

Relação entre substratos e métodos de aplicação de solução nutritiva na produção de mudas e a posterior resposta produtiva da beterraba

Melissa Maria Santin¹, Humberto Silva Santos^{1*}, Carlos Alberto Scapim¹, Bernadete Maria Suaki Brandão², José Usan Torres Brandão Filho¹, Osni Callegar¹, Ana Julia Alvarenga Santos¹ e Isadora Alvarenga Santos¹

¹Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5.790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

²Departamento de Matemática, Universidade Estadual de Maringá (UEM). *Autor para correspondência. e-mail: hssantos@uem.br

RESUMO. Foram conduzidos dois experimentos com os objetivos de avaliar métodos de suprimento nutricional e substratos na produção de mudas de beterraba, em bandejas, e posterior efeito sobre a produção. No primeiro avaliou-se germinação e crescimento das mudas e no segundo avaliou-se o efeito dos tratamentos aplicados às mudas na produção da beterraba, quando as mudas oriundas das mesmas combinações de tratamentos foram transplantadas a campo. Adotou-se, respectivamente, os delineamentos experimentais inteiramente e em blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 4 x 2, com três repetições. Os tratamentos resultaram da combinação de quatro métodos de fornecimento de solução nutritiva – M1) por fertirrigação; M2) hidroponia por flutuação em tempo integral (HFTI); M3) hidroponia por flutuação diariamente das 10h às 15h; M4) HFTI alternada com fertirrigação – e dois substratos – S1) plantmax®-HT e S2) bagaço de cana-de-açúcar. Na fase de viveiro, verificou-se que M1 favoreceu a emergência, M2 favoreceu o crescimento das mudas, e, na fase de campo, M1 e M2 foram mais produtivas. Mudas formadas com bagaço proporcionaram maior estande final e produção equivalente à obtida com o substrato industrializado.

Palavras-chave: *Beta vulgaris* L. var. *crassa*, hidroponia, fertirrigação, produção de mudas.

ABSTRACT. Relation between substrates and nutritive supply methods, applied to beet seedling production and productive back effect. Two experiments were carried out to evaluate the nutritive supply and substrates in beet seedling production in speedling tray, and its productive back effect. In the first experiment the seedlings germination and growth were analyzed and in the second experiment, the back effect of treatments was applied to the seedlings in the beet production when the seedlings from the same combinations of treatment were transplanted on the field. Experimental designs in completely randomized blocks were used respectively in factorial plots of 4 X 2, with three replications. The treatments resulted from the combination of four nutritive supply methods – M1) by fertirrigation; M2) full time floating hydropony; M3) daily floating hydropony from ten to fifteen hours; and M4) full time floating hydropony alternated by fertirrigation; and two substrates: S1) *Plantmax*®-HT and S2) crushed sugar cane. Results show that in the nursery phase, the fertirrigation (M1) was more effective in the emergency of the seedlings, M2 was more effective in the growth of the seedlings, while in the field phase, M1 and M2 were more productive. The crushed seedlings contributed to the greatest final plant population of the culture and it did not differ from the industrialized substrate production.

Key words: *Beta vulgaris* L. var. *crassa*, hydropony, fertirrigation, seedling production.

Introdução

A cultura da beterraba pode ser implantada por meio de semeadura direta, transplante de mudas

formadas em sementeiras (Ferreira e Tivelli, 1989) ou em bandejas multicelulares de poliestireno expandido (Filgueira, 2000). É a única hortaliça

produtora de raízes tuberosas que se adapta ao transplante, inclusive beneficiando-se das vantagens desse método de propagação (Horta, 2000), como é o caso da redução de riscos e intensificação da exploração dos fatores de produção.

A utilização de mudas no cultivo comercial tem sido predominante durante o período chuvoso do ano, pois a semeadura direta se torna difícil de realizar, e quando a cultura transplantada previne falhas no estande uniformiza as plantas e pode produzir beterrabas maiores (Fonseca, 2001). Além disso, é uma eficiente estratégia de controle de plantas daninhas (Horta, 2004); possibilita o planejamento da produção e a previsibilidade das fases e operações de cultivo (Camargo Filho e Mazzei, 1994), o que é determinante para o sucesso do empreendimento, pois a competitividade na olericultura empresarial exige garantias de quantidade, a qualidade e a regularidade na entrega dos produtos (Santos, 1997).

A produção de mudas em bandejas multicelulares de poliestireno expandido surgiu da necessidade de um nível tecnológico mais avançado e especializado no setor de produção de mudas, dentro do sistema de produção de hortaliças (Sousa *et al.*, 1997), que apresenta-se como alternativa de estabelecimento da cultura com as vantagens inerentes ao transplante, mas sem as desvantagens dos sistemas de semeadura direta e do transplante de mudas de raiz nua.

Como o desempenho das culturas transplantadas é dependente da qualidade das mudas utilizadas, a formação da muda torna-se uma fase importante e decisiva, pois, segundo Minami (1995) e Souza e Ferreira (1997), mudas mal formadas e debilitadas compromete todo o desenvolvimento futuro da cultura, aumentando seu ciclo e, em muitos casos, resultando em perdas na produção. Esse também é o caso, segundo Carmello (1995), do efeito do estado nutricional das mudas transplantadas no desempenho da cultura.

Exemplos do reflexo de tratamentos dispensados às mudas produzidas em bandejas foram relatados por Horta (2000) e Santos *et al.* (2000), os quais, respectivamente, verificaram atraso de até 16,6% no ciclo e redução de até 70% da produção quando as mudas não receberam suplementação nutricional adequada.

