

Produção hidropônica de batata em diferentes concentrações de solução nutritiva e épocas de cultivo

Douglas Renato Muller⁽¹⁾, Dilson Antônio Bisognin⁽¹⁾, Jerônimo Luiz Andriolo⁽¹⁾, Jacso Dellai⁽¹⁾ e Francis Copetti⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Dep. de Fitotecnia, CEP 97105-900 Santa Maria, RS. E-mail: douglasrenatomuller@yahoo.com.br, dilsonb@smail.ufsm.br, andriolo@smail.ufsm.br, dellai@mail.ufsm.br, franciscopetti@bol.com.br

Resumo – Os objetivos deste trabalho foram avaliar a eficiência fotossintética e a produção hidropônica de minitubérculos de batata, em função das concentrações da solução nutritiva e das épocas de cultivo. O experimento foi conduzido em telado, em sistema hidropônico fechado com areia como substrato, durante os cultivos de outono e primavera de 2005. As concentrações da solução nutritiva de 0,5, 1, 1,5, 2 e 2,5 dS m⁻¹ constituíram os tratamentos, dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Foram determinados: a massa de matéria seca total da parte aérea e de tubérculos; a massa de matéria fresca e o número de tubérculos; a eficiência fotossintética e os índices de área foliar e de colheita. A diluição da concentração da solução nutritiva pode ser utilizada em sistema hidropônico fechado, com areia como substrato, sem prejuízos para a produção de tubérculos. A eficiência fotossintética atinge maiores valores no plantio de primavera e depende da concentração da solução nutritiva.

Termos para indexação: *Solanum tuberosum*, eficiência fotossintética, fertirrigação, batata-semente.

Potato hydroponical production in different concentrations of nutrient solution and growing seasons

Abstract – The objectives of this work were to evaluate photosynthetic efficiency and hydroponic production of potato minitubers, in different concentrations of nutrient solution and growing seasons. The experiment was carried out inside a screenhouse, in a closed hydroponic system with sand as growing media, during fall and spring of 2005. The nutrient solution concentrations of 0.5, 1, 1.5, 2 and 2.5 dS m⁻¹ were compared as treatments, in a completely randomized experimental design, with three replications. Total, shoot and tuber dry mass, tuber fresh weight and number, photosynthetic efficiency and indexes of leaf area and harvest were determined. Tuber yield is not affected by reducing nutrient solution concentration in a closed hydroponic system, with sand as growing media. Photosynthetic efficiency is maximized during spring growing season and depends upon nutrient solution concentration.

Index terms: *Solanum tuberosum*, photosynthetic efficiency, fertigation, seed potato.

Introdução

Nos principais países produtores de batata, a produção de sementes pré-básicas é realizada em sistemas hidropônicos (Rolot & Seutin, 1999; Medeiros et al., 2002; Farran & Mingo-Castel, 2006). Uma das maiores vantagens desses sistemas é a elevada sanidade e produtividade de tubérculos, que pode ser explicada pelas concentrações mais elevadas dos nutrientes e a direta disponibilização na rizosfera, o que favorece a rápida absorção (Caldevilla & Lozano, 1993). Embora as

soluções nutritivas sejam eficientes em proporcionar produtividade elevada, implicam em alto custo e operações frequentes de manejo, além de poluir o ambiente, quando descartadas (Furlani et al., 1999).

No Brasil, o sistema hidropônico predominante na produção de sementes pré-básicas de batata é do tipo NFT, adaptado a partir dos empregados para a produção de hortaliças folhosas (Medeiros, 2002). Um sistema hidropônico fechado, que faz uso de uma camada de substrato fertirrigada pelo princípio da subirrigação, foi descrito por Andriolo (2006). Esse sistema pode ser

considerado como intermediário entre o cultivo no solo e em NFT. A camada de substrato retém elevado volume de solução nutritiva e requer um menor número de fertirrigações diárias, o que reduz os custos com energia elétrica e induz maior inércia química e física ao sistema (Andriolo, 2006).

