

Uso de resíduos orgânicos decompostos como substrato para produção de mudas de alface: efeito no sistema radicular

Silva, Sidney de Sousa¹; Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante^{2,3}; Daniel Fagner da Silva Dutra²; Leonardo Pereira da Silva Brito¹

¹Universidade Federal do Piauí, Campus Profa. Cinobelina Elvas, Bom Jesus, Piauí, Brazil; ²Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, Petrolina, Pernambuco, Brazil; ³markilla.beckmann@univasf.edu.br

Silva, Sidney de Sousa; Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante; Daniel Fagner da Silva Dutra; Leonardo Pereira da Silva Brito (2018) Uso de resíduos orgânicos decompostos como substrato para produção de mudas de alface: efeito no sistema radicular. Rev. Fac. Agron. Vol 117 (2): 245-252.

O sistema radicular está em constante interação com a parte aérea, o que o torna um dos responsáveis pelo desenvolvimento de uma muda com qualidade. Neste sentido, avaliou-se o efeito de resíduos orgânicos decompostos como substrato no desenvolvimento do sistema radicular de mudas de alface nas condições de Bom Jesus-PI. O experimento foi conduzido sob telado (sombrite) com 50% de sombreamento, o delineamento em blocos ao acaso distribuído em esquema fatorial 6 x 2, referentes a seis materiais utilizados como substratos e duas cultivares, com quatro repetições contendo 100 células cada uma. Os substratos foram: RPEB (restos de poda e demais resíduos vegetais + esterco bovino); RPEC (restos de poda e demais resíduos vegetais + esterco caprino); RUEB (resíduos do restaurante universitário e legumes, frutas, verduras impróprios para comercialização coletado no mercado local + esterco bovino); RUEC (resíduos do restaurante universitário e legumes, frutas, verduras impróprios para comercialização coletado no mercado local + esterco caprino); COM (Vermiculita); SC (solo + esterco caprino). As cultivares utilizadas foram do grupo crespa, cv. Grand Rapids e do grupo lisa, cv. Babá-de-Verão. Foi avaliado o comprimento médio da maior raiz, volume radicular, área radicular, densidade radicular, diâmetro radicular, comprimento radicular, massa seca da raiz e estabilidade do torrão. Os resultados demonstram que, após análise das variáveis referentes ao sistema radicular, os compostos orgânicos podem substituir com viabilidade o substrato comercial (vermiculita), em especial o RPEB e RUEB; já o substrato SC não apresenta características desejáveis para produção de mudas de qualidade.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L.; adubo orgânico; substratos hortícolas; qualidade de mudas; propagação.

Silva, Sidney de Sousa; Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante; Daniel Fagner da Silva Dutra; Leonardo Pereira da Silva Brito (2018) Decomposed organic waste as a substrate for production of lettuce seedlings: Effect on the root system. Rev. Fac. Agron. Vol 117 (2): 245-252.

The root system is in constant interaction with the shoot, which makes it one of the developers of a change in quality. In this sense, we evaluated the effect of decomposing organic waste as substrate in root development of lettuce seedlings under conditions of Bom Jesus, Piauí State, Brazil. The experiment was conducted under greenhouse (shading) with 50% of shading, the design of randomized blocks distributed in a factorial 6 x 2, regarding six materials used as substrates and two cultivars with four replications containing 100 cells each. The substrates were RPEB (prunings and other plant residues + cattle manure); RPEC (prunings and other plant residues + goat manure); RUEB (waste of the university restaurant and vegetables, fruits, vegetables unfit for commercialization collected on site + cattle manure market); RUEC (waste of the university restaurant and vegetables, fruits, vegetables unfit for commercialization collected on site + goat manure market); COM (Vermiculite); SC (soil + goat manure). The cultivars used were the curly group, cv. Grand Rapids and smooth group, cv. Baba-of-summer. It evaluated the average length of the longest root, root volume, root area, root density, root diameter, root length, root dry mass and stability of the root ball. The results show that after analysis of the variables for the root system, the organic compounds can be substituted with the commercial viability substrate (vermiculite), especially RPEB and RUEB; have the SC substrate does not have desirable characteristics for the production of quality seedlings.

Keywords: *Lactuca sativa* L.; organic fertilization; horticultural substrates; quality seedlings; propagating plants.

Recibido: 05/05/2015

Aceptado: 01/10/2018

Disponibile on line: 01/04/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUÇÃO

Um dos princípios básicos para obtenção de adequada produtividade é a utilização de mudas com máximo vigor e sanidade (Nunes & Santos, 2008). Mudas de boa qualidade, de acordo com Pereira et al. (2010), pressupõe-se adequado desenvolvimento e boa formação de sistema radicular, com melhor capacidade de adaptação ao novo local após o transplante.

