

HÚMUS DE ESTERCO BOVINO E CASCA DE ARROZ CARBONIZADA COMO SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE BOCA-DE-LEÃO

Gerusa Pauli Kist STEFFEN,¹ Zaida Inês ANTONIOLLI,¹ Ricardo Bemfica STEFFEN¹ & Rogério BELLÉ²

¹Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, n.1000, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: ge.pauli@yahoo.com.br

²Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Av. Roraima, n.1000, CEP: 97105-900, Santa Maria/RS/Brasil.

Steffen, G. P. K., Z. I. Antonioli, R. B. Steffen & R. Bellé. 2010. Húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substrato para a produção de mudas de boca-de-leão. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, Número Especial 2: 345-357.

RESUMO. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes substratos constituídos à base de casca de arroz carbonizada e húmus de minhoca na produção comercial de mudas de boca-de-leão (*Antirrhinum majus* L.). O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Santa Maria, RS, no período de setembro a outubro de 2007. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições, cada uma constituída por 72 alvéolos. As determinações realizadas nos substratos foram: densidade do substrato, porosidade total, espaço aéreo, água disponível e água remanescente como características físicas e potencial de hidrogênio, teor de macronutrientes e matéria orgânica como características químicas, além da avaliação da consistência do torrão. Nas plantas, foram determinadas: a altura, o número de pares de folhas e a biomassa fresca e seca da parte aérea. A casca de arroz carbonizada e o húmus podem ser utilizados para a constituição de substratos para a produção comercial de mudas, exceto na forma pura. Os maiores valores de massa seca, altura da muda e número de pares de folhas, foram observados nas mudas produzidas nos substratos cuja densidade encontrou-se na faixa de 0,18 a 0,33 g cm⁻³, sendo que estes mesmos substratos apresentaram os maiores valores de estabilidade do torrão. Concluiu-se que os substratos casca de arroz carbonizada e húmus de minhoca nas proporções de 80% casca de arroz carbonizada e 20% húmus, 60% casca de arroz carbonizada e 40% húmus, 50% casca de arroz carbonizada e 50% húmus e 40% casca de arroz carbonizada e 60% húmus apresentam potencial para serem utilizados para a produção de mudas de boca-de-leão.

Palavras chave: Vermicomposto, *Antirrhinum majus*, minhocultura.

Steffen, G. P. K., Z. I. Antonioli, R. B. Steffen & R. Bellé. 2010. Vermicompost de estiércol bovino y de cáscara de arroz carbonizada como sustratos para la producción de plántulas de perrito de corte. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, Número Especial 2: 345-357.

RESUMEN. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de diferentes substratos constituidos a base de cáscara de arroz carbonizada y humus de lombrices en la producción comercial de plántulas de perrito de corte (*Antirrhinum majus* L). El experimento fue conducido en invernadero en la Universidad Federal de Santa María, RS, en el periodo de septiembre a octubre de 2007. El delineamiento experimental fue enteramente casualizado, con siete tratamientos y cuatro repeticiones, cada una constituida por 72 alvéolos. Las determinaciones realizadas en los substratos fueron: densidad del substrato, porosidad total, espacio aéreo, agua disponible y agua remaneciente, potencial de hidrógeno, tenor de macronutrientes, materia orgánica y consistencia de terrón. En las plantas, fueron determinadas: la altura, el número de pares de hojas y la biomasa fresca y seca de la parte aérea. La cáscara de arroz carbonizada y el humus pueden ser utilizados para la constitución de substratos para la producción comercial de plántulas, excepto en la forma pura. Los mayores valores de masa seca, altura de la plántula y número de pares de hojas fueron observados en las plántulas producidas en substratos cuya densidad se encontraba en el rango de 0,18 a 0,33 g cm⁻³, siendo que estos mismos substratos presentaron los mayores valores de estabilidad del terrón. Se concluyó que los substratos cáscara de arroz y humus de lombriz en las proporciones de 80% cáscara de arroz carbonizada y 20% humus, 60% cáscara de arroz carbonizada y 40% humus, 50% cáscara de arroz carbonizada y 50% humus y 40% cáscara de arroz carbonizada y 60% humus presentan potencial para ser utilizados para la producción de plántulas de perrito de corte.

Palabras clave: Humus de lombrices, *Antirrhinum majus*, lombricultura.

INTRODUÇÃO

Substrato pode ser definido como sendo o meio em que as raízes das plantas desenvolvem-se quando não cultivadas no solo *in situ*, apresentando como principal função conceder suporte às plantas, podendo ainda regular a disponibilidade de água e nutrientes (Kämpf 2000). Atualmente, a utilização de substratos em sistemas de produção de plantas comparativamente aos cultivos em solo, apresenta algumas vantagens, como o fornecimento de nutrientes em doses e épocas mais adequadas, a diminuição do risco de salinização do meio radicular, a possibilidade de manejar a água mais adequadamente, além da redução da ocorrência de problemas fitossanitários, os quais influenciam diretamente no rendimento e na qualidade final dos produtos (Andriolo *et al.* 1999).