A concentração da solução nutritiva determina a disponibilidade de nutrientes e a absorção de água pelas plantas (Costa et al., 2001), o que altera o crescimento e a partição dos assimilados (Beltrão et al., 1997). A concentração da solução nutritiva afeta, entre outros fatores, a abertura estomática, o que influencia a eficiência fotossintética, a expansão das folhas, o crescimento radicular e o índice de colheita (Costa et al., 2001). Para hortaliças folhosas, como agrião, alface, almeirão, cebolinha, chicória, rúcula e salsa, a concentração da solução nutritiva deve ser mantida entre 1 e 1,2 dS m⁻¹, na fase de produção de mudas, e entre 1,4 e 1,6 dS m⁻¹, na fase de produção comercial, para favorecer o crescimento da parte aérea. No caso de hortaliças de frutos, a concentração da solução nutritiva, durante a produção de mudas, é a mesma das hortaliças folhosas e, durante a produção comercial, as concentrações entre 2 e 4 dS m⁻¹ são necessárias para atender às exigências nutricionais (Furlani et al., 1999). Concentrações salinas, com valores de condutividade elétrica acima de 5 dS m⁻¹, são indicadas para aumentar o índice de colheita e a qualidade dos frutos (Shannon & Grieve, 1999).

Para a cultura da batata, as concentrações de solução nutritiva abaixo de 1 dS m⁻¹ podem ser utilizadas durante a fase inicial de crescimento, quando a planta é jovem e o sistema radicular reduzido. Porém, concentrações entre 1,5 e 2 dS m⁻¹ são mais adequadas para o crescimento e desenvolvimento dos tubérculos. Concentrações da solução nutritiva de 3,5 dS m⁻¹ aumentam a produtividade, porém resultam em maior consumo de fertilizantes. Concentrações acima de 3,5 dS m⁻¹ reduzem a produtividade e, acima de 6 dS m⁻¹ induzem o estresse salino, por restringir a absorção de água pelas raízes (Dimenstein, 2004).

O incremento da concentração da solução nutritiva aumenta os riscos de desequilíbrio eletroquímico e de antagonismo entre os íons, e é uma das razões para o descarte periódico da solução no sistema fechado (Furlani et al., 1999). O emprego de soluções nutritivas com baixa concentração de nutrientes pode, portanto, reduzir os custos, simplificar o manejo e, ainda, permitir a utilização da solução por períodos mais prolongados, com reduzidos riscos de desequilíbrio nutricional, e menor impacto ambiental.

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar a eficiência fotossintética e a produção hidropônica de minitubérculos de batata, em função das concentrações da solução nutritiva e das épocas de cultivo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em abrigo telado do Programa de Genética e Melhoramento de Batata, no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, RS (a 29°42'S, 53°48'W e altitude de 95 m), durante os cultivos de outono e primavera de 2005. O abrigo telado de 150 m² foi coberto com polietileno aditivado anti-UV, de 200 µm de espessura, paredes laterais de alvenaria até a altura de 0,80 m do nível do solo, e 1,5 m de tela anti-afídeos, com malha de 50 mesh, entre a parede de alvenaria e a cobertura.

Minitubérculos de batata da cultivar Macaca foram plantados à densidade de 100 plantas por m², em sistema hidropônico fechado com uso de uma camada de areia de 0,10 m de altura como substrato (Andriolo, 2006), em oito de abril e seis de setembro de 2005. A frequência das irrigações foi ajustada de forma a fornecer, diariamente, volumes de água superiores àqueles transpirados pelas plantas, com um coeficiente de drenagem igual ou superior a 30%. Esses volumes foram estimados levando-se em consideração a radiação solar global incidente no topo da cobertura vegetal e a área foliar, com base na transpiração potencial de hortaliças cultivadas no mesmo local (Dalsasso et al., 1997).

Uma solução nutritiva padrão foi empregada, com a composição em mg L⁻¹ de: 149,80 de NO₃⁻; 24,80 de H₂PO₄⁻; 39,27 de SO₄²⁻; 41,31 de Mg²⁺; 288,72 de Ca²⁺; 234,60 de K⁺ e condutividade elétrica (CE) de 2,5 dS m⁻¹. A composição dos micronutrientes em mg L⁻¹ foi de: 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,06 de Cu; 0,50 de Mn; 0,22 de Zn; e 4 de Fe. Foram empregados os sais fertilizantes: nitrato de potássio, nitrato de cálcio, monofosfato de potássio e sulfato de magnésio.

Os tratamentos consistiram de diluições da concentração da solução nutritiva padrão, para atingir valores de CE de 0,5, 1, 1,5 e 2 dS m⁻¹. A CE foi medida diariamente e corrigida quando os valores medidos situaram-se acima ou abaixo de 20% do valor original. No primeiro caso, a correção foi feita mediante a adição de água e, no segundo, pela adição de um volume complementar de solução nutritiva, preparada com uma concentração definida pela média ponderada entre o volume e a CE, de forma a atingir o valor da CE inicial.

