**Artigo Científico**

**Crescimento e trocas gasosas de mudas de mamoeiro sob substratos alternativos**

**Growth and gas exchange of papaya seedlings under alternative substrates**

**Resumo -** Objetivou-se avaliar o desenvolvimento morfofisiológico de cultivares de mamoeiro sob diferentes substratos, produzidos a partir de misturas de material de solo com fontes de matéria orgânica. O experimento foi realizado em ambiente protegido. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, usando o esquema fatorial 5 x 2, tratando-se de cinco substratos com diferentes fontes de matéria orgânica (S1= 3 partes de solo e 1 de areia - sem matéria orgânica (controle); S2= 2 partes de solo, 1 de areia e 1 de esterco bovino; S3= 2 partes de solo, 1 de areia e 1 de esterco ovino; S4= 2 partes de solo, 1 de areia e 1 de esterco de galinha; S5= 2 partes de solo, ½ de areia, ½ de esterco bovino, ½ de esterco ovino e ½ de esterco de galinha) e duas cultivares de mamoeiro (Sunrise Solo e Tainung-1), com três repetições. Adição de matéria orgânica, independente da fonte, favoreceu o crescimento, acúmulo de matéria seca e as trocas gasosas das mudas de mamoeiro. Obtém-se o melhor crescimento quando se usa o substrato ‘3’, notadamente quando se relaciona à matéria seca da parte aérea e ao Índice de Qualidade de Dickson.

**Palavras-chave adicionais:**adubação orgânica, *Carica papaya* L., propagação

**Abstract -** In order to evaluate the development morphophysiological varieties of papaya *seedlings* under substrates, produced from mixtures of soil material with sources of organic matter. The experiment was realized in greenhouse. It’s experimental design was a randomized block using the factorial scheme 5 x 2, being five substrates with different sources of organic matter (S1 = 3:1 from soil and sand ( control), respectively; S2 = 2:1:1 of soil, sand and bovine manure, respectively; S3 = 2:1:1 from soil, sand and sheep manure, respectively; S4 = 2:1:1 from soil, sand and chicken manure, respectively and S5 = 2:½:½:½:½ of soil, sand, bovine manure, sheep manure and chicken manure, respectively) and two varieties of papaya (Sunrise Soil and Tainung - 1), with three replications. When it was adding organic matter, regardless of source, occurs more growth, dry matter formation and gas exchange in papaya seedlings. It had biggest growth when it was used the substrate ‘3’, especially at scion dry matter and Dickson quality index.

**Additional keywords:** organic fertilization, *Carica papaya* L., propagation

**Introdução**

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) pertence à família Caricaceae, é uma planta herbácea, vigorosa e de alta produtividade, bem adaptada ao nordeste brasileiro. No país a cultura contribui, expressivamente nos aspectos socioeconômicos, proporcionando empregos e renda, notadamente nos estados da Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará, principais produtores que, junto ao Espírito Santo, formam o grupo dos maiores exportadores do país (IBGE, 2014).

Salienta-se ainda que, o Brasil é classificado como maior produtor mundial, com destaque para a região Nordeste que ocupa o 1º lugar no ranking nacional com (60,4%) da oferta de mamão. Sendo responsável por uma produção de 917.380 Mg, em uma área colhida de 19.396 ha (IBGE, 2014), o que permite calcular uma produtividade de 47,3 Mg ha-1.Todavia, parte da região Nordeste do Brasil é composta de áreas de clima semiárido, cerca de 70%, que limitam o desenvolvimento das frutíferas em geral, inclusive do mamoeiro, devido às condições climáticas e do baixo teor de matéria orgânica nos solos (Araújo et al., 2013).

O sistema de produção do mamoeiro é iniciado com formação das mudas, que devem ter padrão e qualidade, características obtidas através da seleção adequada do sistema de irrigação, recipientes, tipos de substratos e fertilizantes, principalmente os de liberação lenta, dentre outros. Dessa forma, o sucesso do sistema de produção agrícola está associado, dentre outros atributos, ao material biológico de qualidade como a obtenção de sementes ou de mudas para garantia de produção e qualidade de frutos com viabilidade econômica. Principalmente em regiões como o Nordeste, onde essa tecnologia é fator limitante para produção de pomares da região (Leitão et al*.,* 2009).