A semeadura indireta para a produção de mudas e posterior transplante para a lavoura definitiva é o método de propagação mais empregado para a maioria das espécies de hortaliças (Filgueira, 2008). O problema agrônomo original de produção de mudas em recipientes é o de assegurar o crescimento e produção de biomassa aérea com volume limitado de solo, pois quanto menor for o espaço disponível às raízes, mais difícil será o suprimento de fatores de produção que garantam o crescimento otimizado e desenvolvimento normal da muda (Menezes Júnior et al., 2000) motivo pelo qual o substrato utilizado deverá promover um bom desenvolvimento radicular, pois este exerce uma influência marcante na arquitetura do sistema radicular e no estado nutricional das plantas, afetando profundamente a qualidade das mudas (Carneiro, 1983; Latimer, 1991).

A inibição do crescimento da parte aérea de mudas sob restrição radicular é, provavelmente, um processo regulado por sinais hormonais enviados pelas raízes, nos quais os fatores nutricionais ou relações hídricas das plantas podem ou não desempenhar papel secundário (Marschner, 2005). As persistências das deformações radiculares após o plantio e o plantio de mudas menores em função da restrição no viveiro podem reduzir, ou atrasar, o crescimento das plantas no campo, o que acarreta maiores custos com o controle de plantas daninhas e o retardamento da produção esperada. Mudas robustas e que apresentam maior porcentual de emissão de raízes são mais aptas a condições de estresse ambiental, garantindo maiores taxas de sobrevivência no campo (Freitas et al., 2005). Por outro lado, mudas mal formadas debilitam e comprometem todo o desenvolvimento da cultura, aumentando seu ciclo e levando a perdas na produção (Guimarães et al., 2002).

Mediante a importância do uso e formulação de substratos para a produção hortícola, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito de resíduos orgânicos decompostos como substrato no desenvolvimento do sistema radicular de mudas de alface nas condições de Bom Jesus-PI.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Horticultura do Campus Professora Cinobelina Elvas (CPCE) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), com altitude média de 277 m. O local apresenta precipitação pluviométrica média de 900 a 1200 mm/ano e temperatura média de 26,5°C, embora durante o ano seja comum temperaturas de 40°C (Viana et al., 2002). A primeira parte do experimento foi conduzida no período de 19 de fevereiro de 2012 a 17 de junho de

2012, totalizando cento e vinte dias, em pátio de compostagem a céu aberto para a obtenção do composto, e a segunda parte foi conduzida no período de 18 de junho de 2012 à 12 de julho de 2012, totalizando vinte e quatro dias, em ambiente protegido tipo “capela” no mesmo setor.

O processo de compostagem foi desenvolvido em pátio a céu aberto com as seguintes dimensões: 8,0 (oito) metros de comprimento por 8,0 (oito) metros de largura, totalizando 64,0 m² (sessenta e quatro metros quadrados), construído com tijolos cerâmicos de 06 (seis) furos nas laterais e piso feito em concreto à proporção 3,0:2,0:1,0, ou seja, três partes de areia para duas partes de seixo e para uma parte de cimento, com declividade de 5% (cinco por cento) evitando assim o acúmulo de águas pluviais e excesso de água oriunda da irrigação das leiras.

Para obtenção dos compostos orgânicos foram utilizados materiais vegetais como restos de podas de plantas localizadas nos jardins, plantas daninhas oriundas de capinas, capim triturado, aparas de gramas e resíduos do restaurante universitário do CPCE/UFPI, além de legumes, frutas e verduras descartados em feiras livres, supermercados e lojas especializadas em hortícolas no mercado local de Bom Jesus - PI. Foram utilizados também esterco bovino e caprino gerado no confinamento dos animais do CPCE/UFPI e pequenas propriedades rurais vizinhas.

As pilhas de compostagem foram montadas com aproximadamente 0,5 m³, em pilhas de secção trapezoidal com base inferior com 1,0 m, base superior com 0,75 m e altura de 0,75 m com 2,5 m de comprimento. Para a construção de cada pilha, foram adicionados esterco (bovino ou caprino) e resíduos de plantas em proporção que equilibrasse a relação C:N em 30:1, considerada adequada para o bom desempenho do processo de compostagem (Kiehl, 2002).

Foram formadas quatro pilhas, assim constituídas: a) restos de poda e demais resíduos vegetais + esterco bovino (RPEB); b) restos de poda e demais resíduos vegetais + esterco caprino (RPEC); c) resíduos do restaurante universitário e legumes, frutas, verduras impróprios para comercialização coletado no mercado local + esterco bovino (RUEB); d) resíduos do restaurante universitário e legumes, frutas, verduras impróprios para comercialização coletado no mercado local + esterco caprino (RUEC).

Após o processo de compostagem, foi realizada a produção de mudas, efetuando-se a semeadura de duas cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.), uma do grupo crespa, cultivar Grand Rapids (C1) e outra do grupo lisa, cultivar Babá-de-Verão (C2).

As temperaturas das leiras foram aferidas uma vez por dia, às 09:00 horas, em um ponto central da leira com termômetro Instrutherm® com haste de aço carbono de 50 cm cujas médias semanais encontram-se na Figura 1A. Semanalmente foram coletadas amostras para determinação da umidade em laboratório (Figura 1B) de acordo com metodologia descrita por Kiehl (1985). Periodicamente as pilhas foram revolvidas para proporcionar aeração à mistura e irrigada para repor a umidade perdida.