A produção de mudas em bandejas, no entanto, apresenta algumas desvantagens, apontadas por produtores e técnicos, ou seja, a exigência de investimentos iniciais para a construção de abrigos ou estufas, aquisição de bandejas, suporte para as bandejas, equipamentos para irrigação e gastos

adicionais com substrato (Santos, 1995), o que influencia o custo das mudas, e, conseqüentemente, o custo de produção.

Nas culturas que comportam elevadas densidades populacionais de plantas, como é o caso da beterraba, a viabilidade econômica do transplante tem como principal desafio a redução do custo de produção das mudas. Nesse sentido, dois fatores podem ser preponderantes: o uso de bandejas com maior número de células e o uso de substratos de baixo custo.

A utilização de bandejas de 288 células foi objeto de estudo de alguns pesquisadores, como Horta (2000) e Guimarães *et al.* (2002), os quais não verificaram diferenças significativas entre as bandejas de 288, 200 e 128 células quanto às características de crescimento e de produção da beterraba, mostrando-se viável técnica e economicamente a adoção das bandejas de 288 células. Além disso, a utilização de bandejas com células menores permite redução do volume de substrato, do número de bandejas, do espaço no viveiro e do dispêndio de mão-de-obra.

Associado ao emprego de bandejas com maior número de células, outra opção para a redução de custos é o uso de materiais alternativos, como o bagaço de cana-de-açúcar, em substituição aos substratos comerciais. Entretanto, como o bagaço é praticamente inerte, o suprimento mineral pode ser feito por meio de soluções nutritivas fornecidas via fertirrigação ou hidroponia por flutuação.

A hidroponia por flutuação, também denominada de sub-irrigação, é uma técnica largamente adotada na cultura do tabaco, na qual a produção de mudas em bandejas flutuando em tanque contendo solução nutritiva tem se mostrado a melhor opção para esta cultura (Silva, 2002). A economicidade associada à qualidade fisiológica e sanitária das mudas produzidas por tal método tem despertado o interesse de expandir o uso para outras culturas, como é o caso das hortaliças. Neste sentido, Braz *et al.* (2001) compararam a produção de alface proveniente de mudas produzidas em sistemas flutuante e convencional, e verificaram que o sistema flutuante produziu mudas mais precoces, com maior peso de matéria fresca e seca da parte aérea.

A densidade, a integridade e a atividade do sistema radicular são apontadas como vantagens do sistema de produção de mudas em bandejas (Grupo Eucatex, 1990), o que está relacionada com a intensidade dos estresses experimentados pelas plantas após o transplante o que, segundo McKee (1981), influencia o pegamento, a precocidade e, inclusive, a produtividade. A fim de minimizar tais

efeitos, têm sido adotadas práticas de aclimação que aumentam a proteção cuticular, o conteúdo de matéria seca e a densidade radicular. Tal prática é denominada endurecimento de mudas e corresponde ao período que antecede o transplante (Pereira e Puiatti, 2005), quando é reduzido o fornecimento de água e nitrogênio (Filgueira, 2000).

A controle do fornecimento da solução nutritiva, quando se adota a sub-irrigação ou hidroponia por flutuação, pode ser feito alternando-se períodos de manutenção das bandejas no tanque de flutuação com períodos em que as bandejas são mantidas suspensas nos usuais estrados. Nesse caso, os períodos de alternância podem ser ao longo do dia – de modo a manter as bandejas no flutuador nas horas de maior demanda evapo-transpirativa – ou em etapas específicas da fase de formação das mudas. Assim, na fase inicial as bandejas seriam mantidas no flutuador até próximo ao transplante quando então seriam levadas para os estrados. Entretanto, a viabilidade de tais possibilidades necessitam ser avaliadas quanto aos efeitos sobre o crescimento das mudas e posterior produção.

Substratos com qualidades físicas ideais devem apresentar aeração adequada, razoável capacidade de retenção de água e livre drenagem. Segundo Gonçalves (1995), o substrato tem como principal função sustentar a planta, fornecer nutrientes e permitir a troca gasosa no sistema radicular.

O substrato é, segundo Minami (1995), o componente mais sensível e complexo do sistema de produção de mudas, pois qualquer variação na sua composição pode alterar o processo final da produção, desde a não germinação das sementes até o desenvolvimento anormal das plantas.

Se o fornecimento de nutrientes for feito por fertirrigação ou sub-irrigação de solução nutritiva, então a preocupação com a ausência de fitopatógenos e as características físicas tornam-se determinantes na escolha de um substrato para um determinado sistema de produção de mudas, como é o caso do hidropônico, na qual a composição química é estável e próxima do ideal. As características físicas do substrato e o método de fornecimento de água ou solução nutritiva influenciam a arquitetura e a aeração do sistema radicular. Esta, segundo Fonseca (2001), é imprescindível à vida e ao desenvolvimento das plantas, principalmente pelo fornecimento de oxigênio.

O bagaço de cana-de-açúcar, um resíduo abundante e barato da agroindústria sucro-alcooleira, tem sido utilizado em cultivos sem solo. Avaliações preliminares apontam características físicas, químicas

e biológicas com potencial aplicação ao sistema hidropônico de produção de mudas.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade do uso do bagaço de cana-de-açúcar, comparando-o ao substrato comercial, e de métodos de suprir e controlar o fornecimento de solução nutritiva na produção de mudas de beterraba, em bandejas de 288 células, e a posterior resposta produtiva dessas mudas cultivadas a campo.

Material e métodos

No período de outubro a dezembro de 2001 foram realizados dois experimentos no setor de Olericultura do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná.