Além do interesse na utilização de substratos apropriados para o desenvolvimento das plantas, cada vez mais existe a preocupação de aproveitar resíduos agroindustriais, visando a redução dos custos de produção e da poluição ambiental. Neste sentido, vários trabalhos vêm sendo realizados com casca de arroz carbonizada (Gauland 1997, Couto *et al.* 2003), casca de arroz natural (Carijo *et al.* 2004, Kist *et al.* 2007), compostos de lixo urbano (Costa *et al.* 2001) e húmus (Couto *et al.* 2003, Diniz *et al.* 2006, Domínguez *et al.*, este número), entre outros, visando a utilização destes materiais como substrato para a produção de mudas.

Na produção comercial de mudas em pequenos recipientes, as características físicas do substrato são fundamentais, devendo haver um equilíbrio adequado entre os seus constituintes, de forma a prover uma adequada relação entre macro e microporosidade do substrato (Lopes *et al.* 2005). Outro aspecto importante na produção

de mudas é a utilização de substratos agrícolas e produtos que apresentam elevada disponibilidade e baixo custo na região (Andriolo *et al.* 1999, Fontes *et al.* 2004). Este é o caso do resíduo da industrialização do arroz no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

No Brasil, anualmente são produzidas mais de 13 milhões de toneladas de grãos de arroz (IRGA 2005), o que gera aproximadamente, 2,6 milhões de toneladas de casca de arroz. Este resíduo é queimado na maioria dos engenhos como fonte de calor para a secagem dos grãos, sendo que, quando apagado logo após a combustão, gera um produto de excelentes características para ser utilizado como substrato para a propagação de plantas.

Nos últimos anos, a casca de arroz carbonizada passou a ser intensamente utilizada como substrato para plantas, tanto na forma pura como misturada a outros materiais, em função de suas características favoráveis. Apresenta baixa capacidade de retenção de água, drenagem rápida e eficiente, proporcionando boa oxigenação para as raízes, elevado espaço de aeração ao substrato, resistência à decomposição, relativa estabilidade de estrutura, baixa densidade e pH próximo à neutralidade (Mello 2006). Por apresentar baixa densidade, a casca de arroz carbonizada proporciona melhor escoamento de excesso de água, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular (Mauad *et al.* 2004). Segundo Couto *et al.* (2003), a adição de casca de arroz carbonizada a outros materiais constitui um importante aliado na melhoria das propriedades físicas do substrato final. No entanto, por necessitar de irrigação constante, seu uso como substrato puro torna-se inconveniente em cultivos comerciais (Mello 2006), mas excelente na propagação de plantas por estaquia.

Outro material com potencial para ser utilizado como substrato para o desenvolvimento de plantas é o vermicomposto ou húmus produzido com minhocas (Domínguez *et al.*, este número). Este consiste em um produto estável e homogêneo, de coloração escura, inodoro, de textura leve, rico em nutrientes, formado a partir da transformação de resíduos orgânicos com a participação de minhocas (Lee 1985, Aquino & Nogueira 2001, Antonioli *et al.* 2002). A utilização de vermicomposto bovino como adubo orgânico eleva os teores de matéria orgânica, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, sódio, boro, ferro e zinco, e reduz os teores de alumínio, cobre e manganês no solo. Além de elevar a fertilidade do solo, a aplicação de húmus de minhoca promove mudanças positivas nos atributos físicos e biológicos, interferindo positivamente nas diversas populações de organismos edáficos (Vitti 2006), reduzindo a incidência de pragas e doenças (Domínguez *et al.*, este número), aumentando o crescimento das plantas (Edwards 2004).

Sabe-se que a atividade das minhocas pode influenciar direta ou indiretamente o crescimento vegetal (Brown *et al.* 2004), sendo o húmus considerado um bioestimulador do crescimento das plantas (Domínguez *et al.*, este número). No entanto, até o momento, existem poucos dados sobre a eficiência da utilização de húmus no de-

envolvimento de vegetais, por terem sido avaliadas poucas espécies de minhocas e plantas (Scheu 2003). Este fato, provavelmente, seja um dos responsáveis pela reduzida utilização de húmus nos processos de produção comercial de mudas de espécies florestais, olerícolas e ornamentais.

