

PRODUÇÃO DE ALFACE UTILIZANDO ÁGUAS SALINAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO

Tales Miler Soares¹; Ênio Farias de França e Silva¹; Sergio Nascimento Duarte¹; Ralini Ferreira Mélo¹; Cristiano de Andrade Jorge¹; Edna Maria Bonfim-Silva²

¹Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, talesmiler@bol.com.br;

²Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP

1 RESUMO

A tolerância das culturas à salinidade deve ser maior em sistemas hidropônicos do que em sistemas convencionais de cultivo. Essa possibilidade pode contribuir para uma nova perspectiva à agricultura do semi-árido brasileiro, colaborando, inclusive, para uma maior segurança ambiental. No período de 02/10/2006 a 03/11/2006, foi conduzido um experimento com o objetivo de avaliar os efeitos de águas salinas sobre a produção de alface crespa (*Lactuca sativa* L.) em condições hidropônicas. Os diferentes níveis de salinidade da água (0,43; 1,40; 2,23; 3,08 e 3,93 dS m⁻¹) foram preparados com a adição de NaCl e CaCl₂ (1:1, base peso). O aumento da salinidade da água não interferiu significativamente na acumulação de massa seca das raízes e na relação raiz/parte aérea, mas reduziu com significância estatística a produção de matéria seca da parte aérea e o consumo de água pelas plantas. Também foi constatada diminuição de 4,08% na produção de matéria seca da parte aérea para cada acréscimo unitário (dS m⁻¹) na condutividade elétrica da água.

UNITERMOS: salinidade, condutividade elétrica, *Lactuca sativa* L., cultivo sem solo.

SOARES, T.M.; SILVA, E.F.F.S.; DUARTE, S.N.; MÉLO, R.F.; JORGE, C.A.; BONFIM-SILVA, E.M.B. HYDROPONIC LETTUCE PRODUCTION USING SALINE WATERS

2 ABSTRACT

Plant tolerance to salt is supposed to be greater in hydroponic systems than in conventional systems. This possibility can contribute to a new perspective in Brazilian semi-arid agriculture, besides improving environmental safety. From October 2 to November 3, 2006, a study aiming to evaluate the effects of saline water on crisp head lettuce production under hydroponic conditions was carried out. Different water salinity levels (0.43; 1.40; 2.23; 3.08 and 3.93 dS m⁻¹) were prepared with NaCl and CaCl₂ (1:1, weight basis). Water salinity increase did not affect root dry mass accumulation and root/shoot ratio whereas it significantly decreased shoot dry mass and water consumption. For each unit increase in water salinity (dS m⁻¹), lettuce production decreased in 4.08%

KEYWORDS: salinity, electrical conductivity, *Lactuca sativa* L., soil less cultivation

3 INTRODUÇÃO

Por algum tempo, a agricultura brasileira tentou se estabelecer nos moldes da praticada em países. Atualmente, a realidade evidencia o Brasil como um país de destaque no cenário científico da agricultura, cujo reflexo no campo é a exteriorização de muitas das suas potencialidades agrícolas. O problema corrente mais se relaciona às tentativas de se equiparar todas as regiões do País para um mesmo padrão de agricultura. Desta tentativa, testemunha-se, em grande parte, o equívoco e o fracasso da agricultura convencional e extensiva almejada para toda quase região Nordeste, onde a produção vegetal é principalmente limitada pela escassez de água. É natural que a pesquisa científica brasileira seja apontada para o atendimento dos agricultores que cultivam as mais rentáveis culturas para a economia nacional. Entretanto, deve-se ponderar pelo amparo da pesquisa também aos demais agricultores, contemplando investigações não apenas sobre as culturas e os sistemas de produção mais importantes, mas também investigações para tornar culturas e sistemas de produção tão importantes quanto. Para a região Nordeste, a mudança de estratégia deve ser especialmente dirigida visando se atingir uma agricultura baseada no uso racional da água e no aproveitamento de fontes alternativas de recursos hídricos.

Considerando as taxas de aumento populacional mundial e a conseqüente demanda crescente por alimentos, intuitivamente, tem-se que aceitar o aumento do consumo de água na agricultura (Paz et al., 2000; Ongley, 2006). Por este motivo, é cada vez maior a necessidade de utilização de fontes alternativas de água, quase sempre caracterizadas como de qualidade inferior para agricultura (Rhoades et al., 2000; Gheyi et al., 2005; Pescod, 1992). Uma fonte alternativa às águas superficiais são as águas subterrâneas, as quais, a despeito de poderem apresentar melhor qualidade sanitária (Johnson Division, 1978), podem conter concentração de sais dissolvidos em concentrações limitantes à produção agrícola. Águas residuárias, oriundas do abastecimento doméstico e das indústrias, além da própria agricultura, no caso da recirculação do lixiviado de drenagem, também são apontadas (Gheyi et al., 2005; Pescod, 1992; Ayers & Westcot, 1999) como alternativas às águas derivadas dos rios e lagos, apresentando, no entanto, limitações químicas e sanitárias, muitas vezes, ainda mais restritivas que as águas subterrâneas.

No Brasil, são imprescindíveis investigações sobre o uso racional de águas salobras na agricultura, isto porque apesar de privilegiado como o país maior detentor mundial de águas doces superficiais, estas são irregularmente distribuídas no território (PAZ et al., 2000), havendo, sobretudo na região Nordeste, graves problemas de escassez, com fortes impactos econômicos e sociais decorrentes, os quais poderiam ser aliviados mediante a exploração de recursos subterrâneos.

Na referida região, as águas subterrâneas, devido seu contato com rochas cristalinas, que cobrem 45% do território (Suassuna, 1994), muitas vezes são salobras (Demétrio et al., 1993), podendo ser proibitivas ao consumo humano (requerendo dessalinização) e mesmo para a agricultura. Na agricultura convencional, o uso indiscriminado dessas águas pode salinizar os solos (Rhoades et al., 2000), agravando a desertificação que já é preocupante na região (Schenkel & Matallo, 2003).