Procedimento similar foi adotado para o pH, cujo valor 6 foi corrigido sempre que um desvio de 0,2 unidade era observado, mediante adições de volumes de soluções 1N de H_3PO_4 ou KOH, estimados a partir de uma curva de diluição previamente ajustada em laboratório.

Foram avaliados: a massa de matéria seca (MS) total, da parte aérea e de tubérculos; massa de matéria fresca (MF) média e número de tubérculos; eficiência fotossintética (EF); índice de área foliar (IAF); e índice de colheita (IC). Para as determinações, foram coletadas dez plantas de cada repetição, no início da senescência das folhas basais. Para MS, as amostras foram secadas em estufa de circulação forçada de ar a $60^\circ C$, até se obter massa constante entre duas pesagens consecutivas. A radiação solar global incidente foi estimada pela insolação diária, segundo o modelo proposto por Ångström, com os coeficientes ajustados para Santa Maria (Estefanel et al., 1990), e corrigida pelo coeficiente de transmissividade do abrigo telado igual a 0,73 (Buriol et al., 1995). Os dados de insolação foram obtidos na Estação Climatológica Principal, pertencente ao 8º DISME/INMET, a aproximadamente 200 m da área experimental. O acúmulo de MS total, de tubérculos e da parte aérea, em relação à radiação solar global incidente, acumulada durante o período de cultivo, foi usado para estimar a eficiência fotossintética. Para estimar a área foliar, foram extraídos 30 discos de superfície igual a $0,5\text{ cm}^2$ de área, de folhas representativas das diferentes partes do dossel. Uma relação entre a massa e a área dos discos foi ajustada e empregada, para estimar a área foliar a partir da MS total de folhas (Benincasa, 1988). O índice de colheita correspondeu à razão entre a MS de tubérculos e a MS total da planta.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Cada parcela foi constituída por um segmento do leito de cultivo, com área de 1 m^2 , com 100 plantas. Os dados foram submetidos à análise da variância, e as médias foram comparadas por regressão polinomial múltipla, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

No cultivo de outono, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto à MS, e foram constatados valores de 587,8 a 836,9 g m^{-2} de MS total, 303,6 a 488,5 g m^{-2} de MS de tubérculos e 271,9 a

367,8 g m^{-2} de MS da parte aérea. No cultivo de primavera, a MS total, em função da concentração da solução nutritiva, seguiu um modelo quadrático, em que o valor máximo estimado foi de 2.652,2 g m^{-2} à CE de 2,1 dS m^{-1} (Figura 1). O incremento na MS da parte aérea, por unidade de CE, foi estimado em 284,9 g m^{-2} sem, contudo, terem sido observadas diferenças significativas na produção de MS dos tubérculos, cujos valores variaram de 439,0 a 1.484,1 g m^{-2} .

Em termos de massa de matéria fresca e número de tubérculos, no cultivo de outono, ocorreu resposta linear inversa, ou seja, a diluição da solução nutritiva reduziu a massa de matéria fresca dos tubérculos e aumentou o seu número. No cultivo de primavera, foi observada resposta quadrática para a massa de matéria fresca do tubérculo, em função da concentração da solução nutritiva, com um valor máximo estimado em 3,9 g à CE de 1,7 dS m^{-1} (Figura 1). O número de tubérculos aumentou, e seguiu regressão linear, com o valor máximo de 435 tubérculos por m^2 à CE de 2,5 dS m^{-1} .

Resultados sobre o efeito da CE, na produção hidropônica da batata, não foram encontrados na literatura. Farran & Mingo-Castel (2006), em sistema aeropônico, obtiveram produtividade máxima de 500 tubérculos por m^2 , à densidade de 100 plantas por m^2 , com colheita em intervalos de 10 dias. No presente trabalho, com a mesma densidade de plantas, a produtividade média, no outono, foi de 357 tubérculos por m^2 e, na primavera, de 361 tubérculos por m^2 . No entanto, quando a colheita em aeroponia foi realizada em intervalos de 7 e 14 dias, a produtividade média foi respectivamente de 393 e 378 tubérculos por m^2 (Farran & Mingo-Castel, 2006), próximas às obtidas neste trabalho, com uma única colheita aos 71 dias após o plantio, no outono, e aos 79 dias na primavera.