O primeiro foi realizado com o objetivo de avaliar a germinação e as características de crescimento das mudas, no qual adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 X 2, com três repetições. A unidade experimental foi constituída de três meias bandejas multicelulares de poliestireno expandido (modelo BP288/47 de 288 células com volume individual de 18 cm³). Os tratamentos corresponderam à combinação de dois substratos e quatro métodos de fornecimento de solução descritos a seguir.

Foram utilizadas 72 meias bandejas, previamente desinfestadas com solução de água sanitária a 5%. Após enxaguadas, adicionou-se aproximadamente 3 cm³ de casca de arroz em cada célula a fim de evitar a perda de substrato pelos orifícios inferiores das células. Em seguida, 36 meias bandejas tiveram suas células completadas com o substrato comercial Plantmax®-HT, à base de casca de madeira, vermiculita, turfa e adubo mineral (Tratamento S1), e a outra metade com bagaço de cana-de-açúcar seco, previamente triturado e peneirado (tratamento S2). Foram abertos orifícios de cinco milímetros de profundidade em cada célula, os quais receberam dois glomérulos de beterraba, cultivar híbrida Scarlet Supreme, que foram cobertos pelos respectivos substratos.

Paralelamente, foram confeccionados 72 recipientes (caixas) de madeira sem fundo, com dimensões de 0,5 m X 0,5 m X 0,05 m, respectivamente, de largura, comprimento e altura, os quais foram dispostos sobre uma bancada – com 2,2 m de largura, 10,0 m de comprimento e 1,2 m de altura – construída no interior de um abrigo para cultivo protegido. Tais recipientes – dos quais 54 recipientes foram revestidos com plástico e dezoito não – foram colocados lado a lado sobre a bancada.

Em cada um dos recipientes revestidos foi colocado seis litros de solução nutritiva, previamente preparada, nas quais meias bandejas já semeadas foram mantidas flutuando e absorvendo a solução nutritiva, por capilaridade, durante os períodos previstos em seus respectivos tratamentos.

Do conjunto das meias bandejas 18 foram mantidas flutuando até a data do transplante (Tratamento M2); 18 meias bandejas permaneceram flutuando na solução nutritiva até uma semana antes do transplante (Tratamento M4); 18 meias bandejas permaneceram flutuando no horário das 10h às 15h até a data do transplante (Tratamento M3).

As 18 meias bandejas pertencentes ao tratamento M1 foram mantidas suspensas, apoiadas em duas ripas atravessadas sobre os recipientes não revestidos. O mesmo procedimento foi adotado para manter suspensas as meias bandejas dos tratamentos M4 e M3, respectivamente, no intervalo das 15h às 10h e na última semana que precedeu o transplante.

Durante o período de formação das mudas, as bandejas foram mantidas no interior de um abrigo, modelo túnel alto e orientado no sentido norte-sul, construído com dimensões de 6,0 m de largura, 30,0 m de comprimento e 2,0 m de pé direito; cobertura em arco de metal com película de polietileno de baixa densidade de 0,10 mm de espessura e aditivada anti-UV. As laterais e frontais foram mantidas abertas.

Os cuidados dispensados na fase de formação e crescimento das mudas foram: fungigação nas bandejas, realizada após a semeadura, de modo a fornecer a solução fungicida (PCNB + benomyl + metalaxyl, respectivamente a 66,7, 14,0 e 0,83 gramas do ingrediente ativo por 100 litros de água) até o limite da capacidade de retenção de água dos substratos, com duas repetições de tal tratamento de quimigação, com intervalo semanal, a fim de controlar focos de *damping-off*; reposição diária da solução nutritiva consumida no dia anterior nos tratamentos em que as meias bandejas foram mantidas em flutuação; duas a três fertirrigações diárias de solução nutritiva, por meio de regador de crivo fino, de modo a manter os substratos próximos à capacidade de retenção de água nos tratamentos M1, durante todo o período de formação das mudas, e M4, durante a última semana que antecedeu o transplante; desbaste do excesso de plântulas emergidas aos doze dias após a semeadura (DAS) de modo a selecionar aquela mais vigorosa da célula.

A solução nutritiva fornecida na fertirrigação e nos recipientes de flutuação foi preparada conforme recomendação de Furlani (1998): nitrato de cálcio ($75 \text{ g } 100 \text{ L}^{-1}$ de água), nitrato de potássio ($50 \text{ g } 100$

L^{-1} de água), sulfato de magnésio ($80 \text{ g } 100 \text{ L}^{-1}$ de água), fosfato monoamônico - MAP ($15 \text{ g } 100 \text{ L}^{-1}$ de água), solução de micronutrientes ($5 \text{ mL } 100 \text{ L}^{-1}$ de água) e Fe-EDTA ($20 \text{ mL } 100 \text{ L}^{-1}$ de água).

As características avaliadas, referentes a fase de mudas, foram divididas em dois grupos, ou seja, aquelas com propósito de avaliar o efeito dos tratamentos nas características germinação e aproveitamento de mudas e aquelas referentes às características de crescimento. No primeiro caso as determinações foram indiretas, ou seja, pela média de plântulas emergidas por célula e pelo percentual de células com plântulas, aos dez DAS. No segundo caso, as características de crescimento – matéria seca e fresca da parte aérea e radicular – foram determinadas por ocasião do transplante, realizado aos 25 DAS. Em todos os casos, os dados corresponderam à média das três meias bandejas que representaram a unidade experimental, já que de cada meia bandeja foram avaliadas as vinte células centrais.

Com o objetivo de avaliar o efeito dos tratamentos dispensados às mudas na produção das raízes tuberosas de beterraba foi conduzido o segundo experimento a campo. Nessa fase, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial 4×2 , com três repetições, nos quais os tratamentos foram estabelecidos *a priori*, ou seja, os tratamentos corresponderam à combinação de dois substratos utilizados nas bandejas e os quatro métodos de fornecimento de solução nutritiva aplicados durante a fase de formação das mudas.