Partindo do princípio que as tecnologias existentes (Santos & Hernandez, 1997) para recuperação dos solos salinizados são laboriosas, dispendiosas e baseadas na aplicação de lâminas de lavagem, havendo aí, além do custo ambiental associado, os custos de oportunidade da água e corretivos empregados, dever-se-á, ao se aceitar utilizar águas salobras como recursos hídricos alternativos, manejá-las em sistemas de produção intensivos,

baseados em maior produção vegetal e menor ocupação do solo, e que garantam menor impacto ambiental.

Talvez o mais característico dentre os sistemas de produção intensiva seja a hidroponia, que, segundo Furlani et al. (1999), é uma técnica alternativa de cultivo de plantas na qual o solo é substituído por uma solução nutritiva. Dentre as vantagens da hidroponia se têm as maiores eficiências no uso da água e de fertilizantes e o menor impacto ambiental (Teixeira, 1996), vantagens essas que podem ser condizentes à realidade do semi-árido brasileiro, onde se tem escassez quantitativa e qualitativa de água, sendo elevados os riscos de degradação ambiental na agricultura convencional.

Conforme Rodrigues (2002), a qualidade da água é fator a ser considerado na seleção de áreas mais favoráveis para o cultivo hidropônico, sendo a análise química e microbiológica da água o primeiro passo a ser dado na elaboração de um projeto de cultivo hidropônico. Esta recomendação do autor corrobora com o fato de existir pouco conhecimento sobre os efeitos da salinidade em cultivos hidropônicos. Talvez por tal carência, e também por segurança, Resh (1995) e Schwarz (1968) preconizam que se evite na hidroponia o uso de água que contenha mais de 50 mg L^{-1} de cloreto de sódio, limite este muito aproximado do indicado por Benoit (1992). Por outro lado, informa Rodrigues (2002) que algumas pesquisas realizadas no exterior indicam a possibilidade de utilizar águas salinas com mais de 2500 mg L^{-1} de sais, desde que a água se movimente livremente no sistema radicular e que haja drenagem.

No Brasil, poucos são os trabalhos cujo objeto de estudo é o cultivo hidropônico utilizando águas salinas. Os efeitos da salinidade sobre a produção vendável, que na prática é de maior interesse aos agricultores, é um tema pouco abordado. Além disso, extrapolar os valores de tolerância aos sais, determinados nos cultivos em solo, para o hidropônico seria um equívoco, podendo representar sub-aproveitamento das potencialidades das águas e das espécies de interesse.

Ainda que a orientação primeira do agricultor para definir as espécies a cultivar seja o mercado, para se aproveitar águas salinas, dever-se-á, preferencialmente, escolher as culturas tolerantes e de ciclo curto, pois assim os efeitos prejudiciais da salinidade à produção seriam menores. A cultura da alface, apesar de classificada como moderadamente sensível à salinidade pela FAO (Ayers & Westcot, 1999), destaca-se como a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil (CEASA-CAMPINAS, 2006), apresentando um ciclo de apenas 50 a 70 dias após semeadura. Além disso, a alface também se destaca como a espécie mais cultivada em cultivos hidropônicos no Brasil, representando 80% da produção nesse sistema de cultivo (Furlani, 1999). Curiosamente, contrariando a classificação de tolerância para cultivo em solo apresentada por Ayers & Westcot (1999), a literatura especializada em hidroponia (Rodrigues, 2000; Resh, 1992) aponta a alface como hortaliça tolerante à salinidade, podendo, inclusive, haver efeito benéfico dos sais ao proporcionarem maior firmeza às plantas da espécie (Rodrigues, 2002).

A salinidade tolerada pelas culturas em cultivo hidropônico pode ser maior que no cultivo convencional em solos. Essa hipótese considera a maior e mais constante disponibilidade de água às plantas nos diversos tipos de hidroponia, sendo pouca ou inexistente a contribuição do potencial mátrico sobre o potencial total da água, devendo isto representar uma maior absorção de água e nutrientes. Neste sentido, em sistemas hidropônicos, espera-se que culturas, sobretudo de ciclo rápido, proporcionem o uso sustentável de águas salinas, naturais ou residuárias provenientes do processo de dessalinização. Foi objetivo do presente trabalho avaliar a produção de alface crespa em sistema hidropônico utilizando diferentes níveis de salinidade da água empregada na reposição do volume evapotranspirado.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação (22° 42' 89,4" latitude Sul, 47° 37' 46,2" de longitude Oeste, 540 m de altitude) do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, no período de 02/10/2006 a 03/11/2006, sendo instalado em delineamento aleatorizado em blocos. Cada parcela experimental consistiu de uma planta de alface (*Lactuca sativa* L.) tipo crespa, cultivar Verônica, cultivada em vaso plástico de 3,5 L. Foram utilizadas duas cores de vaso, verde e azul, as quais separadas, uma em cada lado da casa-de-vegetação, estabeleceram dois blocos (Figura 1). Utilizando-se três repetições por bloco, foram avaliados cinco tratamentos como níveis de salinidade da água de reposição, caracterizados com os seguintes valores de condutividade elétrica (CE_a): 0,43; 1,40; 2,23; 3,08 e 3,93 dS m⁻¹. O nível 0,43 dS m⁻¹ corresponde à água do sistema de abastecimento local e os demais foram obtidos mediante mistura de CaCl₂ e NaCl na proporção 1:1 (base de massa).