Dentre os fatores exigidos para a formação de mudas com qualidade, destaca-se o uso de substratos, que garantam suporte e espaço poroso, disponibilidade de água e nutrientes suficientes ao crescimento radicular. Neste sentido, diversos resíduos orgânicos têm sido utilizados na formulação de misturas para substratos na produção de mudas (Melo et al., 2007; Mesquita et al., 2012).

De acordo com Cavalcante et al. (2010) está ocorrendo um incremento em áreas plantadas com mamoeiro no Nordeste do Brasil, sendo importante o emprego de mudas com alta qualidade na implantação do pomar. As cultivares de mamoeiros mais explorados no Brasil são classificadas em dois grupos, conforme o tipo de fruto: o grupo Solo e o grupo Formosa, as quais desempenham aptidões para o mercado externo e interno respectivamente (Manica, 2006).

Desse modo, objetivou-se avaliar o desenvolvimento morfofisiológico de cultivares de mamoeiro em substratos alternativos, produzidos a partir de diferentes fontes de e proporções de matéria orgânica.

**Material e métodos**

O experimento foi realizado em casa de vegetação, situada no município de Pombal, PB, no período de janeiro a março de 2013. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (5 x 2), estudando-se cinco substratos produzidos a partir de misturas de diferentes fontes de matéria orgânica (1= 3 partes de solo (Neossolo Fúlvio) e 1 de areia (testemunha- sem matéria orgânica); 2= 2 partes de solo, 1 de areia e 1 de esterco bovino; 3= 2 partes de solo, 1 de areia e 1 de esterco ovino; 4= 2 partes de solo, 1 de areia e 1 de esterco de galinha; 5= 2 partes de solo, ½ de areia, ½ de esterco bovino, ½ de esterco ovino e ½ de esterco de galinha), sendo suas características químicas dispostas na Tabela 1, e duas cultivares (C) de mamoeiro (C1= Sunrise Solo e C2= Tainung-1), com três repetições e três unidades por parcela, totalizando 30 parcelas e noventa plantas uteis.

**Tabela 1.** Atributos químicos dos substratos utilizados para a produção de mudas do mamoeiro. *Chemical properties of the substrates used for the production of papaya seedlings.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Sub | pH | P | K | Na | Ca | Mg | H+Al | SB | CTC | M.O. | V | PST | CE |
|  |  | mgkg-1 | --------------------------cmolc.dm-3------------------------ | gkg-1 | % | % | dSm-1 |
| 1 | 8,26 |  8,0 | 0,39 | 0,43 | 4,9 | 6,7 | 0,0 | 11,99 | 12,42 | 15 | 100 | 3,45 | 0,15 |
| 2 | 8,09 | 10,0 | 0,45 | 0,07 | 3,9 | 4,6 | 0,0 |  8,95 |  9,02 | 39 | 100 | 0,79 | 0,75 |
| 3 | 7,64 | 11,0 | 0,66 | 0,07 | 6,5 | 6,8 | 0,0 | 13,96 | 14,03 | 39 | 100 | 0,51 | 1,86 |
| 4 | 7,40 |  9,0 | 0,25 | 0,07 | 3,8 | 8,1 | 0,0 | 12,15 | 12,22 | 36 | 100 | 0,58 | 0,69 |
| 5 | 7,03 | 11,0 | 0,33 | 0,07 | 5,2 | 6,1 | 0,0 | 11,63 | 11,71 | 68 | 100 | 0,61 | 0,73 |

P, K, Na: extrator Mehlich1; Al, Ca, Mg: extrator KCl 1,0 mol L-1; SB = Ca+2+Mg+2+K++Na+; H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L-1, pH 7,0; CTC=SB+H++Al+3; M.O.: Digestão Úmida Walkley-Black; PST= Percentagem de Sódio Trocável( Na+/CTC)\* 100); CE condutividade elétrica 1:2,5. *P, K, Na: extractor Mehlich1; Al, Ca, Mg: extracting KCl 1.0 mol L-1; SB = Ca+2 + Mg+2 + H+ + Na+; H+ + Al+3: extractor Calcium Acetate 0.5 mol L-1, pH 7.0; CTC = SB + H++ Al+3; M.O.: Digestion Wet Walkley-Black; PST = Percentage exchangeable sodium (Na+ / CTC) \* 100); CE= Electrical conductivity 1: 2.5.*

O cultivo foi realizado em tubetes de polietileno com capacidade de 0,3 dm³, lavados com hipoclorito de sódio a 10%. A semeadura foi realizada na razão de três sementes por tubete, procedendo-se o raleio quando as mudas estavam com duas folhas definitivas mantendo a planta mais vigorosa por recipiente. Durante toda a condução do experimento as plantas foram mantidas pelos nutrientes fornecidos pelo substrato.

