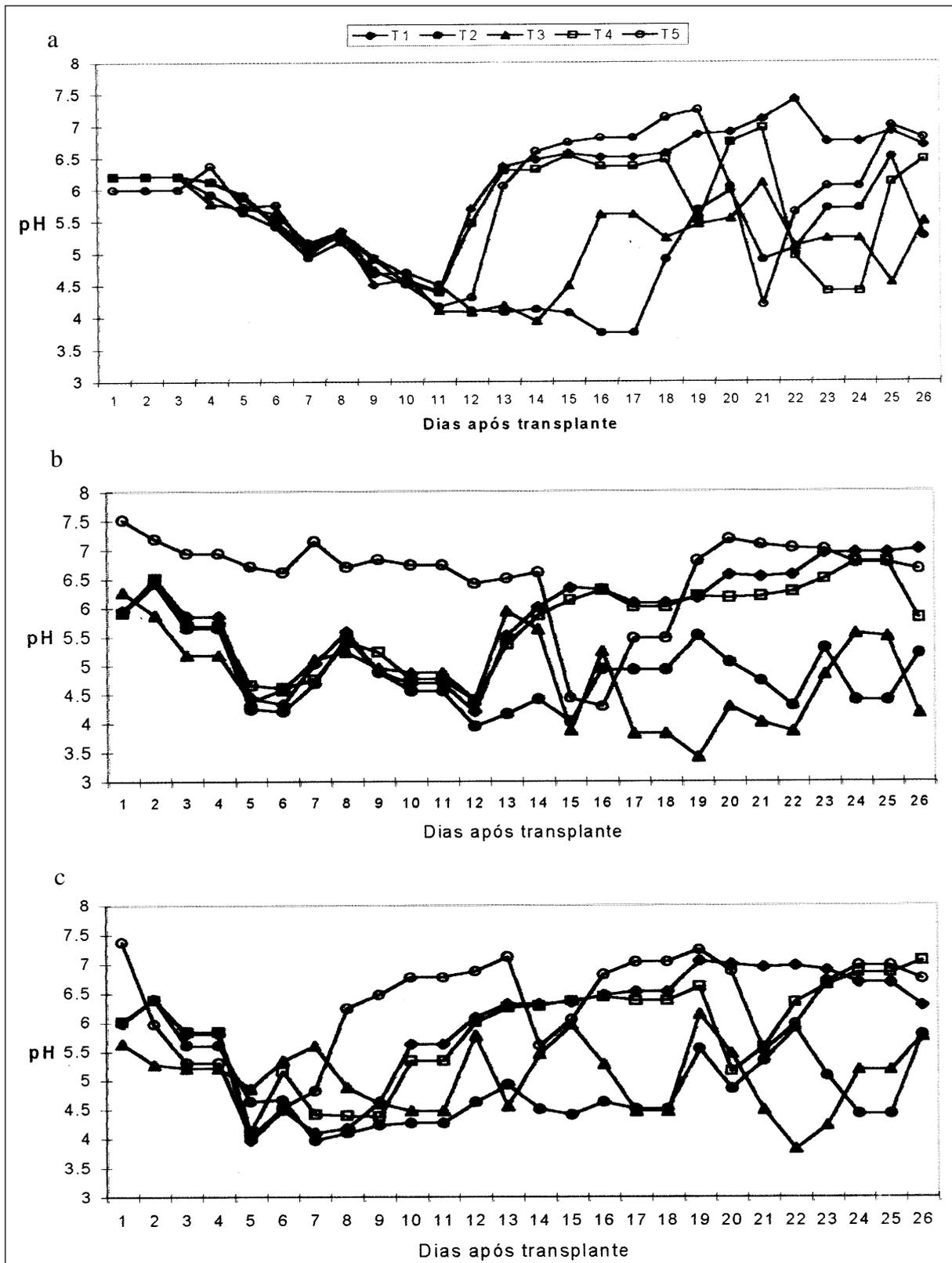


Figura 2 - Valor diário do pH da solução nutritiva, considerando cinco formas de reposição de nutrientes, no primeiro cultivo (a), segundo cultivo (b) e terceiro cultivo (c) de alface. UFSM, Santa Maria, RS, 1999.

tratamento T2, inferior aos demais e, aproximadamente, 20% inferior ao tratamento T3. Quanto ao acúmulo de matéria seca total e número de folhas, os tratamentos não diferiram estatisticamente (Tabela 1).

Quanto ao pH, todos os tratamentos apresentaram comportamento semelhante até 12 DAT, exceto o tratamento T5, que na reposição (aos 14 DAT) apresentou redução para 4,5. Após, os valores de pH aumentaram novamente (Figura 2b). Já nos tratamentos T1 e T4, a tendência foi semelhante até o 24 DAT, quando se efetuou a reposição dos nutrientes no tratamento T4 (Figura 1b) provocando a queda no pH de 6,8 para 5,7, aproximadamente. Da mesma forma, as variações de pH nos tratamentos T2 e T3 (Figura 2b), ao longo do cultivo, podem ter ocorrido em função das reposições com as soluções estoque, cujo pH era ácido (solução A: 3,73; solução B: 5,49 e solução M: 4,23) e acidificaram o meio. Tal comportamento não foi o esperado, pois tanto a solução de FURLANI (1995) quanto as soluções estoque A e B contêm, em suas composições, as formas nítrica e amoniacal, que evitam variações no pH.