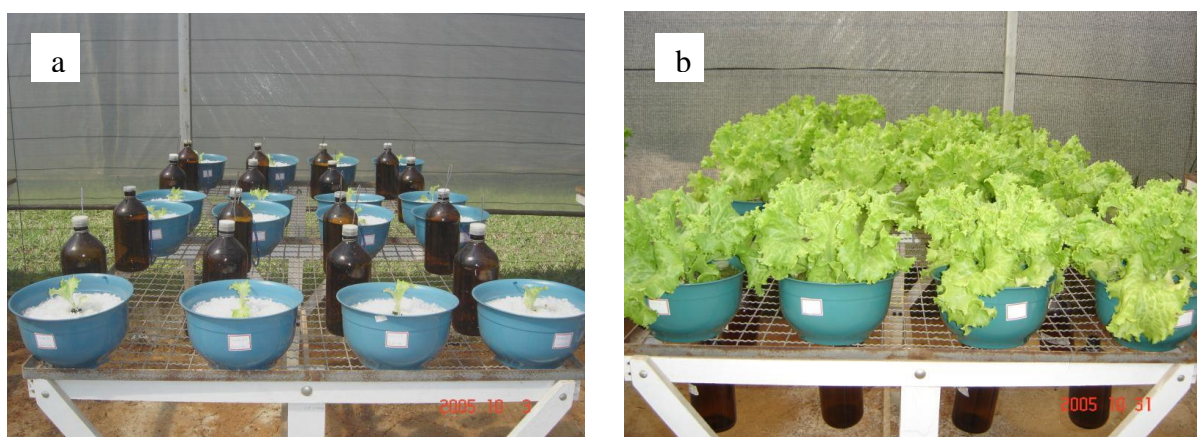


Figura 1 . Vista frontal do bloco com vasos azuis 1 dia após transplantio (DAT) (a) e vista frontal do bloco com vasos verdes 29 DAT (b).

Os vasos foram perfurados e equipados com um sistema de drenagem que consistiu de uma tela e um microtubo na parte final inferior, sendo preenchidos com “sílica” número zero (quartzo moído).

A solução nutritiva utilizada, preparada com a água do sistema de abastecimento, foi baseada em Furlani (1998), sendo sua condutividade elétrica, CE_{sol} , medida inicialmente em 1,95 dS m⁻¹ (Tabela 1). Diariamente, ao final da tarde, a solução nutritiva era drenada dos vasos para frascos individuais, onde permanecia durante cerca de 13 horas. Na manhã seguinte, a solução era entornada nos vasos, sendo o procedimento de drenagem repetido ao meio-dia, visando sua aeração. Diariamente, repunha-se para todos os tratamentos um mesmo volume de água salina, variável ao longo do ciclo, procurando-se manter o volume disponível próximo do original (1,1 L). Visando corrigir eventuais diferenças no consumo hídrico, em função dos tratamentos, em seis datas ao longo do ciclo a reposição de água foi efetuada visando se retornar exatamente ao volume original de solução nutritiva.

As mudas de alface foram transplantadas para os vasos em 02/10/2005, apresentando de 5 a 6 cm de altura e cinco folhas (incluindo os cotilédones) com emissão da sexta. Aos quatro dias após o transplantio (DAT), foram iniciados os tratamentos com a aplicação das águas salinas. Aos 32 DAT, as plantas foram retiradas dos vasos, cortadas, submetidas a pré-secagem e, posteriormente, levadas a estufa à temperatura de 70°C até massa constante. Os valores de massas de matéria seca da parte aérea, das raízes e de toda a planta foram

determinados em balança de precisão (0,01 g) e processados no programa “SAS” (SAS, Institute, 1999) para análise de regressão. Também foi avaliado o consumo hídrico diário (aos 7, 20 e 32 DAT), mediante diferença de peso em relação ao dia anterior, quando se retornou a solução nutritiva ao volume de 1,1 L. Utilizando as médias das produções, em termos de massa de matéria seca da parte aérea, foram determinadas para cada nível de salinidade as produções relativas e as perdas percentuais com base na produção obtida com a água de CE_a 0,43 $dS\ m^{-1}$. Desta forma também foram calculados a redução do consumo hídrico total em função da salinidade da água. Mediante o programa SAS, efetuou-se a análise de regressão destas médias.

Tabela 1. Concentração de nutrientes e quantidades de fertilizantes para o preparo de 1 m^3 de solução nutritiva para o cultivo hidropônico de alface (Furlani, 1998)

Fertilizante	NH ₄	NO ₃	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	-----g m^{-3} -----												
Nitrato de cálcio	750	7,5	108,75		142,5								
Nitrato de potássio	500		65		182,5								
Fosfato monoamônico	150	16,5	39										
Sulfato de magnésio	400				40	52							
Sulfato de cobre	0,15								0,02				
Sulfato de zinco	0,3												0,07
Sulfato de manganês	1,5										0,39		
Ácido bórico	1,8							0,31					
Molibdato de sódio	0,15											0,06	
Fé-EDTA -13% Fe	16									2,08			
Recomendações	24	173,75	39	182,5	142,5	40	52	0,31	0,02	2,08	0,39	0,06	0,07

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

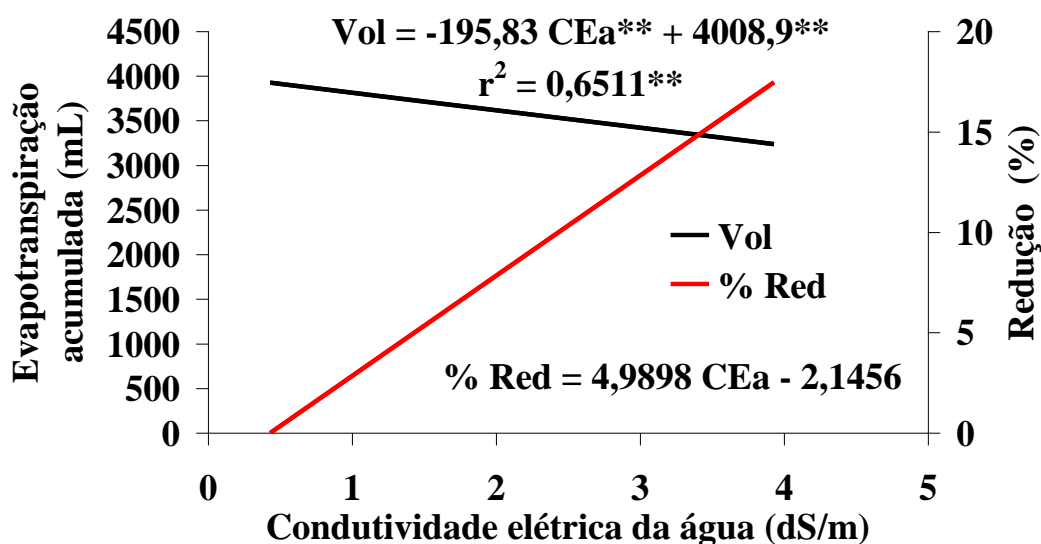


Figura 2. Evapotranspiração acumulada e sua redução percentual em função dos diferentes níveis de salinidade da água no cultivo hidropônico de alface crespa.