Com o objetivo de minimizar o efeito de heterogeneidades na área experimental, a unidade experimental foi representada pela média de três segmentos de canteiros, dispostos aleatoriamente em cada bloco, com dimensões de 1,80 m por 1,00 m ($1,80 \text{ m}^2$) em cada segmento. O espaçamento das mudas transplantadas foi de 0,10 m entre plantas e 0,30 m entre linhas transversais ao comprimento do canteiro, o que proporcionou uma população de 60 plantas por segmento de canteiro.

Para efeito de avaliação, em cada fração da unidade experimental, as duas fileiras das extremidades e uma planta de cada extremidade das fileiras transversais ao canteiro foram desprezadas, considerando-se, portanto, apenas as quatro fileiras centrais em um total de 32 plantas. Posteriormente, os valores determinados em cada característica e correspondente a cada unidade experimental foram resultantes da média dos três segmentos de canteiro do respectivo bloco.

As mudas de beterraba, oriundas do primeiro

experimento, foram transplantadas no dia 25 de outubro de 2001 em canteiros preparados manualmente e adubados com 10 t ha⁻¹ de esterco de galinha. A adubação química de plantio não foi considerada necessária devido aos elevados níveis de nutrientes no solo.

Durante os primeiros trinta dias após o transplante foram realizadas irrigações por aspersão diariamente, e posteriormente a esse período as irrigações foram efetuadas a cada três dias, com lâminas de água determinadas em função das condições atmosféricas e da área foliar das plantas.

Os demais tratos culturais foram: três adubações de cobertura com uréia, aos 10, 25 e 40 dias após o transplante, fornecendo a cada vez quantidade equivalente a 20 Kg de nitrogênio por hectare; controle das plantas daninhas por meio de capinas e catações manuais, realizadas semanalmente durante os primeiros trinta dias que seguiu o transplante; duas pulverizações (aos 30 e 45 DAT) alternando os fungicidas tebuconazole (0,187 g L⁻¹) e thiophanate methyl (0,49 g L⁻¹), visando ao controle de cercosporiose.

Apesar das medidas de controle adotadas, a ocorrência da cercosporiose comprometeu a área foliar e antecipou a senescência das plantas. Assim, a colheita foi realizada no dia 18 de dezembro de 2001 (79 DAS), antes que as raízes atingissem o tamanho comercial ideal, para que as avaliações das características de produção fossem realizadas.

Os dados referentes às características avaliadas na fase de muda e campo foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

As características referentes à fase de campo visaram avaliar o efeito dos tratamentos sobre a produção, ou seja, estande final, rendimento por área e classificação comercial das raízes tuberosas quanto ao diâmetro.

Resultados e discussão

A comercialização de mudas de hortaliças tem se constituído em um importante negócio dentro da olericultura brasileira, cujo padrão de comercialização é o milheiro de mudas. Assim, a

ocorrência de células sem mudas representa custo sem a correspondente receita, logo a porcentagem de células ocupadas com plântulas assume o caráter de indicador de eficiência e adequação dos fatores envolvidos no sistema de produção de mudas. Dentre esses fatores destacam-se aqueles que interferem negativamente no processo de germinação, no qual as características: número de plantas emergidas por célula e porcentagem de células com plântulas indicam o efeito adverso dos tratamentos na germinação.

A emergência variou entre 1,2 e 3,3 plântulas por célula, e a porcentagem de células com plântulas variou entre 48,9% e 94,2% (Tabela 1). A existência de interação significativa mostrou a existência de interdependência dos fatores avaliados, e o efeito significativo dos tratamentos sobre as duas características mostram que, indiretamente, estes influenciaram o processo de germinação.

Não houve efeito significativo de substrato nos diferentes métodos de fornecimento de solução nutritiva (FSN) quanto ao número de plântulas emergidas por célula, porém a redução do número de plântulas emergidas por célula indica que o substrato plantmax influenciou negativamente a germinação quando, logo após a semeadura, as bandejas foram colocadas no tanque de flutuação e lá permaneceu continuamente (M2). Tal resultado expressa o efeito prejudicial do excesso de umidade, continuamente retirada do tanque de flutuação e distribuída por capilaridade para todo o volume de substrato da célula, inclusive para os glomérulos que contêm as sementes de beterraba. Esse excesso de umidade foi verificado no substrato comercial, o que indica menor capacidade de aeração; o que torna crítica a difusão do oxigênio para as sementes; e que, por sua vez, compromete os processos fisiológicos que ocorrem durante o processo germinativo. A diminuição da taxa de germinação, segundo Ferri (1979), ocorre quando a concentração de oxigênio está abaixo do normal, ou seja, menor que 20%.

Como o método de FSN por flutuação promove a saturação dos poros com solução nutritiva, então a aeração pode ser apontada como a limitação mais

Tabela 1. Efeito de substratos e métodos de fornecimento de solução nutritiva na média de plântulas emergidas por célula e na porcentagem de células da bandeja com plântulas de beterraba emergidas. Maringá, Estado do Paraná, UEM, 2001.