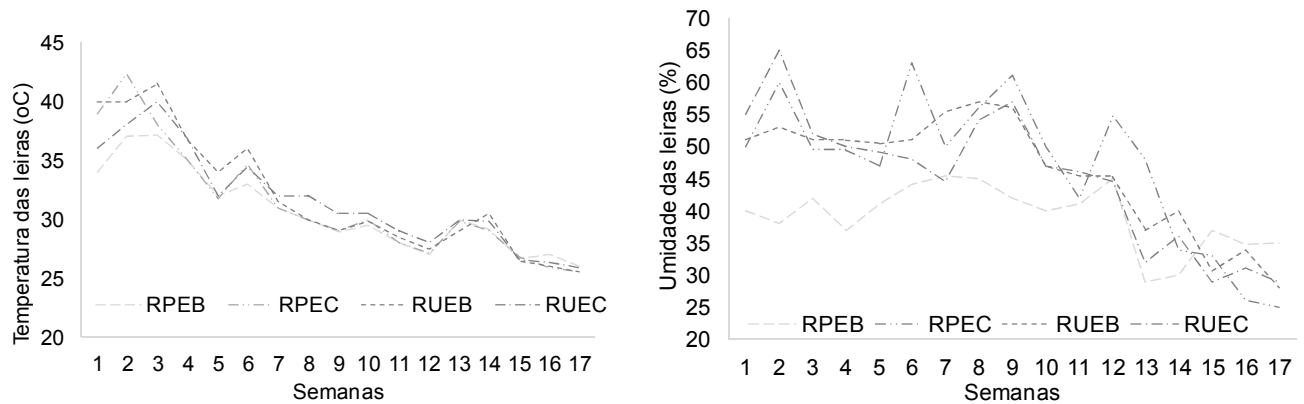


Figura 1. Variações de temperatura (A) e umidade (B) das leiras de compostagem com diferentes composições do 1º ao 120º dia Setor de Horticultura, CPCE/UFPI.

A caracterização física e química dos compostos orgânicos usados como substratos para a produção de mudas de alface foi realizada no Laboratório de Biociências do CPCE/UFPI, Bom Jesus-PI.

Aos 120 dias do início do processo de compostagem foram coletadas em cada pilha, quatro amostras (quatro repetições) para caracterização química e física dos compostos orgânicos. Além dos compostos orgânicos, foram utilizados também o substrato comercial vermiculita (COM) e mistura de uma porção de solo classificado como LATOSSOLO AMARELO distrófico (Santos et al., 2006) + esterco caprino (SC) na proporção de 1:1 (v/v). Para a caracterização química (Tabela 1), foram analisados: pH e condutividade elétrica (CE), de acordo com MAPA (2007), e os teores totais dos macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), determinados em extrato nítrico-perclórico (Malavolta et al., 1997). O teor de C orgânico foi determinado de acordo com Kiehl (1985) para determinação da relação C/N.

Para a caracterização física (Tabela 2) foram realizadas análises de densidade úmida (DU) e densidade seca (DS) segundo procedimento de MAPA (2007) e, capacidade de retenção de água (CRA), espaço de aeração (EA) e volume dos poros (VP), determinados conforme metodologia descrito por Beckmann-Cavalcante (2007).

A granulometria dos compostos orgânicos foi determinada pelo tamisamento via seca (Figura 2). Os materiais foram inicialmente passados por uma peneira com malha de 5,0 mm para homogeneização; em seguida, foi pesado 100 g de cada material seco ao ar, os quais foram peneirados em um jogo acoplado de peneiras com malha de 2,0 – 1,7 – 0,85 – 0,6 – 0,3 – 0,25 mm, e agitado por cinco minutos. As frações retidas em cada peneira foram pesadas e calculadas as porcentagens sobre o peso total das amostras.

A produção de mudas ocorreu sob ambiente protegido do tipo “capela”, com as seguintes dimensões: 10,0 (dez) metros de comprimento e 4,0 (quatro) metros de largura, estrutura com pé direito de 3,7 (três vírgula sete) metros de altura, alinhado no sentido Leste-Oeste, minimizando os efeitos da exposição solar, revestido com tela de polipropileno com 50% de sombreamento, sobre e lateralmente disposto em estrutura metálica.

O sistema de produção de mudas foi conduzido em bandejas de poliestireno expandido (isopor), com duzentas células, em formato piramidal invertido e orifício basal destinado à drenagem. Foram suspensas e dispostas linearmente sobre duas bancadas com estrutura em aço galvanizado com tela de arame entrelaçado cujas dimensões são 2,0 (dois) metros de comprimento por 1,0 (um) metro de largura e 1,0 (um) metro de altura, que permitiram o seu perfeito nivelamento garantindo o uniforme suprimento de água sem escoamento superficial.