Sabendo-se da deficiência de informações relacionadas à utilização de húmus e casca de arroz carbonizada como substratos para a produção de mudas de espécies ornamentais, aliada à problemática ambiental provocada pela deposição de casca de arroz no ecossistema, este trabalho teve como objetivo avaliar a possibilidade de uso de húmus e casca de arroz carbonizada como substratos na produção comercial de boca-de-leão (*Antirrhinum majus* L.), visando uma alternativa para o aproveitamento da casca de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, nos meses de setembro e outubro de 2007, no Setor de Floricultura e Paisagismo do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

As bandejas utilizadas para a produção de mudas de boca-de-leão foram dispostas em bancadas de concreto, distribuídas na direção norte-sul, com dimensões de 1 m de largura por 2,5 m de comprimento.

Foram avaliadas as combinações de dois substratos quanto à eficiência na produção de mudas de boca-de-leão: húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada. O húmus utilizado no experimento para a formação dos substratos foi obtido no minhocário do Departamento de Solos da UFSM, sendo produzido por minhocas da espécie *Eisenia andrei* Bouché, 1972 a partir de esterco curtido de bovinos criados em sistema de confinamento. Antes da instalação do experimento, o húmus foi peneirado em malha de 2 mm. A casca de arroz utilizada foi obtida no município de Santa Maria, carbonizada e peneirada em peneira de malha triangular 5/64 C para a eliminação de partículas remanescentes de carvão e cinzas, as quais provocam o fechamento dos poros do substrato, prejudicando o desenvolvimento das plantas (Kämpf 2000).

Os tratamentos foram definidos por diferentes proporções de húmus (H) e casca de arroz carbonizada (CAC), utilizando-se o critério volume por volume. Foram constituídos sete tratamentos: casca de arroz carbonizada 100% (CAC100); casca de arroz carbonizada 80% e húmus 20% (CAC80H20); casca de arroz carbonizada 60% e húmus 40% (CAC60H40); casca de arroz carbonizada 50% e húmus 50% (CAC50H50); casca de arroz carbonizada 40% e húmus 60% (CAC40H60); casca de arroz carbonizada 20% e húmus 80% (CAC20H80) e húmus 100% (H100).

As misturas foram realizadas com os componentes levemente umedecidos para facilitar a homogeneização dos mesmos e evitar a perda de substrato pelos orifícios dos alvéolos das bandejas. O umedecimento do substrato antes do enchimento dos

alvéolos teve como objetivo evitar a redução do espaço de aeração, visto que a adição de água a componentes secos provoca a hidratação e o aumento de tamanho dos mesmos, formando agregados que reduzem o espaço poroso do substrato (Bailey *et al.* 2000).

As unidades experimentais foram bandejas plásticas marca Kiforma Plásticos LTDA contendo 288 alvéolos quadrangulares com volume individual de 9 mL. Cada bandeja foi subdividida em quatro parcelas de 72 alvéolos.

O sistema de reposição de umidade adotado no experimento foi o de subirrigação, o qual foi instalado no interior de uma casa de vegetação, sobre uma bancada de concreto recoberta por plástico transparente e resistente, formando piscinas individualizadas. As bandejas permaneceram neste sistema durante 25 dias. Posteriormente, a irrigação passou a ser diária e localizada, conforme a necessidade dos substratos até a avaliação do experimento, 34 dias após a semeadura. O cultivar utilizado foi Potomac Light Rose pertencente ao Grupo III (Corr & Laughner 1998).

As avaliações nas mudas de boca-de-leão foram realizadas 34 dias após a semeadura. Os parâmetros avaliados na planta foram: altura da muda, número de pares de folhas e massa fresca e seca da parte aérea. Nos substratos foram avaliados: densidade do substrato (Ds), porosidade total (Pt), espaço aéreo (EA) e água disponível (AD) como características físicas e potencial de hidrogênio, teor de macronutrientes e matéria orgânica como características químicas, além da avaliação da consistência do torrão.

As análises físicas foram realizadas no laboratório de Física do Solo da UFSM e as análises químicas realizadas no laboratório de Análises de Rotina da UFSM. Para a avaliação da estabilidade do torrão por escala de notas, considerou-se a coesão do torrão no momento da retirada da planta do alvéolo (Fig. 1).

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições, sendo cada repetição constituída por 72 plantas. Para a avaliação dos parâmetros nas plantas e da estabilidade do torrão, utilizaram-se dez plantas por repetição.

Os dados de altura da muda, número de pares de folhas, fitomassa e estabilidade do torrão foram transformados para raiz quadrada de $x + 0,5$, por não apresentarem distribuição normal, e submetidos à análise de variância e comparação das médias pelo teste de Scott-Knott em 5% de probabilidade de erro, através do software estatístico SISVAR (Ferreira 2000).