Métodos de fornecimento de solução nutritiva	Plântulas emergidas (n.º/célula)		Células com plântulas %	
	Plantmax	Bagaço	Plantmax	Bagaço
M1- Fertirrigação	3,33 a A	3,00 a A	94,2 a A	85,0 a A
M2- Flutuação contínua	1,23 c A	2,10 b A	48,9 c B	74,4 ab A
M3- Flutuação das 10 às 15 h	2,43 b A	2,37 ab A	81,1 ab A	75,7 ab A
M4- Flut. menos 1 semana	2,07 b A	1,77 b A	69,5 b A	63,3 b A
CV (%)	11,56		8,14	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada característica, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

provável para explicar o comprometimento da germinação dos tratamentos M2, em maior proporção com plantmax e menor com o bagaço. Note-se que a interrupção da sub-irrigação a partir das 15 horas (M3) permitiu recuperar a condição de aeração necessária para o processo germinativo.

A maior emergência propiciada pela fertirrigação mostrou ser esse método o mais vantajoso, principalmente quando se utilizou o substrato plantmax, pois permitiu selecionar a plântula mais vigorosa, por ocasião do desbaste, e conferiu maior garantia de aproveitamento da muda. Portanto, durante a fase pré-emergência é conveniente adotar métodos de fornecimento de água ou solução nutritiva que permitam a manutenção de umidade e aeração adequadas. Nesse sentido, obedecendo ao mesmo princípio, os olericultores experientes, a fim de potencializar a taxa de germinação, têm procedido o empilhamento das bandejas após a semeadura e irrigação e em local que permita garantir a manutenção da temperatura e umidade adequadas às exigências da espécie durante o período que antecede a emergência.

Quanto ao efeito dos substratos, verificou-se que o bagaço de cana-de-açúcar teve desempenho comparável ou superior ao do substrato comercial líder de mercado. Portanto, considera-se que as condições físicas influenciam nos teores de umidade e oxigenação (Souza *et al.*, 1995), o que é determinante para a potencialização da germinação, e que o substrato padrão apresenta condições físicas consideradas adequadas à germinação (Menezes Junior *et al.*, 2000), embora esses autores não tenham trabalhado com sub-irrigação. Então, em relação às características relacionadas à germinação, o bagaço de cana-de-açúcar pode ser considerado como alternativa viável ao uso de substratos comerciais, uma medida econômica necessária à viabilização do método de transplante de mudas produzidas em bandejas na produção de beterraba.

As características de crescimento das mudas avaliaram a acumulação de matéria seca nas partes aérea e subterrânea durante o período compreendido entre a emergência e o transplante. Os resultados mostraram efeitos significativos dos tratamentos dentro de cada fator, enquanto que a ausência de efeito significativo da interação mostrou que esses fatores se comportam de modo independente quanto ao crescimento das mudas (Tabela 2).

Entre os métodos de fornecimento de água e nutrientes, o tratamento M2 (flutuação contínua) foi o que propiciou condições fisiológicas mais favoráveis ao crescimento para ambas as

características, provavelmente em função desse sistema proporcionar a pronta e contínua disponibilidade de água e nutrientes para as mudas.

Tabela 2. Efeitos simples de métodos de fornecimento de solução nutritiva e substratos nas fitomassas secas da parte aérea (FSPA) e do sistema radicular (FSSR) das mudas de beterraba. Maringá, Estado do Paraná, UEM, 2001.

Métodos de fornecimento de solução nutritiva	FSPA (g)	FSSR (mg)
M1- Fertirrigação	3,65 c	370,03 b
M2- Flutuação contínua	8,95 a	903,33.a
M3- Flutuação das 10 às 15 h	4,95 b	531,26 b
M4- Flutuação menos 1 semana	4,85 b	678,88 ab
Substratos		
S1- Plantmax-HT®	6,04 a	602,84 a
S2- Bagaço de cana-de-açúcar	5,16 b	638,90 a
CV (%)	11,84	35,55

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados similares foram obtidos por Verdial *et al.* (1998), os quais verificaram que mudas de pimentão que receberam condicionamento nutricional, por meio da utilização do sistema de hidroponia por flutuação *floating*, apresentaram maior crescimento quando comparadas as mudas desenvolvidas fora do tanque de flutuação *floating*. Da mesma forma, Braz *et al.* (2001) ao compararem o sistema de produção de mudas em bandejas flutuantes com o convencional (suspensão com fertirrigação), verificaram que a fitomassa seca da parte aérea das mudas de alface foi maior no sistema flutuante. Tais resultados foram coincidentes com os obtidos por Gambassi *et al.* (2002), em que o método de flutuação resultou em mudas de tomate e alface com melhor desenvolvimento e maior precocidade, quando comparado com o sistema convencional.

Os tratamentos M1, M3 e M4 tiveram o intuito de estimular o crescimento radicular, baseando-se em pesquisas que demonstravam que a restrição ou a limitação temporária do fornecimento de água às mudas na fase pré-transplante aumenta o crescimento, a extensão e a atividade radicular, como relatou Filgueira (2000). Isto visando favorecer o pegamento e a retomada do crescimento após o transplante. Entretanto, os resultados observados neste trabalho com mudas de beterraba não sustentaram tal hipótese.

A relação entre as matérias secas do sistema radicular e da parte aérea variou entre 10% e 14% para os diferentes tratamentos. Isso indica que o crescimento do sistema radicular foi proporcional ao crescimento da parte aérea. Essa é uma característica importante para o desempenho (pegamento e retomada de crescimento pós-transplante) das mudas maiores, o que deve ser creditado ao maior

aporte de reservas. No entanto, resultados contraditórios foram obtidos por Boemo *et al.* (2000), os quais verificaram que o sistema de flutuação induziu o crescimento excessivo das raízes de melão, e apresentou crescimento das mudas semelhante ao sistema de aspersão. Uma das possíveis razões para esse fato, segundo Andriolo (1999), deve-se à deficiência de oxigênio nas raízes.