Analisando-se a Figura 2, observa-se, que a reposição das águas mais salinas à solução nutritiva proporcionou menor consumo total de água pela alface na hidroponia, o que está de acordo com os resultados obtidos por Gervásio et al. (2000) e Viana et al. (2004), que trabalharam, respectivamente, com alface americana cv. Lucy Brown em Latossolo Roxo Distrófico e alface crespa ‘Elba’ em Argissolo “franco-arenoso”. Tal como Viana et al. (2004), no presente trabalho ajustou-se uma equação linear para descrever a relação entre o volume total aplicado e a salinidade da água. Enquanto Viana et al. (2004) reportaram uma redução de 11,24% na evapotranspiração relativa para cada incremento unitário na CE_a ($dS\ m^{-1}$), no presente estudo (Figura 2) reporta-se uma diminuição de 4,99% na evapotranspiração acumulada relativa.

As diferenças no consumo diário foram registradas apenas nas avaliações realizadas na segunda metade do ciclo de cultivo, não havendo significância entre as diferenças observadas na avaliação ocorrida no início do experimento (Figura 3), evidenciando que o acúmulo de sais ao longo do tempo resultou em menor consumo hídrico.

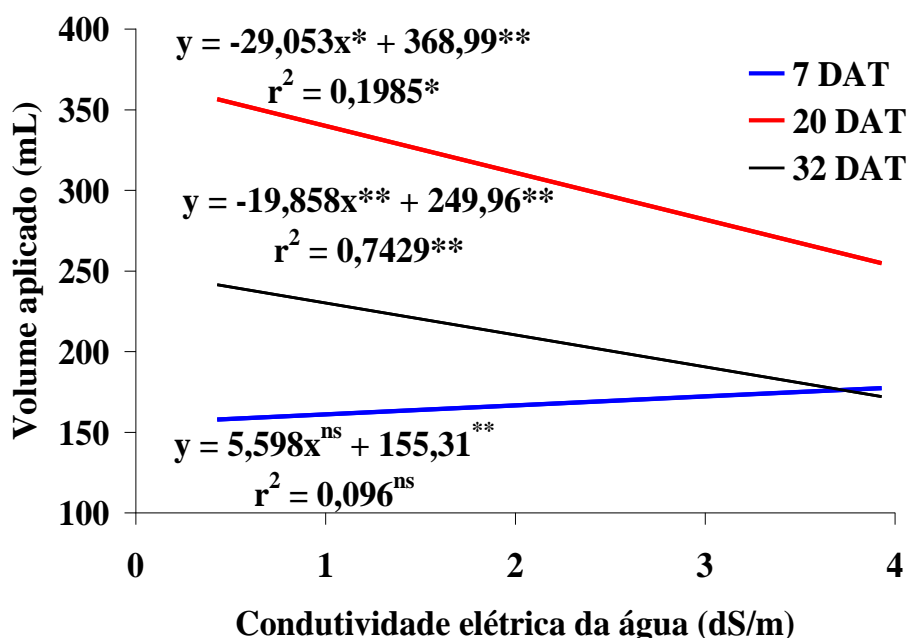


Figura 3 . Efeito da salinidade da água sobre a evapotranspiração da alface aos 7, 20 e 32 DAT.

Na maioria dos cultivos comerciais brasileiros de alface e de hortaliças folhosas se utiliza a técnica do fluxo laminar de solução nutritiva - NFT - (nutrient film technique) (Furlani, 1999; Rodrigues, 2002), sendo recomendado para alface, conforme Furlani et al. (1999), um volume mínimo de solução nutritiva de 0,5 a 1,0 L por planta. No presente estudo, o sistema hidropônico fornecia um volume de 1,1 L de solução nutritiva por planta, mas a aeração, ao invés de contínua, foi efetuada apenas três vezes ao dia, representando uma desvantagem em relação ao sistema NFT. Outra desvantagem do sistema utilizado foi a exposição da solução nutritiva à radiação (Figura 1), o que pode ter antecipado seu envelhecimento e aumentado as perdas por evaporação, com conseqüente incorporação de sais decorrente de maiores lâminas de irrigação (Figura 4).