A média diária da radiação solar, estimada no interior do telado, foi de 6,4 MJ m^{-2} por dia e de 10,4 MJ m^{-2} por dia, com valores acumulados durante o período experimental de 455,5 MJ m^{-2} e 824,3 MJ m^{-2} , para os cultivos de outono e primavera, respectivamente.

No outono, a eficiência fotossintética, em termos de conversão da radiação solar em MS, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, e os valores variaram de 1,3 a 1,8 g MJ^{-1} para a MS total; de 0,6 a 0,8 g MJ^{-1} para MS de parte aérea; e de 0,7 a 1,1 g MJ^{-1} para a MS dos tubérculos (Figura 2).

Na primavera, foi observada resposta quadrática para a eficiência fotossintética, e as estimativas máximas foram: 3,2 g MJ^{-1} à CE de 2,1 dS m^{-1} para MS total; 1,8 g MJ^{-1} à CE de 2 dS m^{-1} , para MS de tubérculo; e 1,4 g MJ^{-1} à CE de 2,1 dS m^{-1} , para MS da parte aérea (Figura 2).

A análise da eficiência fotossintética, somente com os valores de CE acima de 1 dS m^{-1} , mostrou que o aumento da concentração da solução nutritiva não proporcionou nenhum aumento na eficiência de produção de MS, nem para a parte aérea (média de $1,3 \text{ g MJ}^{-1}$), nem para os tubérculos (média de $1,6 \text{ g MJ}^{-1}$). Isso significa que o crescimento da cultura depende diretamente dos processos ligados à fotossíntese, e que os processos de absorção mineral têm por função, unicamente, suprir a demanda de elementos minerais, necessários para os processos do crescimento e desenvolvimento.

Para a produção de batata-semente, a etapa de multiplicação hidropônica, por meio de minitubérculos, é realizada durante os mesmos períodos de cultivo em campo, que, na região central do Rio Grande do Sul, ocorrem na primavera e no outono (Bisognin, 1996).

Durante o período de cultivo do outono, tem-se, nessa região, uma condição climática em que a radiação solar e a temperatura decrescem no decorrer do ciclo de

crescimento e desenvolvimento das plantas. Isso implica que a quantidade de radiação solar incidente é mais elevada no início do período de crescimento, quando o IAF ainda é baixo e insuficiente para maximizar a interceptação dessa radiação. Quando a área foliar atinge o crescimento máximo, capaz de maximizar a interceptação luminosa, a radiação incidente atinge os níveis mais baixos do ano, que ocorrem em torno do solstício de inverno. Essa é, provavelmente, uma das causas da ausência de resposta do aumento da CE da solução nutritiva, no aumento da massa de matéria seca e da área foliar no cultivo de outono. Essa observação confirma dados da literatura, que indicam que a absorção de nutrientes é controlada pela produção de carbono na planta (Thornley, 1998).

Na primavera, as disponibilidades radiativa e térmica e a área foliar crescem simultaneamente, o que aumenta as quantidades de carbono fixadas pela fotossíntese, as