RESULTADOS

Os tratamentos constituídos por CAC40H60, CAC50H50, CAC60H40 e CAC80H20 produziram mudas de boca-de-leão com melhor qualidade, quando comparados aos demais substratos avaliados. Embora estes tratamentos não tenham apresentado dife-



Foto: Gerusa Pauli Kist Steffen

Figura 1. Escala de notas para estabilidade do torrão de mudas de boca-de-leão produzidas em substratos compostos por diferentes proporções de húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada. Nota 1: 50% ou mais do torrão fica retido no recipiente na retirada da muda; 3: 30% ou mais do torrão fica retido no recipiente na retirada da muda; 5: torrão destaca-se do recipiente, porém não permanece coeso; 7: torrão é destacado completamente do recipiente e mais de 90% dele permanece coeso.

renças estatísticas, os valores médios de altura da planta, número de pares de folhas e fitomassa tenderam a ser maiores no tratamento constituído pela proporção 40% casca de arroz carbonizada e 60% húmus (Tabela I).

O húmus, embora tivesse elevada fertilidade para as plantas (Tabela II), quando utilizado puro dificultou o crescimento das mudas em função de algumas de suas propriedades físicas. O húmus apresentou maior densidade e retenção de água quando comparado à casca de arroz carbonizada (Tabela III), e quanto maior a proporção de húmus em relação à casca de arroz carbonizada, maior foi o adensamento do substrato (Fig. 2 A), o que resultou em uma diminuição do espaço de aeração (Tabela III). Não obstante, todos os substratos avaliados neste trabalho apresentaram valores de espaço de aeração superiores aos exigidos pela espécie utilizada (Tabela III), sendo maiores os valores quanto maior a proporção de casca de arroz carbonizada no substrato.

Os valores de porosidade total dos substratos apresentaram pequena variação, variando de 80,1%, no substrato CAC100 a 82,9% nos substratos CAC50H50 e CAC40H60 (Tabela III). No entanto, ocorreram grandes variações nos volumes de macro e microporosidade dos substratos (Fig. 3). O aumento na proporção de húmus nos substratos aumentou o percentual de microporos ao mesmo tempo em que reduziu o percentual de macroporos, sendo que o valor mínimo de macroporos observado nos substratos (45,2% no substrato húmus 100%) foi superior à macroporosidade

Tabela I. Altura da muda, número de folhas, fitomassa fresca das mudas de boca-de-leão e avaliação da estabilidade do torrão em alvéolos contendo os substratos à base de casca de arroz carbonizada 100% (CAC100), casca de arroz carbonizada 80% e húmus 20% (CAC80H20), casca de arroz carbonizada 60% e húmus 40% (CAC60H40), casca de arroz carbonizada 50% e húmus 50% (CAC50H50), casca de arroz carbonizada 40% e húmus 60% (CAC40H60), casca de arroz carbonizada 20% e húmus 80% (CAC20H80) e húmus 100% (H100). Média de quatro repetições.

Substratos	Altura da muda (mm)	Pares de folhas	Fitomassa fresca (mg)	Estabilidade do torrão
CAC100	23,42 b ¹	2,85 b	47,37 b	1,95 b
CAC80H20	35,42 a	3,32 a	131,37 a	4,55 a
CAC60H40	32,45 a	3,17 a	119,50 a	3,45 a
CAC50H50	34,60 a	3,22 a	145,30 a	3,90 a
CAC40H60	36,25 a	3,50 a	137,12 a	3,50 a
CAC20H80	21,84 b	2,97 b	61,21 b	1,10 b
H100	20,72 b	2,95 b	59,65 b	1,50 b
CV (%) ²	6,57	3,53	17,72	21,80

¹ Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

² Coeficiente de variação.

Tabela II. Características químicas dos substratos constituídos por casca de arroz carbonizada 100% (CAC100), casca de arroz carbonizada 80% e húmus 20% (CAC80H20), casca de arroz carbonizada 60% e húmus 40% (CAC60H40), casca de arroz carbonizada 50% e húmus 50% (CAC50H50), casca de arroz carbonizada 40% e húmus 60% (CAC40H60), casca de arroz carbonizada 20% e húmus 80% (CAC20H80) e húmus 100% (H100), antes da semeadura.

Tratamento	MO (%)	pH água 1:1	—mg dm ⁻³ —		—Cmol _c dm ⁻³ —		CTC efet.
			P	K	Ca	Mg	
CAC100	1,5	6,8	50	428	1,4	0,7	3,2
CAC80H20	2,8	6,8	76	760	4,4	3,0	9,3
CAC60H40	8,9	6,9	76	800	8,0	5,5	15,5
CAC50H50	8,4	6,5	76	800	14,1	7,0	23,1
CAC40H60	11,5	6,8	76	800	15,3	5,5	22,8
CAC20H80	10,5	6,9	76	800	17,2	7,2	26,4
H100	15,6	6,8	76	800	22,3	8,0	32,3

mínima descrita na literatura (Libardi 2005). A casca de arroz carbonizada apresentou comportamento diferenciado em relação à capacidade de armazenamento de ar e retenção de umidade (Tabela III), quando comparada ao húmus, devido à maior macroporosidade (Fig. 3).