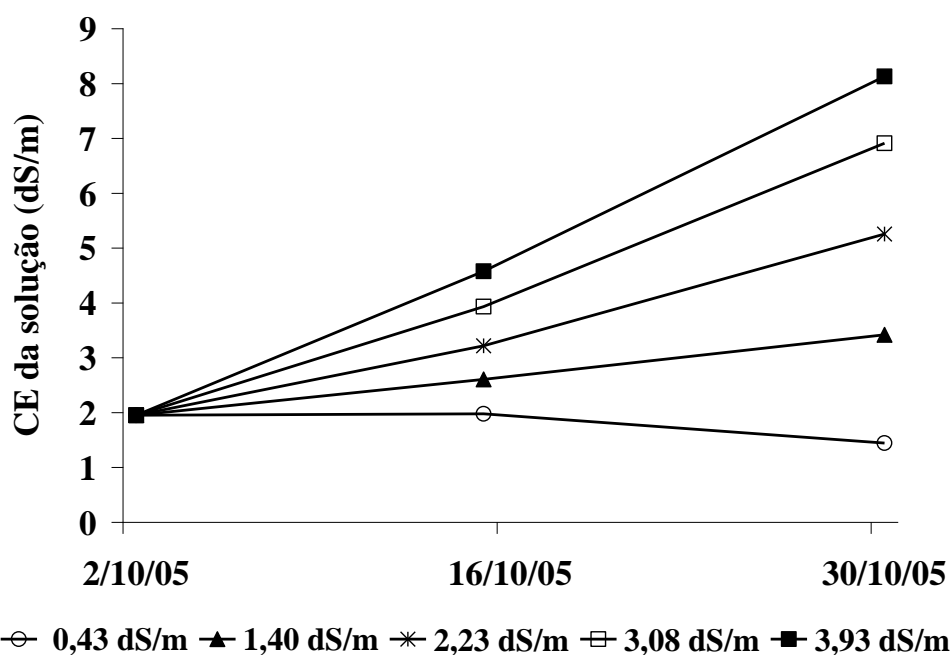


Figura 4. Evolução da CE da solução nutritiva para os diferentes níveis de salinidade da água de irrigação no cultivo hidropônico da alface.

Mediante a Figura 4, observa-se que a salinidade da solução nutritiva diminuiu com a aplicação de água com $0,43 \text{ dS m}^{-1}$ de CE (controle). Esta diminuição era esperada em função do consumo de nutrientes pelas plantas. Para as demais águas de irrigação, tem-se o aumento da CE do meio, marcando a diminuição do potencial osmótico e a salinização da solução nutritiva, o que se explica pela acumulação de íons não absorvidos pelas plantas de alface.

É interessante observar que a solução nutritiva preparada conforme Furlani (1998), com salinidade de $1,95 \text{ dS m}^{-1}$, já apresenta salinidade superior à salinidade limiar para alface, indicada por Ayers & Westcot (1999) em $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ para cultivos em solo. Aceitar irrestritamente o valor indicado por esses autores tornaria proibitiva a recomendação de se cultivar alface na solução utilizada. Entretanto, como observam os próprios autores da FAO, amparados em Maas & Hoffman (1977) os valores que apresentam devem ser considerados apenas como de tolerância relativa entre grupos de cultura, ressaltando ainda que valores de tolerância absoluta variam com o clima, condições de solo e práticas culturais. Ter-se-á que considerar também as diferenças existentes entre cultivares dentro da mesma espécie (Shannon et al., 1983; Pasternak et al., 1986).

Nas condições brasileiras, em ambiente protegido, Silva et al. (2000) conseguiram estudar a tolerância da alface em conformidade com as diretrizes da FAO após conduzirem três sucessivos ciclos. Aplicando quatro níveis crescentes de salinidade da água, estabilizaram a salinidade do solo no segundo ciclo. No terceiro ciclo, conduzido sob valores de CE_{es} constantes, obtidos pela aplicação dos mesmos níveis de CE_a , mas em equilíbrio dinâmico com o solo, os autores definiram em $1,75 \text{ dS m}^{-1}$ a salinidade limiar da cultura.

Conceitualmente, os valores de salinidade limiar referem-se à CE medida no extrato de saturação do solo, CE_{es} , sendo determinados para desde o estado inicial de desenvolvimento até a maturação da cultura (Ayers & Westcot, 1999). Ou seja, ao se indicar que a tolerância da alface é de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$, informa-se que em se mantendo no solo uma CE_{sol} correspondente à

CE do extrato de saturação de até $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ a cultura não terá depreciação de sua produção. A partir desta CE_{es} , assume-se que há perdas produtivas. Deve-se ponderar, entretanto, que um mesmo valor de CE no extrato de saturação pode ser mantido para diferentes valores de CE à umidade atual em diferentes umidades. Assim, para distintos manejos da irrigação, por exemplo, para diferentes turnos de rega ou diferentes níveis críticos de tensão, pode-se ter distintos valores pontuais de CE_{sol} ao longo do tempo, a despeito de se obter um mesmo valor de CE no extrato de saturação. Por este motivo, diferentes valores de salinidade limiar podem ser obtidos para uma mesma cultura, pois o efeito final mensurado contempla não apenas o efeito osmótico, mas também o relativo ao potencial mátrico, dentre outros fatores interativos com a umidade ao longo do ciclo. Para se utilizar um valor de salinidade limiar para uma cultura, deve-se, portanto, assegurar que são semelhantes as condições de contorno de sua determinação.

No caso da hidroponia, como interpretado nas Figura 5 e 6, a tolerância da alface à salinidade deve ser superior à obtida em sistemas convencionais de cultivo. No presente estudo, calculou-se em apenas 14,27% a redução da produção quando se utilizou a água com CE_a de $3,93 \text{ dS m}^{-1}$, em relação à testemunha (equação Figura 5). Para confirmar esta hipótese, será necessário outro experimento, fixando-se tanto a CE_{sol} quanto a fertilidade do meio ao longo do tempo para ambos os sistemas. Para reforçar o interpretado, deve-se ainda lembrar que na hidroponia a saturação e, portanto, o grau de diluição dos sais, são superiores aos observados na pasta saturada que se prepara para avaliar a salinidade em sistemas convencionais (solo e substrato). Tomando-se a umidade da pasta como padrão, a CE_{es} da hidroponia seria maior que a CE_{sol} , significando uma tolerância ainda maior neste sistema de cultivo. Mais correto, porém, seria utilizar o próprio valor de CE_{sol} para estabelecer limites e não buscar estimativas de CE_{es} correspondentes, na tentativa de se adequar ao parâmetro usual da literatura. A utilização deste novo parâmetro não implica em perdas científicas, pois mesmo com a diretriz da FAO, CE_{es} , não se deveria comparar tão distintos sistemas de cultivo.