O maior aporte de reservas, por sua vez, parece estar relacionado com a maior disponibilidade de água e, possivelmente, com a absorção de maiores quantidades de nutrientes no tratamento flutuação contínua, tendo em vista a correlação existente entre o conteúdo de nutrientes e a acumulação de matéria seca nos tecidos vegetais.

Verificou-se que as mudas fertirrigadas apresentaram menor acumulação de matéria seca, no entanto, a proporção dessa na matéria fresca foi até 21% maior do que nos demais métodos de FSN. Nesse caso, possivelmente os tratamentos de flutuação contínua e fertirrigação tenham estabelecido uma amplitude de condições hídricas capaz de determinar variações morfológicas e fisiológicas, tais como o aumento proporcional das paredes celulares, aumento da lignificação (Sanderson *et al.*, 1997) e aumento da espessura epicuticular (Santos, 1994), o que pode significar mudas mais aclimatadas e, portanto, mais resistente ao estresse pós-transplante.

O substrato comercial proporcionou melhores condições de crescimento à parte aérea das mudas de beterraba, em média 17% superior ao bagaço de cana. Esse resultado deve ser atribuído às diferenças de características existentes entre os dois materiais, dentre elas possivelmente as nutricionais, pois o Plantmax®-HT, conforme Cabrera Neto *et al.* (2002), apresenta suficiência de todos os nutrientes minerais, exceto o nitrogênio, enquanto o bagaço de cana é pobre em nutrientes e, devido a sua natureza orgânica, pode complexar algum nutriente e, conseqüentemente, diminuir a sua disponibilidade até níveis limitantes ao crescimento das mudas de beterraba. Todavia, esses efeitos foram exclusivos da parte aérea, não observando-se efeitos significativamente diferentes dos substratos em relação ao crescimento radicular.

Tais resultados não tornam o bagaço contraindicado para o propósito pretendido neste trabalho, pois pequenas diferenças observadas no crescimento das mudas podem ser recuperadas após o transplante, conforme os resultados obtidos nesse experimento, bem como os verificados por Callegari *et al.* (2001) em alface e por Guimarães *et al.* (2002) em beterraba.

Independentemente do substrato utilizado, as características das mudas produzidas nesse trabalho, em bandejas de 288 células, com suprimento hídrico e nutricional contínuo, apresentavam, respectivamente, 227%, 373% e 435% mais matéria seca da parte aérea e 161%, 16% e 173% mais matéria seca do sistema radicular, do que aquelas produzidas por Horta (2000) em bandejas de 128 (54,3 cm³/célula), 200 (27,3 cm³) e 288 (18,8 cm³) células irrigadas por microaspersão de modo a não ocorrer déficit hídrico. Isso indica que o volume de substrato, quando há suficiente suprimento nutricional, não é limitante ao crescimento das mudas de beterraba.

Dentre as vantagens apresentadas pelo sistema de produção de mudas em bandejas destacam-se as melhores condições sanitárias e fisiológicas, o que garante elevados percentuais de sobrevivência pós-transplante e, que por sua vez, foi determinante para atingir a média de 96% do estande final, em relação ao inicial. Esse índice fitotécnico, alcançado pela beterraba, é concordante com os índices obtidos por diversos autores (Minami, 1995; Pereira e Martinez, 1999) que trabalharam com várias espécies de hortaliças, os quais constataram que tal vantagem, apresentada pelo transplante de mudas produzidas em bandeja, contribui para o aumento do rendimento das culturas oleráceas.

Os métodos de fornecimento de solução nutritiva avaliados não apresentaram efeito significativamente diferente no estande final da cultura, o que mostra que tais métodos possibilitam as condições sanitárias e fisiológicas minimamente necessárias para o uniforme estabelecimento da cultura.

Conforme se observa na Tabela 3, os substratos utilizados nas bandejas apresentaram pequenos, porém com significativa diferença (93,6% e 98,3% de sobrevivência, respectivamente, para os substratos Plantmax e bagaço de cana) no estande final, cuja causa necessita ser investigada.

Assim, a superioridade do bagaço de cana-de-açúcar quanto ao estande final o qualifica como um material apropriado como suporte físico da muda, quando os nutrientes são fornecidos por meio de solução nutritiva, contribuindo para a redução de custos.

Andriolo *et al.* (1999) chegaram a resultados semelhantes para a produção comercial do tomateiro, no qual os substratos de baixo custo como a casca de arroz e o húmus proveniente da minhocultura se constituíram em materiais apropriados para o uso como substrato. Esses resultados indicam que outras misturas de materiais podem ser empregadas com sucesso, desde que

apresentem características físicas similares aos substratos alternativos testados.

Tabela 3. Efeito de métodos de fornecimento de solução nutritiva e de substratos no estande final e produção comercial da cultura da beterraba. Maringá, Estado do Paraná, UEM, 2001.

Métodos de fornecimento de solução nutritiva	Estande final (plantas/parcela)	Produção comercial (t ha ⁻¹)
M1- Fertirrigação	30,8a	16,85ab
M2- Flutuação contínua	30,4a	18,58a
M3- Flutuação das 10 às 15 h	30,6a	14,60 c
M4- Flutuação menos 1 semana	30,3a	16,48 bc
Substratos		
S1- Plantmax-HT [®]	29,9 b	16,48a
S2- Bagaço de cana-de-açúcar	31,4a	16,60a
CV (%)	3,95	6,78

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As vantagens fisiológicas conferidas pelo sistema de flutuação contínua, que proporcionou o maior crescimento da parte aérea das mudas, persistiu na fase pós-transplante resultando em maior produção de raízes tuberosas. Tal resultado está parcialmente de acordo com os observados por Santos *et al.* (2000), os quais obtiveram incremento de até 70% na produtividade da beterraba com o transplante de mudas maiores, oriundas de bandejas fertirrigadas com solução nutritiva. Todavia, no presente trabalho, embora a fertirrigação não tenha sido o tratamento mais favorável ao crescimento das mudas, resultou em produtividade estatisticamente semelhante à flutuação contínua.