Foram semeadas 03 (três) sementes por célula, sendo que aos 7 (sete) dias após a semeadura (DAS) realizou-se o desbaste, deixando apenas a plântula mais vigorosa.

A irrigação das mudas foi realizada diariamente, duas vezes ao dia, às 08:00 e 16:00 horas, por microaspersão, utilizando-se pulverizador costal com capacidade de 20 L. Os dados diários da temperatura (Figura 3A) e umidade relativa do ar (Figura 3B) no interior do telado (ambiente protegido) foram obtidos através de monitoramento por termo-higrômetro digital (Quimis®), instalado na parte central do ambiente, com o sensor disposto a 1,5 m de altura em relação ao solo, o monitoramento foi realizado, tendo suas leituras colhidas três vezes ao dia (10:00, 12:00 e 16:00 horas) (Figura 3). O controle de plantas daninhas foi feito manualmente e as pragas e doenças foram controladas por ocasião da incidência.

Tabela 1. Valores médios de pH, condutividade elétrica (CE), teores totais de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e carbono orgânico (C) dos substratos estudados.

Substratos	pH	CE	N	P	K	Ca	Mg	S	C/N
		mS cm ⁻¹							
RPEB	6,97	1,48	11,7	4,0	3,0	11,2	5,0	3,2	10/1
RPEC	7,79	3,20	19,3	6,2	14,6	19,7	7,6	4,7	8/1
RUEB	7,46	2,74	13,5	6,5	8,0	14,9	6,6	3,5	10/1
RUEC	7,91	4,27	18,3	5,8	13,6	17,4	6,0	3,9	8/1
COM	6,91	0,53	1,7	0,3	1,3	0,8	0,4	0,5	-
SC	6,20	3,09	1,7	0,4	0,7	3,2	101,6	4,8	-

Tabela 2. Densidade úmida (DU), densidade seca (DS), capacidade de retenção de água (CRA), espaço de aeração (EA) e volume dos poros (VP) dos substratos.

Substratos	DU	DS	CRA	EA	VP
	kg m ⁻³				
RPEB	899,13	560,84	35,49	39,68	75,17
RPEC	729,98	527,61	23,02	50,68	73,69
RUEB	767,90	532,21	26,44	48,19	74,63
RUEC	706,27	482,50	26,82	50,15	76,98
COM	628,00	563,72	23,14	54,43	77,56
SC	1072,81	906,97	33,68	28,36	62,04

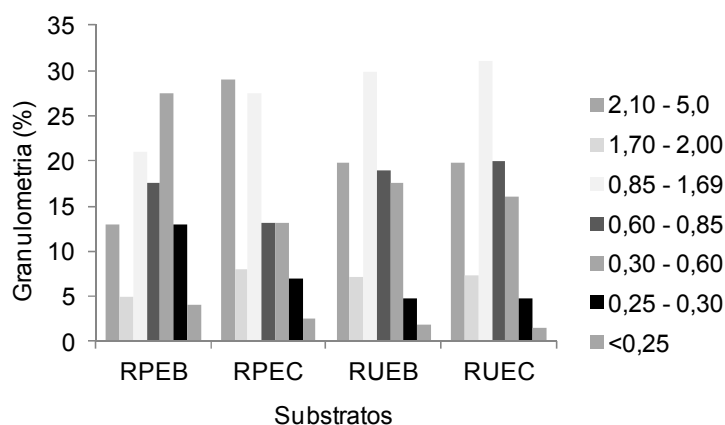


Figura 2. Distribuição do tamanho de partículas (%) em compostos orgânicos com 120 dias de maturação. Bom Jesus-PI 2012.

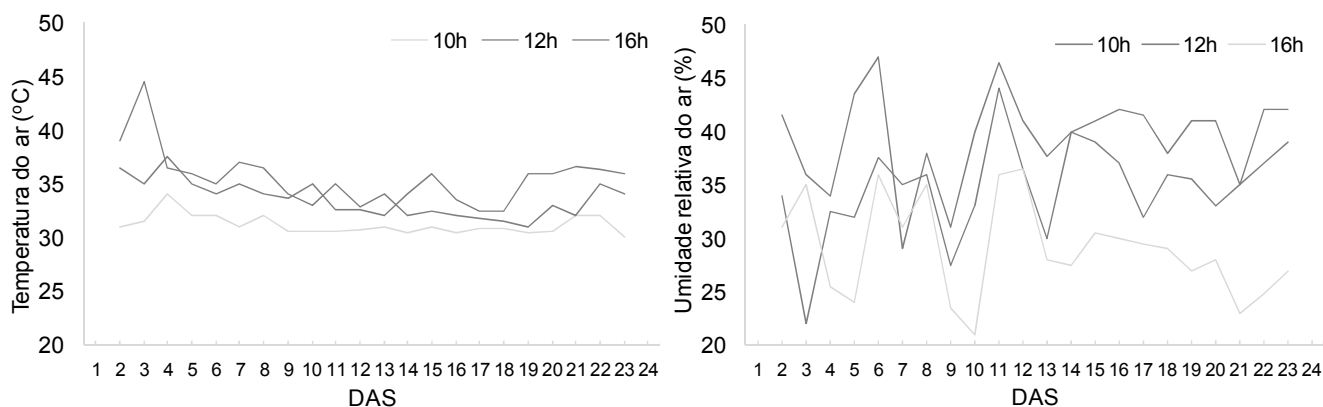


Figura 3. Temperatura do ar (A) e umidade relativa do ar (B) no interior do ambiente protegido, monitorada diariamente a partir de 1 a 24 dias após a sementeira (DAS).