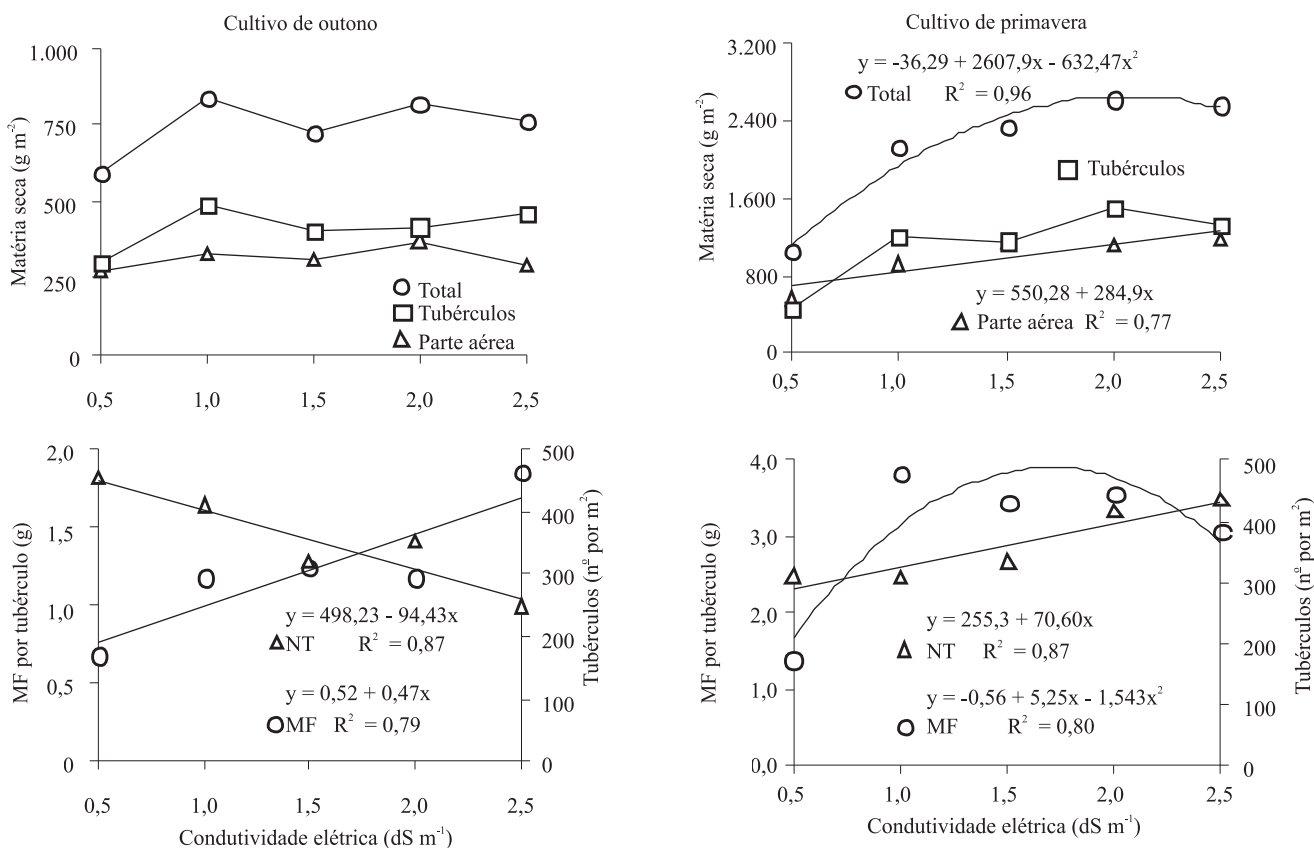


Figura 1. Matéria seca total da parte aérea e de tubérculo, matéria fresca (MF) por tubérculo e número de tubérculos (NT) por m^2 , em plantas de batata da cultivar Macaca, com diferentes concentrações da solução nutritiva em sistema hidropônico fechado, com uso de substrato.

quais passaram de uma média de 746,2 g m⁻² de matéria seca total, no outono, para um valor máximo estimado de 2.652,2 g m⁻², na primavera (Figura 1). A maior fixação de carbono induz maior absorção de nutrientes para a síntese da matéria seca, a qual é favorecida por taxas de absorção mineral mais elevadas, que estão associadas a concentrações também mais elevadas de nutrientes em torno das raízes, por efeito dos tratamentos.

O índice de colheita no outono e na primavera foi similar, e variou entre 0,5 e 0,6 no outono, e 0,4 e 0,6 na primavera (Figura 2), e não foi afetado pela concentração da solução nutritiva. Isso significa que a partição de fotoassimilados entre a parte aérea e os tubérculos foi pouco influenciada pelas condições ambientais.

Essa constatação é surpreendente, porque os dados da literatura mostram que condições de dias curtos favorecem a formação precoce dos tubérculos e de estolões curtos, com menor estatura de plantas, enquanto que dias longos atrasam a tuberização, induzem estolões

maiores e crescimento mais abundante da parte aérea (Beukema & Zaag, 1979). Indicam, também, que as temperaturas mais altas na primavera estimulam a produção de MS na parte aérea, enquanto que as temperaturas mais baixas no inverno favorecem o crescimento e desenvolvimento dos tubérculos (Beukema & Zaag, 1979).

Entretanto, deve-se ressaltar que esses dados são provenientes de experimentos de produção de batata para consumo. Nesses experimentos, as folhas e hastes constituem-se nos drenos principais da planta, nas fases iniciais do ciclo de crescimento e desenvolvimento, enquanto nas fases finais os tubérculos passam a responder por aproximadamente 80% da MS total (Cogo, 2006). Na produção de minitubérculos, com o sistema empregado neste experimento, a colheita é realizada logo no início da fase de crescimento dos tubérculos, quando o efeito das condições ambientais sobre a partição dos fotoassimilados é menor do que na fase final do ciclo das lavouras para produção de batata para consumo.