Tabela III. Porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água disponível (AD) e água remanescente (AR₁₀₀) dos substratos constituídos por casca de arroz carbonizada 100% (CAC100), casca de arroz carbonizada 80% e húmus 20% (CAC80H20), casca de arroz carbonizada 60% e húmus 40% (CAC60H40), casca de arroz carbonizada 50% e húmus 50% (CAC50H50), casca de arroz carbonizada 40% e húmus 60% (CAC40H60), casca de arroz carbonizada 20% e húmus 80% (CAC20H80) e húmus 100% (H100).

Substratos	PT* cm ³ cm ⁻³	EA* cm ³ cm ⁻³	AD* cm ³ cm ⁻³	AR ₁₀₀ * cm ³ cm ⁻³
CAC100	0,801	0,679	0,069	0,053
CAC80H20	0,823	0,582	0,109	0,133
CAC60H40	0,823	0,500	0,130	0,192
CAC50H50	0,829	0,447	0,155	0,226
CAC40H60	0,829	0,387	0,180	0,262
CAC20H80	0,813	0,321	0,191	0,301
H100	0,817	0,219	0,239	0,360
Ideal ¹	0,85	0,20-0,30	0,24-0,40	0,25-0,30

* Pt = porosidade total; EA = espaço de aeração; AD = água disponível (10-100 hPa); AR₁₀₀ = Água Remanescente.

¹Valores ideais citados na literatura para os parâmetros avaliados: Pt e AR₁₀₀, Verdonck & Gabriels (1988); EA, Abad & Noguera (2000); AD, De Boodt & Verdonck (1972).

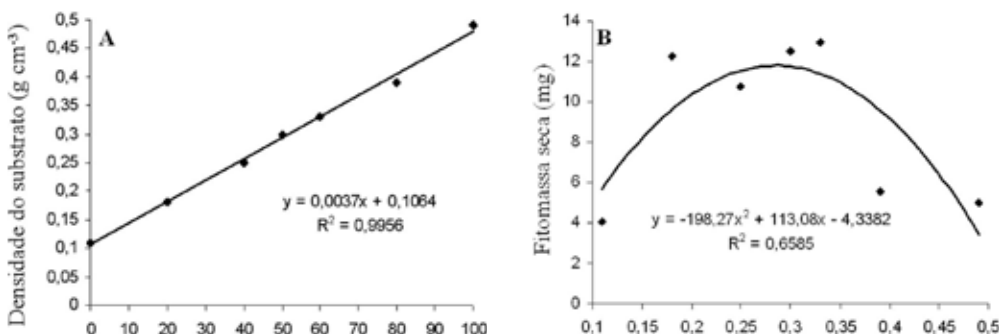


Figura 2. Relação entre proporção de húmus adicionado à casca de arroz carbonizada com a densidade do substrato (A) e fitomassa seca das mudas com a densidade do substrato (B).

A determinação da estabilidade do torrão buscou avaliar a capacidade do substrato em permanecer aderido às raízes da muda no momento do transplante das mesmas. Para a avaliação da estabilidade do torrão, utilizou-se uma escala de notas para a estabilidade do torrão, a qual foi previamente determinada (Fig. 1). Os tratamentos que apresentaram as melhores notas para estabilidade do torrão foram os mesmos que apresentaram plantas com sistema radicular mais desenvolvido, sendo os constituídos por CAC40H60, CAC50H50, CAC60H40 e CAC80H20 (Tabela I). Os substratos

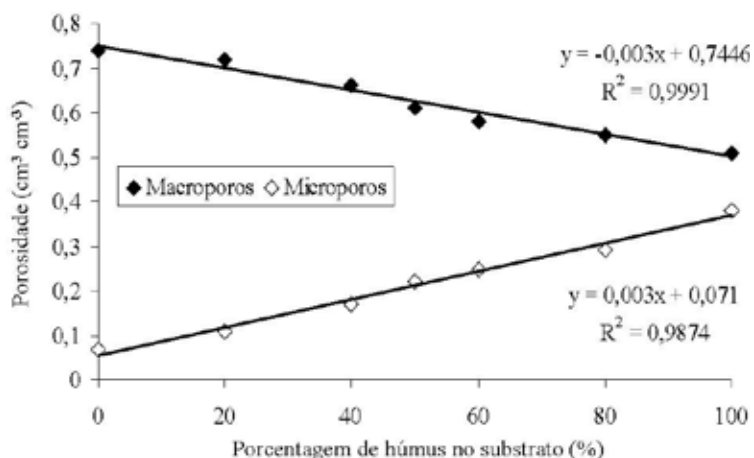


Figura 3. Relação entre a proporção de húmus adicionado ao substrato e a macro e microporosidade dos substratos.

compostos por H100, CAC100 e CAC20H80 apresentaram as menores notas para estabilidade de torrão (Tabela I).