Ao final do experimento (24 dias após a semeadura), foram determinados: a) Comprimento médio da maior raiz (CMR): expresso em cm, medida com régua milimetrada, a partir do coleto até a extremidade da maior raiz; b) Volume radicular (VR): expresso em cm^3 , realizado por meio da medição do deslocamento da coluna de água em proveta graduada, ou seja, colocando-se as raízes, após lavagem, em proveta contendo um volume conhecido de água (100 mL). Pela diferença, obteve-se a resposta direta do volume de raízes, pela equivalência de unidades ($1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$), segundo metodologia descrita por Basso (1999); c) Área radicular (AR): expressa em mm^2 ; d) Densidade radicular (DSR): expressa em mm mm^{-2} ; e) Diâmetro radicular (DR), expresso em mm; f) Comprimento radicular médio (CR), expresso em mm. As variáveis (c, d, e, f) foram obtidas após a digitalização das raízes (1 g de raízes lavadas) no Medidor de Raízes e posterior análise das imagens no programa Delta-TScan Image Analyzer (Delta-TDevices Ltda.); g) Massa seca da raiz (MSR): expressa em grama, pesada em balança com precisão de 0,001 g (Bioprecisa®). Para determinação da massa seca, o material vegetal foi conduzido à estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C até atingir peso constante; h) Estabilidade do torrão (ET): levando em consideração a formação da mudas, foi realizada a avaliação da estabilidade do torrão a partir da sua coesão ao retirar a planta do recipiente. Foi avaliada conforme escala de notas adaptada de Gruszynski (2002) em que 1 = mais de 50% do torrão fica retido no recipiente; 2 = o torrão se destaca do recipiente, mas não permanece coeso e 3 = todo o torrão será destacado do recipiente e mais de 90% dele permanece coeso.

Para o experimento de produção de mudas foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso distribuído em esquema fatorial 6×2 , referentes a: i) substratos (RPEB; RPEC; RUEB; RUEC; COM; e, SC); e, ii) Cultivares (C1 e C2), com quatro repetições contendo 100 células cada uma.

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste "F", para diagnóstico de efeito significativo e os tratamentos foram comparados entre si pelo teste de Tukey para avaliação de diferença significativa e efetuadas correlações simples entre variáveis dependentes e caracteres químicos e físicos dos substratos, conforme recomendações de Ferreira (2000) através do programa computacional Assistat (Silva & Azevedo, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados da análise de variância contidos na Tabela 3, observam-se diferenças significativas entre os substratos para todas as variáveis estudadas. Foi registrada diferença significativa entre as cultivares nas variáveis: volume radicular (VR) e densidade radicular (DSR). Ocorreu interação significativa somente para a variável volume radicular (VR) indicando que há interdependência entre os fatores substratos e cultivares apenas para essa variável.

O CMR foi influenciado significativamente pelos substratos (Tabela 3), sendo que o substrato RPEB apresentou o maior comprimento, porém não diferiu

estatisticamente do substrato COM. Resultados semelhantes foram obtidos por Medeiros et al. (2008) com mudas de alface, que observaram o maior comprimento da raiz no substrato à base de composto orgânico, seguido do comercial e areia.

Esses resultados podem ser devido às características físicas do material estudado (Tabela 2) atrelado à DS. De acordo com Bunt (1973), a DS ideal para substratos hortícolas está entre 400 e 500 kg m^{-3} , sendo que o substrato SC apresentou valor muito acima do recomendado (906 kg m^{-3}) o que pode tornar-se inconveniente pelo peso excessivo que dificulta a manipulação das plantas em recipientes (Schmitz et al., 2002), bem como limitar o crescimento radicular (Singh & Sinju, 1998). De acordo com este mesmo autor, quanto maior a DS menor é a porosidade, corroborando com a correlação significativa negativa ($P < 0,01$) entre DS e CMR.

O VR também foi influenciado pelos diferentes substratos (Tabela 3), com o melhor resultado estatisticamente superior aos demais para o RUEB, seguido de RPEB; e com menor resultado para SC sem diferença estatística para RPEC. Também ocorreu diferença significativa entre as cultivares, sendo que a C1 (cv. Grand Rapids) apresentou o maior VR, com um incremento de 44,1% em relação à C2.