Aos 60 dias após a semeadura (DAS), foram medidas: Taxa de assimilação de CO2 (*A*) (µmol m-2 s-1), transpiração (*E*) (mol de H2O m-2 s-1), condutância estomática (gs) (mol de H2Om-2 s-1) e concentração interna de CO2 (Ci) (µmol mol-1) na terceira folha contada a partir do ápice, usando o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda, operando com controle de temperatura a 25oC, irradiação de 1800 µmol fótons m-2 s-1 e fluxo de ar de 200 ml min-1, e CO2 proveniente do ambiente à uma altura de 3 m da superfície do solo. . De posse dos dados foram quantificadas a eficiência no uso da água (EUA) (*A*/*E*) [(µmol m-2 s-1) (mol H2O m-2 s-1)-1] e a eficiência instantânea da carboxilação Фc (*A*/Ci) (Mendonça et al., 2010; Brito et al., 2012).

Após a avaliação fisiológica, foram medidas a altura da planta (AP) (cm) e o diâmetro caulinar (DC) (mm), com os quais foram obtidos a relação altura/diâmetro (RAD) e quantificado o número de folhas (NF) das mudas. Em seguida, as plantas foram coletadas e separadas as raízes da parte aérea levadas à estufa com circulação de ar a 65ºC até atingirem massa constate para determinação da matéria seca da raiz (MSR) (g) e da parte aérea (MSPA) (g), a matéria seca total (MST) (g) pela soma de ambas e a relação raiz/parte aérea (RRPA) pelo quociente entre os valores da massa seca das raízes e da parte aérea.

Também foi estimada a qualidade das mudas de mamoeiro utilizando o índice de qualidade de Dickson (IQD), que é uma fórmula balanceada, em que se incluem as relações das variáveis de crescimento(Costa et al., 2012), descrito na Eq. 1 e expresso em g cm-1:

$IQD=\frac{MST(g)}{\frac{AP(cm)}{DC(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSSR(g)}}$(1)

Em que: IQD é o índice de qualidade de Dickson expresso em g cm-1, MST é a matéria seca total em g, MSPA é a matéria seca da parte aérea em g, MSSR é a matéria seca da raiz em g, AP é altura da planta em cm e DC é o diâmetro caulinar em mm.

As variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância (teste F) e teste de Tukey até 5% de probabilidade, utilizando-se do *software* Sisvar (Ferreira, 2011).

**Resultados e discussão**

Pela análises de variância, a interação substrato x cultivar exerceu efeitos significativos apenas sobre a emissão de folhas pelas mudas (Tabela 2). O crescimento em altura e o diâmetro caulinar, bem como a produção de matéria seca das raízes, matéria seca total e o índice de qualidade de Dickson responderam aos efeitos isolados de ambas às fontes de variação. A Matéria seca da parte aérea e a relação raiz/parte aérea ao efeito isolado dos substratos. Quanto à relação altura/diâmetro, esta sofreu interferência significativa do efeito isolado das cultivares.

As plantas cresceram mais em altura nos substratos formados a partir das fontes de matéria orgânica em relação ao tratamento controle (Tabela 3) e com superioridade das mudas referentes à cultivar Tainung-1. O crescimento em altura é um aspecto de suma importância para representar o bom desempenho das mudas. De acordo com Manica (2006) a altura ideal para que as mudas de mamão sejam levadas ao campo é próximo de 15 cm de altura, fato observado na cultivar Tainung-1 desenvolvido no substrato ‘3’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco ovino), o qual foi adicionado de esterco ovino, obtendo-se, assim, maior precocidade em relação aos demais tratamentos (Tabela 3).