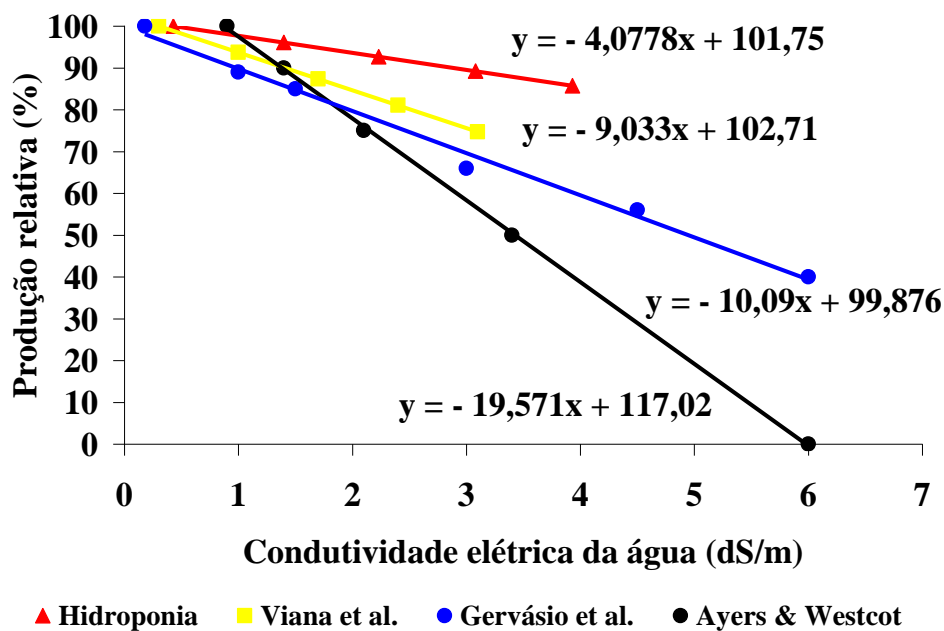


Figura 5. Produção relativa de alface em função da CE_a na hidroponia e em cultivos convencionais.

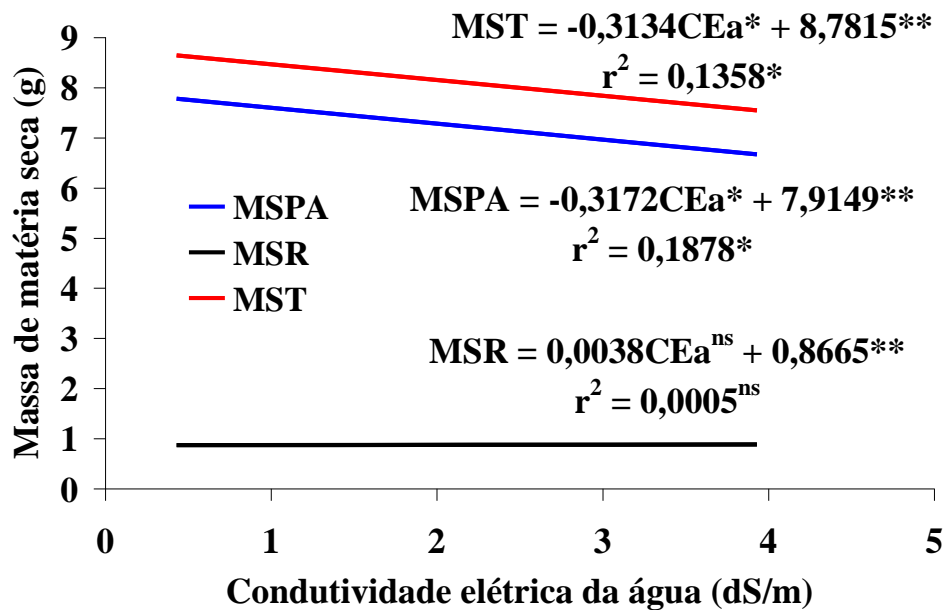


Figura 6 . Massas de matéria seca da parte aérea (MSPA), do sistema radicular (MSR) e total (MST) em função dos diferentes níveis de salinidade da água de reposição.

Se por um lado, para o cultivo em solo, o aumento unitário da salinidade da água reduz em 9% a produção relativa da alface conforme Viana et al. (2004), 10% conforme Gervásio et al. (2000), 13% segundo Ferreira et al. (1998), ou ainda em 19,7% considerando Ayers & Westcot (1999), para o cultivo hidropônico no presente trabalho, como derivado da Figura 5, a redução foi de apenas 4,08% (Figura 5), inferior, inclusive aos 5,37% registrados por Tesi et al. (2003) também em hidroponia (sem incluir o efeito da oxigenação).

A curva construída com os dados de Ayers & Westcot (1999) mostra menor tolerância da alface à salinidade que as curvas construídas com os dados dos demais autores aqui tratados (Figura 5). Esta distinção se deve ao fato de Ayers & Westcot indicarem valores de produtividade relativa para CE_a aplicada durante vários anos. Ou seja, estes autores indicam valores de CE_a que levam a valores de CE_{es} após longo período de salinização, havendo aí a estabilização da salinidade do solo. No caso dos demais autores, não se tem a mesma relação da CE_a com a CE_{es} durante todo o ciclo, o que promove um menor prejuízo no início do desenvolvimento das plantas. Considerando tais diferenças conceituais, os dados obtidos em trabalhos conduzidos como os demais supracitados, incluindo o presente, não devem ser diretamente comparados aos de Ayers & Westcot (1999).

Os resultados apresentados por Ayers & Westcot (1999) estão de acordo com as necessidades dos agricultores em conhecer os prejuízos à produtividade ao adotarem as águas salinas, ao longo do tempo. Os demais trabalhos mais se relacionam à adoção das águas salinas em um único ciclo de produção, o que nem sempre é objetivo do agricultor que cultiva em solo, sendo insuficiente também para programas de estudo de impacto ambiental. No entanto, para o caso específico da hidroponia, a metodologia de se aplicar níveis crescentes de salinidade da água gera resultados mais pragmáticos. Em todos os casos, cultivo convencional e cultivo hidropônico, é indiscutível a salinização do solo e da água ao se utilizar águas mais salinas. Na hidroponia, entretanto, torna-se mais fácil manejar o excesso de sais, pois estes já estão no veículo líquido, o que somente seria possível nos sistemas convencionais após a

implantação de sistemas de drenagem e captação, o que pode implicar em onerosos investimentos, além do desvio de água do setor produtivo para se efetivar a lixiviação.