Observa-se na Figura 4 o desdobramento da interação entre substratos x cultivares. A cultivar C1 foi superior estatisticamente em relação à C2 nos substratos RPEB e RUEC. Entre os substratos, para a cultivar C1, o melhor resultado foi obtido no RPEB ($2,75 \text{ cm}^3$) diferindo estatisticamente do demais materiais; sendo que o SC com o pior desempenho não diferiu significativamente de RPEC. Resultado semelhante foi obtido para a cultivar C2, em que o RUEB foi o melhor substrato com diferença significativa em relação aos demais, porém o SC apresentou o menor desempenho e não diferiu significativamente de RPEC.

Quanto à AR apresentado na Tabela 3, observa-se que o substrato RPEB apresentou o melhor resultado, porém sem diferença estatística com o RUEB. O substrato SC apresentou a menor área ($75,52 \text{ mm}^2$) sem diferir, no entanto, em ordem crescente de RUEC e COM.

A AR apresentou correlação positiva e significativa com o nutriente Ca presente nos substratos ($r=0,85^*$) e com a massa seca radicular com $r=0,96^{**}$. Esse fato pode ser explicado pela função do cálcio na planta, fazendo parte das pectinas por meio dos pectatos de cálcio, sendo requerido para o alongamento e a divisão mitótica celular, refletindo diretamente no crescimento radicular (Prado, 2008).

Mediante comparação dos sistemas radiculares de mudas produzidas em composto orgânico à base de esterco bovino, a AR e CR demonstraram superioridade em relação àqueles que utilizam esterco caprino como constituinte e também sobre o COM. Fato semelhante foi observado por Cardoso Rodda et al. (2006) na produção de mudas de alface com humato de vermicomposto, indicando que o estímulo verificado na área e no comprimento radiculares poderiam ser atribuídos à ação dos humatos sobre o alongamento celular por turgescência vacuolar, fato corroborado por Rayle & Cleland (1992).

Tabela 3. Comprimento médio da maior raiz (CRM), volume radicular (VR), área radicular (AR), densidade radicular (DSR), diâmetro radicular (DR), comprimento radicular (CR), massa seca da raiz (MSR), estabilidade do torrão (ET) aos 24 dias após a semeadura de plântulas de alface em função dos substratos e das cultivares. Valores com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ** = ao nível de 1% de probabilidade e * = ao nível de 5% de probabilidade. DMS = diferença mínima significativa; C.V.= coeficiente de variação.

Causa de variação	CRM	VR	AR	DSR	DR	CR	MSR	ET
	cm	cm ³	mm ²	mm mm ⁻²	mm	mm	g planta ⁻¹	nota
Substrato (S) ("F")	19,08**	321,83**	11,72**	3,52 ^{ns}	6,08**	7,96**	18,21**	22,41**
RPEB	6,81 a	1,55 b	894,35 a	0,06 a	1,05 a	942,83 a	0,10 a	2,81 a
RPEC	4,45 c	0,14 e	474,91 b	0,03 a	1,17 a	433,26 bc	0,04 bcd	2,41 ab
RUEB	5,13 bc	1,78 a	555,28 ab	0,05 a	0,94 ab	558,51 ab	0,07 ab	2,17 b
RUEC	4,13 c	0,83 c	271,83 bc	0,03 a	0,74 ab	363,57 bc	0,03 cd	2,35 b
COM	5,91 ab	0,41d	317,56 bc	0,06 a	0,52 b	602,42 ab	0,05 bc	1,55 c
SC	2,59 d	0,06 e	75,52 c	0,02 a	0,55 b	130,79 c	0,01 d	1,63 c
DMS	1,43	0,17	349,91	0,04	0,46	409,57	0,03	0,44
Cultivares (C) ("F")	0,03 ^{ns}	185,45**	0,11 ^{ns}	5,30 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
C1 (Grand Rapids)	4,81 a	1,02 a	442,81 a	0,05 a	0,81 a	540,54 a	0,05 a	2,15 a
C2 (Babá-de-Verão)	4,86 a	0,57 b	420,38 a	0,03b	0,85 a	469,93 a	0,05 a	2,15 a
DMS	0,56	0,07	136,32	0,02	0,18	159,56	0,01	0,17
C.V. (%)	19,72	14,50	53,92	66,61	37,15	53,91	44,08	13,50
Interação SxC	1,09 ^{ns}	144,74**	1,15 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,98 ^{ns}	1,48 ^{ns}	0,95 ^{ns}

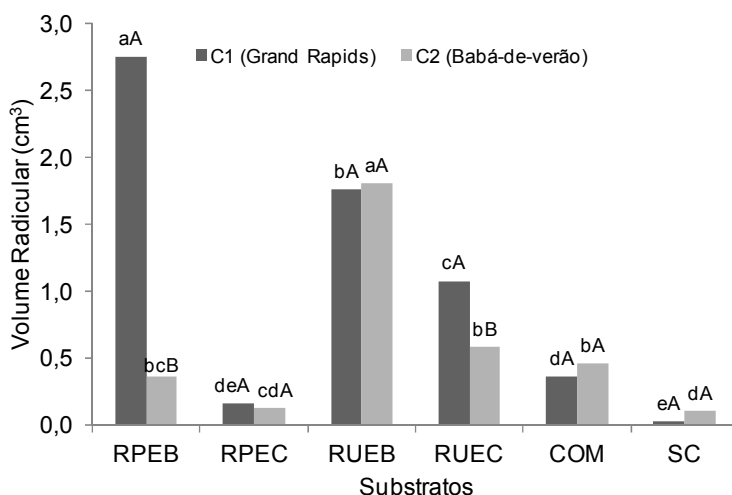


Figura 4. Volume radicular em função dos substratos e das cultivares. Barras com as mesmas letras minúsculas e maiúsculas não diferem entre si, respectivamente para substratos e cultivares. Letras minúsculas comparam os substratos. Letras maiúsculas comparam as cultivares.