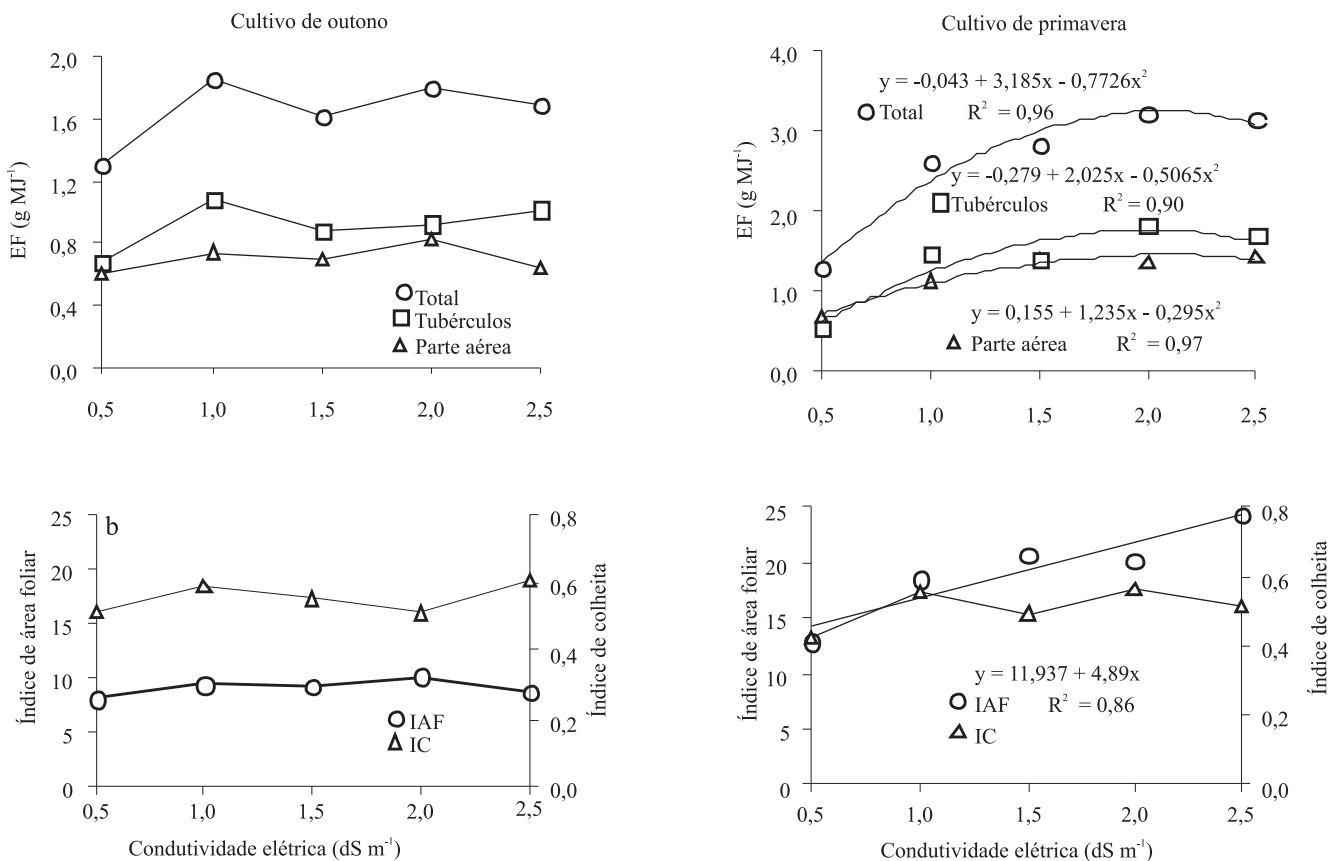


Figura 2. Eficiência fotossintética (EF) da conversão da radiação solar global incidente em matéria seca de tubérculos, da parte aérea e total, e índice de área foliar (IAF) e de colheita (IC), de plantas de batata da cultivar Macaca, com diferentes concentrações da solução nutritiva em sistema hidropônico fechado, com uso de substrato.