Enquanto o procedimento de aplicar níveis crescentes de salinidade da água de irrigação parece mais condizente para se determinar a tolerância de culturas à salinidade da água para uma dada condição de manejo (fração de lixiviação, frequência de irrigação) e solo (textura, estrutura), a metodologia de manter constante a salinidade do meio parece mais indicada para se determinar a salinidade tolerada no solo (CE_{es}) pela cultura. Os trabalhos a serem conduzidos com hidroponia deverão, além de focalizar o uso de águas salinas que vão “envelhecendo” a solução nutritiva no decorrer do tempo, identificar os limites de tolerância aos sais neste tipo de cultivo. Duas metodologias distintas serão necessárias, preferencialmente utilizando as configurações comerciais de cultivo.

Avaliando-se a Figura 6, observa-se que o sistema radicular da alface não foi prejudicado pela salinidade da água, a despeito do nível de salinização registrado na segunda metade do ciclo (Figura 4), concordando com os resultados de Tesi et al. (2003) obtidos em hidroponia. Em análise de variância, Ferreira et al. (1998), que cultivaram alface crespa cv. Verônica em Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa, reportaram diferenças (significativas a 1%) para o peso fresco das raízes ao utilizarem águas com CE_a variando de 1,0 a 5,5 $dS\ m^{-1}$. Viana et al. (2004) também informam que a salinidade da água reduziu a fitomassa seca das raízes, implicando em diminuição da relação raiz/parte aérea. No presente trabalho, não houve efeito significativo da salinidade sobre a relação raiz/parte aérea, que é um parâmetro utilizado para caracterizar desequilíbrios entre os órgãos das plantas, os quais seriam decorrentes de fatores externos estressantes, podendo ser este mais um indício de maior tolerância à salinidade em sistemas hidropônicos que em sistemas convencionais de plantio.

Durante todo experimento, não foram registrados sintomas de deficiência mineral e nem de toxicidade, a despeito dos níveis de salinidade na solução nutritiva (Figura 4). O ciclo curto da alface certamente contribuiu para os resultados observados, minimizando os efeitos da salinização, o que está de acordo com a observação de Schwarz (1968) de que pressões osmóticas extremamente altas (acima de 1010 kPa) na solução hidropônica durante curtos períodos de tempo são menos prejudiciais que as pressões moderadamente altas (404-505 kPa) durante longos períodos.

Baseando-se nos resultados apresentados, infere-se que a alface crespa cv. Hortência deve ter maior tolerância à salinidade quando cultivada em hidroponia, em relação aos cultivos convencionais, sobretudo considerando que no sistema convencional o nível de umidade oscila entre um evento de irrigação e outro, havendo no secamento a diminuição dos potenciais osmótico e mátrico no cômputo do potencial total da água. Na hidroponia, inexistem o potencial mátrico, ao menos na maior parte do tempo, devido ao estado de saturação ao qual estão submetidas as plantas, fato que pode se constituir em vantagem quando se utilizar águas salobras. Manter equivalente estado de saturação no solo, apesar de exequível, implica em incorrer riscos fitossanitários maiores (Vida et al., 2004), sendo condição epidemiológica para patógenos muitas vezes já presentes no meio, além de representar maiores chances de lixiviação, com perdas monetárias (íons de fertilizantes) e/ou ambientais (poluição do solo e das águas receptoras).

Em função do efeito interativo da oxigenação com a salinidade (Tesi et al., 2003), em sistema comercial NFT a tolerância da alface crespa cv. Hortência à salinidade deve ser superior à obtida no sistema hidropônico utilizado no presente estudo. Além disto, águas com maior salinidade que as utilizadas no presente estudo poderiam ser utilizadas, com resultados semelhantes, desde que descontados os íons nutrientes no preparo da solução nutritiva (Furlani et al., 1999). Além disso, na solução são aplicadas quantidades relativamente

próximas dos requerimentos das culturas, o que não acontece no cultivo convencional em que se aplicam montantes adicionais necessários à correção do meio e ajustados em função das perdas associadas à lixiviação, volatilização, imobilização e complexação química. Como no cultivo convencional são aplicados mais fertilizantes que na hidroponia, havendo ainda uma reserva de íons (benéficos ou não) superior e natural, para uma mesma água de irrigação, espera-se estabelecer uma condição estressante, pelo menos do ponto de vista osmótico, mais tardiamente na hidroponia. Diferentemente do cultivo convencional, na hidroponia, os nutrientes são fornecidos em uma única aplicação, podendo-se, posteriormente, corrigir a solução a depender das perdas de nutrientes registradas (monitoradas geralmente pela CE da solução). Recomendar aplicações de cobertura, tal qual no cultivo convencional, poderia, hipoteticamente, aumentar ainda mais a possibilidade de uso de águas salinas na hidroponia, pois a salinidade da solução não partiria de um valor já elevado, o que diminuiria o efeito osmótico. O quanto se poderia parcelar de cada macronutriente ficaria, então, relacionado ao quão prejudicial é sua aplicação não parcelada (potencial osmótico), mas também ao quão vantajosa é sua presença corretiva aos eventuais íons tóxicos.

Partindo do princípio de que os elementos presentes na solução da hidroponia estão prontamente disponíveis às plantas, os efeitos dos íons tóxicos podem ser mais pronunciados nesse sistema de cultivo, seja como toxidez, seja como desequilíbrio nutricional, por haver baixo poder tampão. Entretanto, também se hipotetiza ser mais efetiva a aplicação de corretivos químicos na mitigação desse problema. Pelo mesmo motivo, é possível que nos produtos os níveis permissíveis de elementos/moléculas tóxicos à saúde humana e animal sejam atingidos mais facilmente na hidroponia.