**Tabela 2.** Resumo das análises de variância referentes às variáveis altura da planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), matéria seca do sistema radicular (MSR) e da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST), relação raiz/ parte aérea (RRPA), relação altura/diâmetro e o índice de qualidade de Dickson (IQD) aos 60 dias após a semeadura, relativo às variedades de mamoeiro cultivadas em substratos com diferentes fontes de matéria orgânica. *Summary analysis of variance related to variables plant height (AP), stem diameter (DC), number of leaves (NF), dry matter of roots (RDM) and shoot (MSPA), total dry matter (TDM ), root / shoot (RIPA), height / diameter and the quality index Dickson (IQD) at 60 days after sowing, on the varieties of papaya grown on substrates with different sources of organic matter.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Quadrado Médio |
| FV | GL | AP | DC | NF | MSPA | MSR | MST | IQD | RAD | RRPA |
|  |  | (cm) | (mm) |  | ----------------(g)------------- | g.cm-1 | (g.g-1) | (g.g-1) |
| S | 4 | 31,18\*\* | 12,73\*\* | 2,34\*\* | 0,66\*\* | 0,103\*\* | 1,26\*\* | 0,074\*\* | 0,03ns | 0,125\*\* |
| C | 1 | 125,74\*\* | 7,77\*\* | 0,0001ns | 0,11ns | 0,158\*\* | 0,53\*\* | 0,037\*\* | 1,14\*\* | 0,009ns |
| S x C | 4 | 1,88ns | 0,20ns | 1,11\* | 0,06ns | 0,001ns | 0,08ns | 0,001ns | 0,02ns | 0,038ns |
| BLOCO | 2 | 1,91 | 0,41 | 0,20 | 0,01ns | 0,003ns | 0,02ns | 0,002ns | 0,03ns | 0,025ns |
| ERRO | 18 | 0,73 | 0,52 | 0,37 | 0,06 | 0,003 | 0,08 | 0,003 | 0,04 | 0,031 |
| CV |  | 8,34 | 11,88 | 7,83 | 37,46 | 15,86 | 26,99 | 19,33 | 12,46 | 25,65 |

\*\*= 1% de probabilidade, \*= 5% de probabilidade; NS= não significativo; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação. *\*\* = 1% probability, \* = 5% probability; NS = not significant; GL = degrees of freedom; CV = coefficient of variation.*

O resultado em altura de planta constado no substrato ‘3’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco ovino) da cultivar Tainung-1, supera os 13,72 cm em mudas de mamoeiro Formosa obtidos por Teixeira et al. (2009), sob aplicação de doses de lithothamnium e substratos organominerais, o que pode ser atribuído às condições de fornecimento de nutrientes desse substrato, a exemplo do potássio (Tabela 1).

Quanto ao diâmetro de caule, o comportamento foi semelhante ao observado para a altura das mudas, com os maiores valores nas plantas cultivadas em substratos preparados com fontes de matéria orgânica, quando comparadas às do tratamento controle (Tabela 3). Haja vista, que esses resultados podem estar relacionados à maior concentração de fósforo e potássio observados nos substratos com adição de matéria orgânica (Tabela 1). Para Araújo et al. (2013), os substratos devem possuir propriedades físicas como aeração e drenagem e químicas fornecendo nutrientes em quantidades adequadas ao crescimento das plantas.

**Tabela 3.** Teste de comparação de médias (Tukey), referentes às variáveis altura de planta, diâmetro do caule e número de folhas das variedades de mamoeiro cultivadas em substratos com diferentes fontes de matéria orgânica. *Comparison test of mean (Tukey), related to variables plant height, stem diameter and number of leaves of different varieties of papaya grown on substrates with different sources of organic matter.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Altura (cm) | Diâmetro Caulinar (mm) | Número de Folhas |
| Substratos | Cultivares  | Cultivares | Cultivares  |
|  | Sunrise Solo | Tainung-1 | Sunrise Solo | Tainung-1 | Sunrise Solo | Tainung-1 |
| 1 | 5,30 Bb | 7,46 Ba | 3,26 Ba | 4,03 Ba | 6,66 Bb | 7,76 ABa |
| 2 | 8,28 Ab | 12,95 Aa | 5,28 Aa | 6,92 Aa | 8,11 ABa | 7,21 Ba |
| 3 | 10,13 Ab | 14,67 Aa | 6,97 Aa | 7,73 Aa | 8,95 Aa | 8,76 Aa |
| 4 | 8,08 Ab | 13,05 Aa | 6,06 Aa | 6,90 Aa | 7,33 Ba | 8,01 ABa |
| 5 | 9,18 Ab | 13,31 Aa | 6,42 Aa | 7,51 Aa | 7,88 ABa | 7,21 Ba |