Em relação aos parâmetros químicos analisados nos substratos, observou-se um aumento no teor de matéria orgânica, cálcio, magnésio e CTC efetiva à medida que se elevou a proporção de húmus adicionado à casca de arroz (Tabela II). Os valores de pH dos substratos (6,5 a 6,9) utilizados neste estudo foram mais elevados do que os considerados ideais para o desenvolvimento da maioria das plantas em recipientes.

DISCUSSÃO

Verificou-se que o aumento das proporções de húmus adicionadas à casca de arroz carbonizada proporcionou elevação nos valores de densidade do substrato, água disponível, água remanescente e porosidade total, reduzindo o espaço de aeração. As alterações físicas, assim como as mudanças químicas observadas nos substratos a partir do incremento da quantidade de húmus adicionada à casca de arroz carbonizada, estão intimamente relacionadas ao desenvolvimento das mudas de boca-de-leão.

Os tratamentos que não favoreceram o desenvolvimento das mudas de boca-de-leão foram os constituídos por CAC100, H100 e CAC20H80. Provavelmente, estes resultados estejam relacionados à menor capacidade da casca de arroz carbonizada em disponibilizar nutrientes (Tabela II) e água (Tabela III) para as mudas. Isto pode dificultar o desenvolvimento das plantas e inviabilizar a sua utilização como substrato na forma pura. Em substratos constituídos puramente por casca de arroz, a água disponível diminui rapidamente, exigindo irrigações mais freqüentes (Andriolo *et al.* 1999).

O húmus apresentou maior densidade e retenção de água quando comparado à casca de arroz carbonizada. No entanto, por apresentar menor espaço de aeração, significa que houve menor aeração do substrato, pois embora o húmus apresente alta porosidade total ($0,817 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), o espaço poroso está ocupado com grande quantidade de microporos (36,6% da porosidade total), o que eleva sua capacidade em armazenar água e reduz a aeração. Possivelmente, esse seja o principal fator responsável pelo baixo crescimento das mudas de boca-de-leão no substrato 100% húmus, o que foge da faixa ideal proposta por alguns autores (Tabela I).

Os dados das propriedades físicas foram semelhantes aos encontrados por Mauad *et al.* (2004), os quais determinaram a densidade, o arejamento, a porosidade e a retenção de água da casca de arroz carbonizada e do húmus. Através de análises físicas nos substratos, os autores também observaram maior porosidade e capacidade do húmus em reter água, assim como sua menor capacidade de oxigenação, quando comparado à casca de arroz carbonizada. Segundo estes autores, o húmus apresenta porosidade total em torno de 59,5%, alta capacidade de retenção de água (42,2%) e baixa capacidade de arejamento (17,3%) em função da menor macroporosidade. A casca de arroz carbonizada, por sua vez, quando comparada ao húmus, apresenta menor porosidade (51,8%) e menor retenção de água (17,6%), porém, maior capacidade de arejamento (34,2%), devido à menor presença de microporos e maior presença de macroporos, os quais são responsáveis pelas trocas gasosas nos substratos (Mauad *et al.* 2004).

O aumento nos valores de densidade do substrato, conforme aumento da proporção de húmus em relação à casca de arroz, pode apresentar efeitos benéficos como promover a germinação de sementes, aumentando o contato entre a semente e o substrato, reduzir a perda de água do substrato por evaporação, aumentar a ramificação e a formação de raízes secundárias, permitindo que as raízes explorem mais o substrato para absorção de nutrientes (Libardi 2005). Porém, devido a fatores como diminuição da porosidade total, com conseqüente diminuição do espaço aéreo, as densidades superiores a $0,3 \text{ g cm}^{-3}$ resultaram em uma menor fitomassa seca das mudas (Fig. 2 B).

A avaliação da porosidade total do substrato é de suma importância para a interpretação da dinâmica de crescimento das plantas. A taxa de infiltração de água é influenciada pelo volume de poros do substrato, ao passo que a retenção de água é influenciada pelo número e distribuição dos poros pela superfície específica (Bettiol & Camargo 2000).

O cultivo de plantas em recipientes com reduzido volume de substrato leva a uma alta concentração de raízes, exigindo elevado suprimento de oxigênio e rápida remoção do gás carbônico formado (Kämpf 2000). Sendo assim, o substrato deve apresentar porosidade suficiente para permitir trocas gasosas, evitando falta de ar para a respiração das raízes, assim como para a atividade microbiana do meio. Um substrato

ideal para o desenvolvimento de plantas deve apresentar 85% de porosidade total (De Boodt & Verdonck 1972, Verdonck & Gabriels 1988, Carrijo *et al.* 2002), sendo que destes, 10% devem corresponder à macroporosidade (Libardi 2005). A microporosidade é responsável pela capacidade de retenção de água e solutos no substrato, enquanto que, a macroporosidade influencia diretamente a capacidade de infiltração e drenagem de água e a capacidade de aeração do substrato (Hillel 1998).