A DSR não foi influenciada estatisticamente pelos substratos (Tabela 3), embora o maior valor tenha sido obtido pelo substrato RPEB igualando-se ao COM. Entre as cultivares ocorreu superioridade estatística para C1 (cv. Grand Rapids).

A cultivar C1 apresentou um incremento de 40,0% em DSR em relação à cultivar C2, o que pode estar relacionado ao VR ou a própria adaptação da cultivar às condições expostas. Embora os compostos orgânicos serem estatisticamente semelhantes, observa-se na Tabela 3 que os substratos que tem esterco bovino em sua composição, proporcionam às mudas de alface uma maior densidade radicular do que

aqueles que possuem esterco caprino em sua composição.

Houve correlação significativa negativa com DSR x N foliar (-0.85*), em que Rezende et al. (2007) afirma que em situações de estresse de água e nitrogênio, o sistema radicular compete em condições mais favoráveis com a parte aérea da planta, ocorrendo a limitação do crescimento da segunda e um maior crescimento da primeira com o objetivo de aumentar a área de absorção e assim compensar a menor concentração de nutrientes nesta solução.

Para o DR houve semelhança estatística entre os substratos RPEB, RPEC, RUEB e RUEC (Tabela 3);

com os menores valores para COM e SC que não diferiram entre si.

O DR teve correlação significativa positiva com P foliar ($r=0.81^*$), onde quanto maior disponibilidade deste à cultura maior será a eficiência de absorção deste pelas raízes. Neste sentido, Crusciol et al. (2005) descrevem que sob baixa disponibilidade de fósforo as plantas diminuem o diâmetro radicular, sendo uma adaptação da planta de forma que apresente uma geometria radicular mais favorável à absorção de fósforo sob baixa disponibilidade (Shenk & Barber, 1977). O DR também apresentou correlação significativa com o Ca ($r=0,84^*$), pelo fato de a supressão deste no sistema radicular influencia diretamente no desenvolvimento radicular (Prado, 2008), o que pode ocasionar desde a redução do aprofundamento das raízes como diminuição do DR e MSR.

A MSR foi influenciada significativamente pelos substratos (Tabela 3), sendo que o material RPEB apresentou o melhor resultado, não diferindo estatisticamente de RUEB, destaca-se o SC com o pior desempenho sem diferir de RPEC e RUEC. De acordo com Dole & Gibson (2006), o crescimento e a partição da massa seca entre parte aérea e sistema radicular, a fotossíntese, o teor de clorofila nas folhas, a absorção de nutrientes e de água, a respiração, o florescimento e a produção das plantas são afetados pela restrição ao crescimento das raízes, dada pela qualidade e propriedades do substrato e tamanho do recipiente.

Quanto à ET as melhores notas foram obtidas por RPEB seguido de RPEC, sem diferença estatística entre si, destacando-se com as menores notas e sem diferença estatística os materiais SC e COM. O substrato RPEB atingiu a nota 2,81 próximo à 3,0, ou seja, o torrão consegue ser destacado do recipiente e mais de 90% dele permanece coeso.

A ET é uma grande propriedade desejável num substrato, pois reflete a capacidade de agregação do mesmo, importante para o transplante. Gruszynski (2002) recomenda que por ocasião do transplante os torrões estejam coesos e mantenham o sistema radicular íntegro.

CONCLUSÕES

O composto formado a partir de restos de poda e demais resíduos vegetais + esterco bovino (RPEB), bem como o composto formado por resíduos do restaurante universitário e legumes, frutas, verduras impróprios para comercialização coletado no mercado local + esterco bovino (RUEB) são alternativas de substratos para produção de mudas de alface, podendo substituir o substrato comercial vermiculita. O substrato composto por solo + esterco caprino não é indicado para produção de mudas de alface com qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Basso, S.M.S. 1999. Caracterização morfológica e fixação biológica de nitrogênio de espécies de *Adesmia* DC. e *Lotus* L. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 268 pp.

Beckmann-Cavalcante, M.Z. 2007. Características de substratos e concentrações de soluções nutritivas para o cultivo do crisântemo em vaso. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 145 pp.

Bunt, A.C. 1973. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrates and their relation to plant growth. *Plant and Soil*, 38: 1954-1965.

Carneiro, J.G.A. 1983. Variações na metodologia de produções de mudas florestais afetam os parâmetros morfo-fisiológicos que indicam a sua qualidade. Série Técnica, FUEP, v.12 40 pp. (Boletim técnico).