Letras maiúsculas descrevem os efeitos do substrato dentro de cada cultivar e letras minúsculas, a diferença entre as cultivares no dado substrato. *Manly letters describe the effects of substrate within each cultivar and lowercase letters , the difference between cultivars in the given substrate.*

Os substratos estimularam a emissão das folhas das cultivares de mamoeiro de forma diferente em cada cultivar, sendo que o substrato ‘3’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco ovino) proporcionou maior número de folhas na cultivar de mamoeiro Tainung-1 em comparação aos substratos ‘2’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco bovino) e ‘5’ (2 solo: ½ areia: ½ esterco bovino: ½ esterco ovino: ½ esterco de galinha), ao passo que na cultivar Sunrise Solo, destacaram-se os substratos ‘2’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco bovino), ‘3’ (2 Solo: 1 Areia: 1 esterco ovino) e ‘5’ (2 solo: ½ areia: ½ esterco bovino: ½ esterco ovino: ½ esterco de galinha) (Tabela 3).

Salienta-se que as folhas são os órgãos responsáveis por cerca de 90% da massa seca acumulada nas plantas, resultante da atividade fotossintética e que a mesma é a estrutura responsável pela produção da maior parte dos carboidratos essenciais ao crescimento e desenvolvimento dos vegetais (Taiz & Zeiger, 2009), de tal forma que substratos que acelerem a emissão de folhas formam mudas de melhor qualidade e, com isso, proporcionam maior sobrevivência no campo.

O acúmulo de matéria seca da parte aérea das mudas de mamoeiro foi influenciado, pela fonte e proporção de matéria orgânica no substrato; pelos resultados, o substrato ‘3’ (2 Solo: 1 Areia: 1 esterco ovino) promoveu o maior acúmulo de matéria seca com 1,15 g, superando em 4,6 vezes o valor determinado nas mudas do tratamento controle (Figura 1).

**Figura 1.** Matéria seca da parte aérea (MSPA) das mudas de mamoeiro em função dos substratos com diferentes fontes de matéria orgânica.Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). Dry matter of shoots (MSPA) of papaya seedlings in relation to substrates with different sources of organic matter. Means followed by the same letter do not differ by Tukey test (p <0.05).

A distribuição da matéria seca entre os diferentes órgãos de uma planta é o resultado final de um conjunto ordenado de processos metabólicos e de transporte de fotoassimilados, que dependem das condições nutricionais e hídricas das plantas. Desse modo, o acúmulo de matéria seca está diretamente relacionado à qualidade do substrato e sua capacidade de fornecer água e nutrientes às plantas. Comparativamente, os valores obtidos pelo substrato ‘3’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco ovino) foram semelhantes aos 1,16 e 0,91 g planta-1 de MSPA registrados por Melo et al. (2007) e Araújo et al. (2013), respectivamente, ao estudarem diferentes substratos orgânicos e doses de fósforo na produção de mudas de mamoeiros.

Verificou-se diferença significativa entre as cultivares de mamoeiro quanto ao acúmulo de matéria seca das raízes (MSR), de modo que as maiores médias foram observadas na cultivar Tainung-1. E quanto ao substrato, verifica-se que o substrato ‘3’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco ovino) proporcionou o maior acúmulo de matéria seca das raízes para ambas as cultivares (Tabela 4). Os resultados das mudas do substrato '3' (2 Solo:1 Areia: 1 esterco ovino) foram de 0,51 e 0,64 g planta-1, para as cultivares Sunrise Solo e Tainung-1, respectivamente, superando os apresentados por Teixeira et al. (2009) em mudas de mamoeiro formosa cultivadas em substrato comercial Plantmax® + areia + solo na proporção de 1:1:3.

Os substratos ‘1’ (2 Solo:1 Areia), ‘2’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco bovino) e ‘4’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco de galinha) foram os menos eficientes na produção de matéria seca das mudas da cultivar Sunrise Solo, com perdas, de respectivamente, 68,6, 43,1 e 43,1% em relação ao acúmulo de matéria seca das raízes obtidos das plantas crescidas no substrato ‘3’ (2 Solo: 1 Areia: 1 esterco ovino)(Tabela 4). Pelos resultados, as proporções de esterco bovino e de galinha utilizadas foram insuficientes para promover crescimento radicular adequado à cultivar Sunrise Solo. Para Mesquita et al. (2012), o substrato contendo 66% de esterco bovino em recipientes de um litro promovem o maior acúmulo de matéria seca das raízes à cultivar Sunrise Solo, já para Melo et al. (2007), os efeitos benéficos do esterco de galinha para o mamoeiro são obtidos quando se tem um percentual entre 45 e 60% no substrato. Comparativamente ao substrato '3', que contém apenas 25% de matéria orgânica oriunda do esterco de ovino, os resultados são semelhantes aos obtidos pelos autores citados.