Quanto ao efeito dos substratos, observa-se nas Tabelas 2 e 3, respectivamente, que o substrato comercial proporcionou maior crescimento da parte aérea das mudas, e o bagaço maior sobrevivência das plantas após o transplante. Essas condições, aparentemente mostraram-se compensatórias, pois as produtividades alcançadas (Tabela 3) não diferiram estatisticamente. Portanto, indiretamente, os resultados referentes à emergência, ao crescimento das mudas e estabelecimento das culturas, indicam a viabilidade do uso alternativo do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de mudas de beterraba em bandeja, quando houver

suprimento regular de água e nutrientes. Isso em decorrência da aparente inexistência de restrições químicas, físicas ou biológicas do material.

A produtividade da cultura da beterraba, segundo Filgueira (2000), varia de 20 t/ha até 35 t/ha de raízes tuberosas, enquanto o rendimento alcançado neste experimento variou de 14,6 t/ha a 18,6 t/ha. Tal resultado deve ser atribuído à suscetibilidade da cultivar híbrida Scarlet Supreme em relação a *Cercospora beticola* e às condições de altas umidade e temperatura, ocorridas durante a fase experimental, as quais foram favoráveis à doença e desfavoráveis à cultura. Apesar das aplicações de chlorotalonil e tebuconazole, o controle foi mal sucedido, resultando em sério comprometimento da superfície fotossintética, desfolha precoce e, conseqüentemente, redução do rendimento.

A classificação das raízes tuberosas, quanto ao diâmetro, não mostrou efeito significativo dos tratamentos para as classes: menor (<4,0 cm), intermediária (entre 5,0 cm e 6,0 cm) e maior (>7,0 cm), enquanto nas classes extra (4,0 cm a 5,0 cm) e extra AA (6,0 a 7,0 cm) os tratamentos flutuação das 10 às 15h e Flutuação contínua apresentaram efeitos inversos, porém sem diferirem significativamente dos demais tratamentos (Tabela 4).

Tal efeito inverso evidencia a vantagem qualitativa do fornecimento contínuo de solução nutritiva às mudas, o que favoreceu o crescimento das mudas e, por sua vez, favoreceu a produção de maior proporção de raízes na classe de maior valor comercial. Por outro lado, a interrupção do fornecimento de solução nutritiva entre as quinze e as dez horas do dia seguinte mostrou-se desvantajosa ao determinar o decréscimo do percentual de produção de raízes da classe extra AA e proporcional aumento na classe extra.

Portanto, dos pontos de vista quantitativo (produção total) e qualitativo (percentual da produção classificada nas classes de maiores diâmetros, principalmente entre 6,0 cm e 7,0 cm), os tratamentos correspondentes a fertirrigação e

Tabela 4. Efeito de métodos de fornecimento de solução nutritiva e substratos na porcentagem de raízes tuberosas de beterraba classificadas quanto ao diâmetro. Maringá, Estado do Paraná, UEM, 2001.

Métodos de fornecimento de solução nutritiva	Descarte	Extra	Extra A	Extra AA	Graúda
M1- Fertirrigação	5,77a	23,35ab	36,31a	24,40ab	8,16a
M2- Flutuação contínua	4,90a	21,66 b	34,99a	29,35a	7,51a
M3- Flutuação das 10 às 15h	7,60a	29,42a	38,81a	18,40 b	4,95a
M4- Flutuação menos 1 semana	5,88a	27,57ab	34,55a	22,88ab	10,00a
Substratos					
S1- Plantmax-HT [®]	7,21a	28,32a	35,69a	21,31a	5,45a
S2- Bagaço de cana-de-açúcar	4,96a	25,91a	37,01a	21,86a	9,36
CV (%)	27,75	17,15	17,04	24,47	72,62

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade. Nota: Descarte (diâmetro menor que 4,0 cm), classe Extra (diâmetro de 4,0 cm a 5,0 cm), Extra A (diâmetro de 5,0 cm a 6,0 cm), classe Extra AA (diâmetro de 6,0 cm a 7,0 cm) e gráuda (diâmetro maior que 7,0 cm).

flutuação contínua mostraram-se mais indicados, inclusive, dos pontos de vista da praticidade e da economicidade dos sistemas de manejo, ou seja, a fertirrigação exige apenas o suporte para manter as bandejas suspensas e a instalação do sistema de fertirrigação; a flutuação contínua necessita apenas do tanque de flutuação, enquanto os demais tratamentos exigem as duas estruturas e mais mão-de-obra para proceder a movimentação das bandejas.

Conclusão

Os resultados obtidos mostraram ser viável, sob o ponto de vista técnico, o emprego do bagaço de cana-de-açúcar como substrato alternativo para a produção de mudas de beterraba em bandejas de 288 células, quando há o adequado fornecimento hídrico e nutricional – como se deu nos casos da fertirrigação e flutuação contínua em solução nutritiva – visando à redução dos custos da formação das mudas, desde que as bandejas sejam levadas ao tanque de flutuação a partir do início da emergência das plântulas.