Crusciol, C.A.C., M. Mauad, R.C.F. Alvarez, E.V. Lima, & C.S Tiritan. 2005. Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas. *Bragantia*, 64(4): 643-649.

Dole, J.M. & J.L. Gibson. 2006. Cutting propagation: a guide to propagating and producing floriculture crops. Ball, Batavia. 385 pp.

Ferreira, P.V. 2000. Estatística experimental aplicada à Agronomia. 3.ed. EDUFAL, Maceió. 604 pp.

Filgueira, F.A.R. 2008. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 251 ed. UFV, Viçosa. 421 pp.

Freitas, T.A.S., D.G. Barroso, J.G.A. Carneiro, R.M. Penchel, K.R. Lamônica & D.A. Ferreira. 2005. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. *Revista Árvore*, Viçosa. 29(6): 853-861.

Gruszynski, C. 2002. Resíduo agroindustrial: casca de tungue como componente de substrato para plantas. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 41 pp.

Guimarães, V.F. M.M. Echer, & K. Minami. 2002. Métodos de produção de mudas, distribuição de matéria seca produtividade de plantas de beterraba. *Horticultura Brasileira*, 20: 505-509.

Kiehl, E.J. 1985. Fertilizantes orgânicos. 1 ed. Agronômica Ceres, São Paulo. 492 pp.

Kiehl, E.J. 2002. Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto. ESALQ, Piracicaba. 171 pp.

Latimer, J.G. 1991. Container size and shape influence growth and landscape performance of marigold seedling. *HortScience*, 6 (2):124-126.

Malavolta, E., G.C. Vitti & S.A. Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba. 281 pp.

MAPA. Instituição normativa. DAS nº 17, de 21 de maio de 2007. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, 24 de maio de 2007, seção 1. 8 pp.

Marschner, H. 2005. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. Academic Press, Orlando. 889pp.

Medeiros, D.C., K.C.S. Freitas, F.S. Veras, R.S.B. Anjos, R.D. Borges, J.G.C. Neto, G.H.S. Nunes & H.A. Ferreira. 2008. Qualidade de mudas de alface em função de substratos com e sem biofertilizantes. *Horticultura Brasileira*, 26: 186-189.

Menezes Júnior, F.O.G., H.S. Fernandes, C.R. Mauch & J.B. Silva. 2000. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 18: 164-170.

- Nunes, M.U.C. & J.R. Santos.** 2008. Tecnologia para produção de mudas de hortaliças e plantas medicinais em sistema orgânico. Embrapa Tabuleiros Costeiros Aracaju. 8 pp. (Boletim técnico, 48).
- Pereira, P.C., B. Melo, R.S. Freitas, M.A. Tomaz, C. J.P. Freitas.** 2010. Mudas de tamarindeiro produzidas em diferentes níveis de matéria orgânica adicionada ao substrato. *Revista Verde*, 5: 152-159.
- Prado, R. M.** 2008. Nutrição de plantas. UNESP, São Paulo. 417 pp.
- Rayle, D.L. & R.E. Cleland.** 1992. The acid growth theory of auxin-induced cell elongation is alive and well. *Plant Physiology*, 99:1271-1274.
- Rezende, R., C.H. Junior, P.S.L. Freitas, A.C.A. Gonçalves, R. Dallacort & J.A. Frizzone.** 2007. Diferentes soluções nutritivas aplicadas em duas vazões na produção hidropônica da cultura da alface. *Irriga*, 12: 354-363.
- Rodda, M.C.C., P.L. Canellas, A.R. Façanha, D.B. Zandonadi, J.G.M. Guerra, D.L. Almeida & G.A. Santos.** 2006. Estímulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto. I – Efeito da concentração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30: 649-656.
- Santos, H.G., J.B. Oliveira, J.F. Lumbrelas, L.H.C. Anjos, M.R. Coelho, P.K.T. Jacomine, T.J.F. Cunha & V.A. Oliveira.** 2006. Sistema de brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Embrapa, Brasília. 306 pp.
- Schmitz, J.A.K., P.V.D. Souza & A.N. Kämpf.** 2002. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. *Ciência Rural*, 32: 937-944.
- Shenk, N.K., & S.A. Barber.** 1977. Root characteristics of corn genotypes as related to P uptake. *Agronomy Journal*, 71: 921-924.
- Silva, F.A.S.E. & C.A.V.A. Azevedo.** 2006. New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: World Congress on Computers in Agriculture, 4, Orlando-FI-Usa: Anais. Orlando: American Society of Agricultural Engineers. 393-396.
- Singh, B.P. & U.M. Sinju.** 1998. Soil physical and morphological properties and root growth. *Horticultural Science*, 33: 966-971.
- Viana, T.V.A., D.V. Vasconcelos, B.M. Azevedo & B.F. Souza.** 2002. Estudo da aptidão agroclimática do Estado do Piauí para o cultivo da aceroleira. *Ciência Agrônômica*