Uma das variáveis de importância na produção de minitubérculos de batata é a produtividade em número, pois a massa pode ser manejada pela duração do ciclo da cultura até o momento da colheita. Os resultados mostraram efeito negativo da concentração da solução nutritiva, no outono, sobre essa variável (Figura 1). Uma das hipóteses que pode ser apontada para explicar esse resultado é o efeito indireto da CE sobre o fluxo hídrico da planta. Já foi demonstrado, em plantas de tomateiro, que condições de baixa demanda evaporativa da atmosfera reduzem o fluxo de água e nutrientes na planta, o que afeta o crescimento e emissão de órgãos (Del Amor & Marcelis, 2006). A baixa demanda evaporativa, típica do inverno na Região Sul do Brasil, aliada ao aumento da concentração salina da solução nutritiva, que diminui a absorção de água pelas raízes (Cuartero & Fernández-Muñoz, 1999), pode, portanto, ter surtido efeito negativo na produção dos minitubérculos. Esse efeito seria reduzido na primavera, quando o fluxo de água é estimulado tanto pela maior demanda evaporativa do ar, quanto pelos valores elevados de área foliar da cultura.

A eficiência fotossintética não foi afetada pela concentração da solução nutritiva no outono e atingiu valor menor do que na primavera ($p < 0,05$). Isso significa que outros fatores estariam restringindo o crescimento da cultura, entre eles as baixas temperaturas do ar. Na primavera, concentrações mais elevadas de solução nutritiva, ao induzir maior crescimento da área foliar, permitem aumentar a absorção da energia solar pela cultura e a síntese de matéria seca. Entretanto, é surpreendente que a eficiência fotossintética somente atinja a saturação com valores de IAF em torno de $20 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ (Figura 2), que são superiores em mais de cinco vezes àqueles atingidos em lavouras de produção de batata para consumo (Oliveira, 2000). A saturação da eficiência fotossintética foi atingida com valor estimado de $3,2 \text{ g MJ}^{-1}$, que é superior aos valores citados para o tomateiro, de 1 g MJ^{-1} , em cultivo convencional (Challa & Baker, 1998), e de $1,4 \text{ g MJ}^{-1}$, em ambiente controlado (Heuvelink, 1995).

Essas diferenças podem ser atribuídas à homogeneidade da cobertura vegetal e à capacidade em absorver a radiação solar direta e difusa. Na produção hidropônica de tubérculos, uma cobertura vegetal homogênea é formada precocemente, em relação a outras hortaliças, e também em relação à lavoura de batata para consumo, a qual é atingida nas fases intermediárias da fase de produção (Hammer & Vanderlip, 1989; Sinclair et al., 1992; Oliveira, 2000).

Os resultados deste experimento indicam que, em sistema hidropônico fechado com o uso de areia como substrato, a concentração da solução nutritiva pode ser diluída sem prejuízos para a produção de minitubérculos, o que reduz os custos de produção. Na primavera, o aumento de quatro vezes na concentração da solução nutritiva, até atingir uma CE de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, induziu aumento no número de tubérculos em apenas 28,2%. Nessa época, a concentração à CE de 1 dS m^{-1} pode ser empregada, quando o objetivo for combinar número e massa de matéria fresca média de tubérculos. Esses valores situam-se abaixo da faixa entre 2 e 3 dS m^{-1} , indicada na literatura para o cultivo hidropônico de hortaliças (Furlani et al., 1999). Uma das causas que pode estar na origem dessa diferença é o volume de solução nutritiva disponível em torno das raízes, que é mais elevado no atual dispositivo do que naqueles do tipo NFT.

Conclusões

1. Baixas concentrações nutritivas podem ser usadas em sistema hidropônico fechado, que tenha areia como substrato, sem prejuízos para a produção de minitubérculos.
2. A eficiência fotossintética atinge maiores valores no plantio de primavera e depende da concentração da solução nutritiva.

Agradecimentos

À Fapergs, pelo financiamento parcial da pesquisa; ao CNPq e à Capes, pela concessão de bolsas.

Referências

- ANDRIOLO, J.L. Sistema hidropônico fechado com subirrigação para produção de minitubérculos de batata. In: SIMPÓSIO DE MELHORAMENTO GENÉTICO E PREVISÃO DE EPIFITIAS EM BATATA, 2006. **Anais**. Santa Maria: UFSM, CCR, Departamento de Fitotecnia, 2006. p.26-40.
- BELTRÃO, J.; TRINDADE, D.; CORREIA, P.J. Lettuce yield response to salinity of sprinkle irrigation water. **Acta Horticulturae**, v.449, p.623-628, 1997.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento das plantas**. Jaboticabal: Funep, 1988. 42p.
- BEUKEMA, H.P.; ZAAG, D.E. van der. **Potato improvement: some factors and facts**. Wageningen: International Agricultural Centre, 1979. 224p.