Um bom substrato deve conter valores de capacidade de aeração entre 20 e 30%, água facilmente disponível entre 20 a 30% de umidade volumétrica e água de reserva entre 4 e 10% (Abad & Noguera 2000). As diferentes espécies de plantas ornamentais apresentam necessidades diferentes quanto ao espaço de aeração do substrato. De acordo com Ballester-Olmos (1993), para boca-de-leão, a faixa ideal de espaço de aeração encontra-se entre 10 e 20%.

A aderência do substrato ao sistema radicular, no momento da retirada da muda dos alvéolos, evita o ressecamento e a danificação das raízes, além de preservar sua disposição nos espaços porosos do substrato. Conseqüentemente, o estresse provocado nas mudas recém transplantadas é menor, favorecendo o pegamento das mesmas (Tavares Júnior 2004). Provavelmente, a maior quantidade de raízes desenvolvidas nas plantas cultivadas nos tratamentos CAC40H60, CAC50H50, CAC60H40 e CAC80H20 tenham favorecido a formação e a estabilidade dos torrões. Embora estes tratamentos não tenham apresentado diferenças significativas, o substrato constituído por CAC80H20 tendeu a formar torrões com melhor estabilidade. O fato de os substratos compostos por H100, CAC100 e CAC20H80 ter apresentado as menores notas para estabilidade de torrão, possivelmente, esteja relacionado ao menor crescimento do sistema radicular das mudas, o que dificulta a aderência do substrato às raízes.

Os valores de CTC considerados ideais por Penningsfeld (1983) devem ser superiores a $12 \text{ cmol}_c \text{ L}^{-1}$ para o cultivo de plantas em recipientes, com fornecimento esporádico de nutrientes. Dentre os substratos avaliados neste trabalho, os constituídos por CAC60H40, CAC50H50, CAC40H60, CAC20H80 e H100 apresentaram valores superiores aos considerados ideais (Tabela II). Os valores de pH dos substratos utilizados neste estudo, embora também mais elevados do que os relatados na literatura, não comprometeu o crescimento das mudas. Segundo Kämpf (2000) a faixa de pH considerada ideal para substratos formulados com materiais e misturas de base orgânica, situa-se entre 5,2 e 5,8, sendo que valores específicos de pH variam de acordo com a espécie vegetal.

Os resultados obtidos neste trabalho evidenciaram que misturas de casca de arroz carbonizada e húmus de minhoca nas proporções de 80 a 40% de casca de arroz carbonizada podem ser utilizadas como substratos para a produção comercial de mudas de boca-de-leão, visto que proporcionaram condições favoráveis ao crescimento das mudas. Como não foi fornecida nutrição adicional às mudas durante o experimento, pode-se afirmar que os substratos que produziram as melhores plantas foram os que

apresentaram maior fertilidade, e que, associada às propriedades físicas, proporcionaram crescimento satisfatório das mudas de boca-de-leão. Os substratos casca de arroz carbonizada e húmus de minhoca utilizados na forma pura não foram favoráveis ao crescimento de mudas comercialmente aceitáveis de boca-de-leão.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro disponibilizado pela FIEX/UFSM, Departamento de Solos, ao CNPq pela bolsa de Mestrado e à CAPES pela bolsa de Doutorado.