Em relação às cultivares, verifica-se que a cultivar Regina não diferiu significativamente da 'Deisy' para matéria fresca e seca total. No entanto, conforme também observado no primeiro cultivo, o número de folhas na cultivar Regina foi superior à 'Deisy', com médias de 31,8 e 19,7 folhas, respectivamente, concordando com BONNECARRÈRE et al. (2000).

No terceiro cultivo, observa-se que as plantas cultivadas no tratamento T5 apresentaram maior matéria fresca total, em média 512,2 g planta⁻¹, em relação aos demais tratamentos (Tabela 1). Este tratamento mostrou ser muito eficiente na produção de matéria fresca já que, ao longo de três cultivos consecutivos, não houve renovação da solução e a água e os nutrientes foram mais bem aproveitados pelas plantas proporcionando maior produtividade.

Os resultados encontrados no tratamento T1 para matéria fresca total foram 37,6% superiores aos obtidos por SCHMIDT (1999) de 264,6g planta⁻¹, em cultivo de primavera. Isso se deve às condições de temperatura (máxima de 30,5°C e mínima de 17°C), umidade relativa do ar (máxima de 86,5% e mínima de 47,5%) e radiação solar (385Rg em cal cm⁻² dia⁻¹) serem mais favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas durante este cultivo.

O pH (Figura 2c) mostrou-se muito variável nos tratamentos T2 e T3, o que não era esperado, pois conforme já comentado, a solução recomendada por FURLANI (1995) e as soluções estoque por apresentarem fonte amoniacal e nítrica promovem maior

estabilidade do pH. Por outro lado, o pH nos tratamentos T1, T4 e T5 oscilaram menos que nos tratamentos T2 e T3 e permaneceram em melhor amplitude de pH, provavelmente pela ausência de reposição no tratamento T1 e menor frequência de reposições de nutrientes nos tratamentos T4 e T5.

Quanto ao desempenho das cultivares no terceiro cultivo (Tabela 1), observa-se que 'Deisy' foi 27,1 e 26,9 % superior em produção de matéria fresca e seca total, respectivamente, em comparação à 'Regina'. No entanto, o número de folhas da cultivar Regina foi 43% superior a 'Deisy', pelo mesmo motivo já explicitado anteriormente. Neste cultivo, a cultivar Regina foi 13,7 % superior em relação ao valor médio obtido por SCHMIDT (1999) de 290 g planta⁻¹, também na primavera, para a produção de matéria fresca total.

CONCLUSÕES

A reposição de nutrientes na solução nutritiva renovada a cada cultivo não resulta em ganhos de produtividade da alface em relação à ausência de reposição de nutrientes. Os métodos de reposição de nutrientes com base na redução de 0,25mS cm⁻¹ da CE inicial e de 50% da CE inicial permitem a utilização da mesma solução por três cultivos consecutivos, sendo que a reposição com base na redução de 50% da CE inicial promove melhores resultados, em especial quanto à matéria fresca de planta. As cultivares não são afetadas pelos métodos de reposição, sendo a cultivar Regina caracterizada pelo maior número de folhas por planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOU-HADID, A.F. et al. Electrical conductivity effect on growth and mineral composition of lettuce plants in hydroponic system. *Acta Horticulturae*, Alexandria, v.434, p.59-66, 1996.
- ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria : UFSM, 1999. 142p.
- BONNECARRÈRE, R.A.G. et al. Desempenho de cultivares de alface em hidroponia, no outono. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.289-291, 2000. (Suplemento de Julho).
- CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo-hidroponia**. Jaboticabal : FUNEP, 1995. 43p.
- FURLANI, P.R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia – NFT**. Campinas : Instituto Agrônomo, 1995. 18p. (Documentos IAC, 55).
- FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia – NFT**. Campinas : Instituto Agrônomo, 1998. 30p. (Documentos IAC, 168).

- FURLANI, P.R. et al. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.90-98, 1999.
- GOTO, R.; GUIMARÃES, V.F.; ECHER, M.M. Aspectos fisiológicos e nutricionais no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas. In: FOLEGATTI, M.V. et al. **Fertirrigação – flores, frutas e hortaliças**. Guaíba : Agropecuária, 2001. p.241-268.
- 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”, 1996.
- LONDERO, F.A.A.; AITA, A. Comercialização de alface hidropônica. In: SANTOS, O. **Hidroponia da Alface**. Santa Maria : UFSM, 2000. p.145-152.
- MARTINEZ, H.E.P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa : UFV, 2002. 61p. Caderno Didático, n.1.
- MARTINEZ, H.E.P.; SILVA FILHO, J.B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. Viçosa : UFV, 1997. 52p.
- NIELSEN, N.E. Crop production in recirculating nutrient solution according to the principle of regeneration. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILLESS CULTURE, 6., 1984, Lunteren, The Netherlands. **Proceedings...** Lunteren : International Society for Soilless Culture, 1984. p.421-446.
- RESH, H.M. **Cultivos hidroponicos**. Madri : Mundi-Prensa, 1997. 509p.
- SANTOS, O.S. Conceito, histórico e vantagens da hidroponia. In: SANTOS, O. **Hidroponia da alface**. Santa Maria : UFSM, 2000. p.5-9.
- SCHMIDT, D. Soluções nutritivas, cultivares e formas de sustentação de alface cultivada em hidroponia. 1999. 79f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, 1999.
- SCHMIDT, D.; SANTOS, O.S. Cultivares de alface. In: SANTOS, O. **Hidroponia da alface**. Santa Maria : UFSM, 2000. p.72-79.