- BISOGNIN, D.A. **Recomendações técnicas para o cultivo da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. 64p.
- BURIOL, G.A.; STRECK, N.A.; PETRY, C.; SCHNEIDER, F.M. Transmissividade a radiação solar do polietileno de baixa densidade utilizado em estufas. **Ciência Rural**, v.25, p.1-4, 1995.
- CALDEVILLA, E.M.; LOZANO, M.G. **Cultivos sin suelo**: hortalizas en clima mediterraneo. Reus: Ediciones de Horticultura, 1993. 123p.
- CHALLA, H.; BAKKER, J. Potential production within the greenhouse environment. In: ENOCH, Z.; STANHILL, G. (Ed.). **Ecosystems of the world: the greenhouse ecosystem**. Amsterdam: Elsevier, 1998. p.333-348.
- COGO, M.C. **Crescimento, qualidade de tubérculo e relação N/K da cultura da batata cultivada sob doses elevadas de potássio**. 2006. 46p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- COSTA, P.C.; DIDONE, E.B.; SESSO, T.M.; CAÑIZARES, K.A.L.; GOTO, R. Condutividade elétrica de solução nutritiva de alface em hidroponia. **Scientia Agricola**, v.58, p.595-597, 2001.
- CUARTERO, J.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R. Tomato and salinity. **Scientia Horticulturae**, v.78, p.83-125, 1999.
- DALSASSO, L.C.M.; HELDWEIN, A.; BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M.; STRECK, N.A.; DALMAGO, G.A. Consumo de água do tomateiro tipo salada em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, p.61-67, 1997.
- DEL AMOR, F.M.; MARCELIS, L.F.M. Differential effect of transpiration and Ca supply on growth and Ca concentration of tomato plants. **Scientia Horticulturae**, v.111, p.17-23, 2006.
- DIMENSTEIN, L. Manejo nutricional em batata via fertirrigação e aplicação foliar. **Batata Show**, v.4, 2004. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista09_016.htm>. Acesso em: 30 abr. 2005.
- ESTEFANEL, V.; SCHNEIDER, F.M.; BERLATO, M.A.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B. Insolação e radiação solar na região de Santa Maria, RS. I. Estimativa da radiação solar global incidente a partir dos dados de insolação. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, v.20, p.203-218, 1990.
- FARRAN, I.; MINGO-CASTEL, A.M. Potato minituber production using aeroponics: effect of plant density and harvesting intervals. **American Journal of Potato Research**, v.83, p.47-53, 2006.
- FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomico, 1999. 52p. (Boletim técnico, 180).
- HAMMER, G.L.; VANDERLIP, R.L. Genotype by environment interaction in grain sorghum. I. Effects of temperature on radiation use efficiency. **Crop Science**, v.29, p.370-376, 1989.
- HEUVELINK, E. Growth, development and yield of tomato crop: periodic destructive measurements in a greenhouse. **Scientia Horticulturae**, v.6, p.77-99, 1995.
- MEDEIROS, C.A.B. **Produção de sementes pré-básicas de batata em sistema hidropônico de telhas de fibrocimento**: densidade de plantas para multiplicação a partir de minitubérculos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 4p. (Comunicado técnico, 69).
- MEDEIROS, C.A.B.; ZIEMER, A.H.; DANIELS, J.; PEREIRA, A.S. Produção de sementes pré-básicas de batata em sistemas hidropônicos. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.110-114, 2002.
- OLIVEIRA, C.A.S. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.939-950, 2000.
- ROLOT, J.L.; SEUTIN, H. Soilless production of potato minitubers using a hydroponic technique. **Potato Research**, v.42, p.457-469, 1999.
- SHANNON, M.C.; GRIEVE, C.M. Tolerance of vegetable crops to salinity. **Scientia Horticulturae**, v.78, p.5-38, 1999.
- SINCLAIR, T.R.; SHIRAIWA, T.; HAMMER, G.L. Variation in crop radiation-use efficiency with increased diffuse radiation. **Crop Science**, v.32, p.1281-1284, 1992.
- THORNLEY, J.H.M. Modelling shoot: root relations: the only way forward? **Annals of Botany**, v.81, p.165-171, 1998.

Recebido em 31 de outubro de 2006 e aprovado em 13 de março de 2007