Em função do presente trabalho, hipóteses foram levantadas e talvez mereçam apreciação e teste não apenas por parte de seu grupo de pesquisa, mesmo porque a temática torna-se complexa pela gama de qualidade de águas salinas disponíveis no Brasil, aliando a isto o amplo espectro de tolerância aos sais encontrado entre as espécies cultivadas. Em se comprovando a viabilidade técnica do uso de águas salinas em sistemas hidropônicos, pode ser possível viabilizar a construção de tanques de evaporação para o efluente final do processo. Em se provando a viabilidade econômica e ambiental, ter-se-á disponível para os agricultores, sobretudo os inseridos na zona semi-árida do Nordeste, uma alternativa de agricultura mais condizente à sua realidade. A garantia da subsistência e o excedente disponível para venda poderiam fortalecer não apenas a agricultura familiar na região, mas aquecer também os comércios locais, com a expansão de mercados para produtos e serviços, fazendo-se ainda melhor preservar os recursos naturais extensivamente explorados.

6 CONCLUSÕES

Em hidroponia, é possível utilizar águas salinas para produção de alface, podendo a tolerância aos sais ser superior àquela obtida em cultivos convencionais baseados em solo;

Na produção hidropônica de alface, o uso de águas salinas elevou a salinização da solução nutritiva, com redução significativa no consumo hídrico e na produção de massa de matéria seca da parte aérea;

A utilização de água com $3,93 \text{ dS m}^{-1}$ de CE proporcionou redução de 14,27 % na produção da alface cressa no sistema hidropônico utilizado, em relação à água de menor salinidade ($0,43 \text{ dS m}^{-1}$);

O aumento unitário da condutividade elétrica da água, usada para manter o volume de solução nutritiva, provocou perdas de 4,08% na produção de alface cressa.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas Tigre, Metalcorte/Eberle e Hidrogood, pelo apoio, fornecimento de equipamentos e boa vontade em auxiliar as pesquisas futuras na temática abordada. Agradecem também à CAPES pelo apoio mediante seu programa PROAP.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29).

BENOIT, F. **Practical guide for simple soilless culture techniques**. Sint-Katelijne-Waver: European Vegetable R & D Centre, 1992. 72p.

CENTRAL DE ABASTECIMENTO DE CAMPINAS. **Padronização**: alface. Disponível em: <http://www.ceasacampinas.com.br/padronizacao_alface.htm>. Acesso em: 18 jan. 2006.

DEMÉTRIO, J.G.A. et al. Qualidade de água subterrânea no nordeste brasileiro. In: REUNIÃO ANUAL da SBPC, 45; 1993. **Anais...** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1993. p.79.

FERREIRA, I.R.P. et al. Efeitos da salinidade da água de irrigação e da lâmina de lixiviação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em vasos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27; Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA, SBEA, 1998. p.106-108.

FURLANI, P.R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.481, p.777-778, 1999.

FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. 1.ed. Campinas: IAC, 1998. 30p. Boletim técnico, 168.

FURLANI, P.R. et al. Cultivo hidropônico de plantas. Boletim Técnico Instituto Agrônomo de Campinas, n.180, 1999. 52p.

GERVÁSIO, E.S.; CARVALHO, J.A.; SANTANA, M.J. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.125-128, 2000.

GHEYI, H.R.; MEDEIROS, S.S.; SOARES, F.A.L. (Ed.). Uso e reúso de águas de qualidade inferior: realidades e perspectivas. In: WORKSHOP USO E REÚSO DE ÁGUAS DE QUALIDADE INFERIOR: REALIDADES E PERSPECTIVAS, 1, 2005, Campina Grande. Uso e reúso de águas de qualidade inferior: realidades e perspectivas. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, Universidade Estadual da Paraíba. 1 Cd ROM.

JOHNSON DIVISION. **Água subterrânea e poços tubulares**. 3.ed. São Paulo: CETESB, 1978. 482p.

ONGLEY, E.D. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Cuadernos de Riego y drenaje n. 55. FAO. Roma. <http://www.fao.org/docrep/W2598S/W2598S00.htm>. 10 fev. 2006.

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.465-473, 2000.

PESCOD, M.B. **Wastewater treatment and use in agriculture**. 1.ed. Rome: FAO, 1992. 125p. (FAO irrigation and drainage paper, 47).

RESH, H.M. Cultivos hidropônicos: nuevas técnicas de producción. 3.ed. Madri: Mundi-Prensa, 1992. 369p.

RESH, H.M. Hydroponic food production: a definitive guidebook of soilless food-growing methods. 5.ed. California: Woodbridge Press, 1995. 527p.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. 1.ed. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 2000. 117p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 48).

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. 762p.

SANTOS, R.V.; HERNANDEZ, F.F.F. Recuperação de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p.319-362.

SCHENKEL, C.S.; MATALLO JR., H. **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 2003. 82p.

SCHWARZ, M. **Guide to commercial hydroponics**. Jerusalem: Israel Universities Press, 1968. 148p.

SILVA, E.F.F. et. al. Tolerância da cultura da alface a salinidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.788-789, 2000.

SOARES, T.M. et al. Produção de mudas cítricas utilizando águas salinas. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n.3, p.288-298, 2005.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. SAS: user's guide statistics: version 8.0 edition. Cary, 1999. 956p.

SUASSUNA, J. A pequena irrigação no nordeste: algumas preocupações. **Ciência Hoje**, v.18, n.104, p.38-43, 1994.

TEIXEIRA, T.N. **Hidroponia: uma alternativa para pequenas propriedades**. Guaíba: Editora Agropecuária. 1996. 86p.

TESI, R.; LENZI, A.; LOMBARDI, P. Effect of salinity and oxygen level on lettuce grown in a floating system. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.609, p.383-387, 2003.

VIANA, S.B.A. et al. Índices morfofisiológicos e de produção de alface sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.23-30, 2004.

VIDA, J.B. et. al. Plant disease management in greenhouse crops. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p355-372, 2004.

SAS INSTITUTE. **SAS: user's guide statistics**: version 8.0 edition. Cary, 1999. 956p.