Referências

- ANDRIOLO, J.L. *et al.* Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 17, n. 3, p. 215-219, 1999.
- BOEMO, M.P. *et al.* Comparação de crescimento de mudas de tomateiro e melão nos sistemas de irrigação por aspersão, sub-irrigação e “floating”. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 18 (Suplemento), p. 560-561, 2000.
- BRAZ, L.T. *et al.* Produção e avaliação de alface provenientes de mudas produzidas em sistema flutuante e convencional. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 19, 2001. Suplemento.
- CABRERA NETO, H.C. *et al.* Avaliação da suplementação de micronutrientes na produção de mudas de beterraba em bandeja no sistema hidropônico de flutuação. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2002, Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002. (CD-Rom).
- CALLEGARI, O. *et al.* Variações do ambiente e de práticas culturais na formação de mudas e na produtividade da alface (*Lactuca sativa* L., cv. Elisa). *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1117-1122, 2001.
- CAMARGO FILHO, W.P.; MAZZEI, A.R. Hortaliças prioritárias no planejamento da produção orientada: estacionalidade da produção e dos preços. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 24, p. 9-54, 1994.
- CARMELLO, Q.A.C. Nutrição e adubação de mudas hortícolas. In: MINAMI, K. (Ed.). *Produção de mudas de alta qualidade em horticultura*. São Paulo: T. A. Queiroz. 1995. cap. 5, p.27-37.
- FERREIRA, M.D.; TIVELLI, S.W. *Cultura da Beterraba: recomendações gerais*. Guaxupé: Cooxupé, 1989. 14p. (Boletim Técnico de Olericultura, n.2).
- FERRI, M. G. *Fisiologia vegetal*. v. São Paulo: EPU, 1979.
- FILGUEIRA, F.A.R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: Editora UFV. 2000.
- FONSECA, T.G. *Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação*. 2001. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- FURLANI, P.R. *Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT*. Campinas: IAC. 1998. (Boletim Técnico, 168).
- GAMBASSI, J.R.G. *et al.* Produção de mudas de hortaliças no sistema flutuante e convencional, utilizando diferentes composições e substratos. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 20 (Suplemento 2), n. 2, 2002.
- GONÇALVES, A.L. Substratos para a produção de mudas de plantas ornamentais. In: MINAMI, K. (Ed.). *Produção de mudas de alta qualidade em horticultura*. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995. cap. 14, p. 107-115.
- GUIMARÃES, V.F. *et al.* Métodos de produção de mudas, distribuição de matéria seca e produtividade de plantas de beterraba. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 20, n. 3, p. 505-509, 2002.
- GRUPO EUCATEX. *Sistemas e insumos plantmax para a agricultura*. São Paulo: Eucatex, 1990.
- HORTA, A. C. S. *Avaliação de métodos de plantio na produção da beterraba (Beta vulgaris var. conditiva)*. 2000. Tese (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2000.
- HORTA, A.C.S. *et al.* Interferência de plantas daninhas na beterraba transplantada e semeada diretamente. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 26, n. 1, p. 47-53, 2004.
- MCKEE, J.M.T. Physiological aspects to transplanting vegetables and other crops. I. Factors which influence re-establishment. *Hortic. Abstr.*, Farnham Royal, v. 51, p. 355-369, 1981.
- MENEZES JÚNIOR, F.O.G. *et al.* Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 18, n. 3, p. 164-170, 2000.
- MINAMI, K. *Produção de mudas de alta qualidade em horticultura*. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995.
- PEREIRA, P.R.G.; MARTINEZ, H.E.P. Produção de mudas para o cultivo de hortaliças em solo e hidroponia. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 20, p. 24-31, 1999.
- PEREIRA, P.R.G.; PUIATTI, M. Produção de mudas de hortaliças para o cultivo em solo e hidroponia. In: FONTES, P. C. R. (Ed.). *Olericultura: teoria e prática*. Viçosa: Paulo Cezar Rezende Fontes, 2005. cap. 8, p. 93-112.
- SANDERSON, M.A. *et al.* Physiological and

- morphological responses of perennial forager to stress. *Adv. Agron.*, Stephenville, v. 54, p. 171-224, 1997.
- SANTOS, H.S. Comportamento fisiológico de hortaliças em ambiente protegido. In: ENCONTRO DE HORTALIÇAS, 9-ENCONTRO DE PLASTICULTURA DA REGIÃO SUL, 6., 1994, Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1994. p. 22-24.
- SANTOS, H.S. *Efeito de sistemas de manejo do solo e de métodos de plantio na produção da alface (Lactuca sativa L.) em abrigo com solo naturalmente infestado com Meloidogyne javanica*. 1995. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.
- SANTOS, H.S. Instruções praticas para produção de mudas de hortaliças em bandejas. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. (Boletim de Olericultura, 1).
- SANTOS, H.S. et al. Fertirrigação de mudas de beterraba produzidas em bandejas. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 18, p. 554-555, 2000.
- SILVA, G.C. *Outros usos da hidroponia: produção de plantas* [Boletim 3a] Disponível em: <<http://sites.uol.com.br/kidmais/boletim3.html>>. Acesso em: 15 dez. 2002.
- SOUZA, J.A. de et al. *Produção de mudas de hortaliças em recipiente*. Rio Branco: Embrapa-CPAF/AC, 1997.
- SOUZA, M.M. et al. Avaliação de substratos para o cultivo de crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat., Compositae) “White Polaris” em vasos. *Rev. Bras. Hortic. Orn.*, Campinas, v. 1, n. 2, p. 71-77, 1995.
- SOUZA, R.J. de; FERREIRA, A. Produção de mudas de hortaliças em bandejas: economia de sementes e defensivos. *A Lavoura*, São Paulo, n. 623, p. 19-21, 1997.
- VERDIAL, M.F. et al. Influência do sistema “floating” no condicionamento e crescimento de mudas de pimentão (*Capsicum annum* L.). *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 55, p. 25-28, 1998.

Received on October 21, 2004.

Accepted on September 13, 2005.