LITERATURA CITADA

- Abad, M. B. & P. M. Noguera.** 2000. Los substratos em los cultivos sin suelo. Pp. 137-183. In: M. U. Gavilán (Ed.). *Manual de cultivo sin suelo*. Universidade de Almeria & Mundi-Prensa, Almeria.
- Andriolo, J. L., T. S. Duarte, L. Ludke, & E. C. Skrebsky.** 1999. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. *Horticultura Brasileira*. 17: 215-219.
- Antoniolli, Z. I., E. M. N. Giracca, L. A. Barcellos, S. F. Venturini, E. F. Venturini, M. M. S. Wienthan, S. J. T. Carlosso, T. Benedetti, T. C. Senhor & G. R. Santi.** 2002. *Minhocultura e vermicompostagem*. Universidade Federal de Santa Maria, Boletim Técnico No. 3, Santa Maria.
- Aquino, A. M. & E. M. Nogueira.** 2001. *Fatores limitantes da vermicompostagem de esterco suíno e de aves e influência da densidade populacional das minhocas na sua reprodução*. Embrapa Agrobiologia, Série Documentos No. 147, Seropédica.
- Bailey, D. A., P. V. Nelson, & W. C. Fonteno.** 2000. *Substrates pH and water quality*. North Carolina State University, Raleigh.
- Ballester-Olmos, J. F.** 1993. Substratos para el cultivo de plantas ornamentales. *Hojas Divulgadoras*, 11:92. Ministerio de Agricultura y Alimentacion, Madrid.
- Bettiol, W. & O. A. Camargo.** 2000. *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*. Embrapa, Brasília.
- Brown, G. G., C. A. Edwards & L. Brussaard.** 2004. How earthworms affect plant growth: burrowing into the mechanisms. Pp. 3-49. In: C. A. Edwards (Ed.). *Earthworm ecology*. St. Lucie Press, Boca Raton.
- Carrijo, O. A., R. S. Liz & N. Makishima.** 2002. Fibra de casca de coco verde como substrato agrícola. *Horticultura Brasileira*. 20: 533-535.
- Carrijo, O. A., M. C. Vidal, N. V. B. Reis, R. B. Souza & N. Makishima.** 2004. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. *Horticultura Brasileira* 22: 5-9.
- Corr, B. & L. Laughner.** 1998. *Antirrhinum* (Snapdragon). Pp. 356-367. In: V. Ball (Ed.). *Ball Red-book*, 16th Ed. Ball Publishing, Batavia.
- Costa, C. A., V. W. D. Casali, H. A. Ruiz, C. P. Jordão, & P. R. Cecon.** 2001. Teor de metais pesados e produção de alface adubada com composto de lixo urbano. *Horticultura Brasileira*. 19: 10-16.
- Couto, M., A. Wagner Júnior & A. C. Quezada.** 2003. Efeito de diferentes substratos durante a aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto mirabolano 29C (*Prunus cerasifera* EHRH.) em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Agrociência*. 9: 125-128.
- De Boodt, M. & O. Verdonck.** 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae*. 26: 37-44.
- Diniz, K. A., S. T. M. R. Guimarães, & J. M. Q. Luz.** 2006. Húmus como substrato para a produção de mudas de tomate, pimentão e alface. *Bioscience Journal*. 22: 63-70.

- Edwards, C. A.** 2004. The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes. Pp. 327-354. In: C. A. Edwards (Ed.). *Earthworm ecology*. St. Lucie Press, Boca Raton.
- Ferreira, D. F.** 2000. *Sistemas de análise estatística para dados balanceados*. UFLA, Lavras.
- Fontes, P. C. R., J. L. Loures, J. C. Galvão, A. A. Cardoso & E. C. Mantovani.** 2004. Produção e qualidade do tomate produzido em substrato, no campo e em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*. 22: 614-619.
- Gauland, D. C. S. P.** 1997. *Relações hídricas em substratos à base de turfas sob uso dos condicionadores casca de arroz carbonizada ou queimada*. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Hillel, D.** 1998. *Environmental soil physics*. Academic Press, San Diego.
- IRGA. Instituto Riograndense do Arroz.** 2005. *Dados de safra*. Série histórica da área plantada, produção e rendimento. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/dados.htm>>. Acesso em: 27 jun. 2006.
- Kämpf, A. N.** 2000. *Produção comercial de plantas ornamentais*. Agropecuária, Guaíba.
- Kist, G. P., R. B. Steffen, Z. I. Antonioli & V. T. Bertolazzi.** 2007. Tratamento físico-químico de casca de arroz para seu aproveitamento na minhocultura. In: *Anais do XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. SBCS, Gramado. CD-ROM.
- Lee, K. E.** 1985. *Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use*. Academic Press, Sydney.
- Libardi, P. L.** 2005. *Dinâmica da água no solo*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Lopes, J. L. W., I. A. Guerrini, J. C. C. Saad & M. R. da Silva.** 2005. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. *Scientia Forestalis*. 68: 97-106.
- Mauad, M., J. C. Feltran, J. C. Corrêa, R. C. Dainese, E. O. Ono & J. D. Rodrigues.** 2004. Enraizamento de estacas de azaléia tratadas com concentrações de ANA em diferentes substratos. *Ciência e Agrotecnologia*. 28: 771-777.
- Mello, R. P.** 2006. *Consumo de água do lírio asiático em vaso com diferentes substratos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Penningsfeld, F.** 1983. Kultursubstrate für den gartenbau, besonders in Deutschland: ein kritischer Überblick. *Plant and Soil*. 75: 269-281.
- Scheu, S.** 2003. Effects of earthworms on plant growth: Patterns and perspectives. *Pedobiologia*. 47: 846-856.
- Tavares Júnior, J. E.** 2004. *Volume e granulometria do substrato na formação de mudas de café*. Dissertação de Mestrado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- Verdonck, O. & R. Gabriels.** 1988. Substrate requirements for plants. *Acta Horticulturae*. 221: 19-23.
- Vitti, M. R.** 2006. *Impacto do vermicomposto bovino em atributos biológicos do solo e características físicas e químicas das frutas em pomar de pessegueiro (Prunus persica L. Batsch)*. Tese de doutorado em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.