Quanto à cultivar Tainung-1 todos os substratos resultaram em acúmulos matéria seca das raízes de, no mínimo, 45% superiores ao tratamento testemunha (Tabela 4). Essa superioridade indica exigência da cultivar por substratos à base de matéria orgânica (Tabela 1). Dessa forma, os substratos estudados podem ser usados como alternativa para a formação de mudas do mamoeiro cultivar Tainung-1, haja vista que plantas com maior aporte do sistema radicular, na maioria dos casos, possuem maior crescimento no campo após transplantio (Melo et al., 2007).

**Tabela 4.** Teste de comparação de médias (Tukey) relativo às variáveis matéria seca da raiz e matéria seca total entre as cultivares de mamoeiro em cada substrato e entre substratos em cada variedade de mamoeiro. *Comparison test of mean (Tukey) on variables root dry matter and total dry matter between the papaya cultivars in each substrate and between substrates in each variety of papaya.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Matéria Seca da Raiz (g) | Matéria Seca Total (g) |
| Substratos | Cultivares | Cultivares |
|  | Sunrise Solo | Tainung-1 | Sunrise Solo | Tainung-1 |
| 1 | 0,16 Ca | 0,26 Ca | 0,35 Ba | 0,57 Ba |
| 2 | 0,29B Cb | 0,46 Ba | 0,60 Bb | 1,13 ABa |
| 3 | 0,51 Ab | 0,64 Aa | 1,74 Aa | 1,71 Aa |
| 4 | 0,29 BCb | 0,48 Ba | 0,87 Ba | 1,35 Aa |
| 5 | 0,36 ABb | 0,49 ABa | 1,01 Ba | 1,16 ABa |

Letras maiúsculas descrevem os efeitos do substrato dentro de cada cultivar e letras minúsculas, a diferença entre as cultivares no dado substrato. *Manly letters describe the effects of substrate within each cultivar and lowercase letters , the difference between cultivars in the given substrate.*

O substrato ‘3’ (2 Solo: 1 Areia: 1 esterco ovino) revelou-se mais promissor ao acúmulo de matéria seca total das mudas de mamoeiro. Observa-se ainda que quando as mudas foram cultivadas no substrato ‘2’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco bovino), o acúmulo de matéria seca total da cultivar Tainung-1, superou em 1,88 vezes o acúmulo de matéria seca total da cultivar Sunrise Solo (Tabela 4). Essa diferença pode ser resposta da maior exigência nutricional da cultivar Surinse solo, tendo em vista que o substrato, apesar de conter alto teor de matéria orgânica, possuía baixo teor de potássio (Tabela 1). Esse comportamento, conforme informações contidas em Tsay et al. (2011), pode ser uma resposta da interação antagônica entre o nitrogênio da matéria orgânica (que se encontra não disponível) e o potássio, resultando na menor absorção do macronutriente pelas mudas, devido ao fato que o K é importante para o metabolismo do N, da mesma forma que o N favorece a absorção do K. Os resultados obtidos são superiores aos observados por Melo et al. (2007) ao avaliarem os efeitos da interação adubação fosfata e substratos, superam também os obtidos por Teixeira et al. (2009) usando doses de Lithothamniun e substratos organominerais na produção de mudas de mamoeiro.

As melhores mudas foram obtidas, no substrato ‘3’ (2 Solo: 1 Areia: 1 esterco ovino), conforme os maiores de índice de qualidade de Dickson, na ordem de 0,47 e 0,44 cm g-1 para as cultivares Tainung-1 e Sunrise Solo, respectivamente; esses resultados indicam o potencial desse substrato como alternativa para a produção de mudas de mamoeiro no semiárido (Tabela 5).

**Tabela 5.** Teste de comparação de médias (Tukey) referente à variável índice de qualidade de Dickson entre as cultivares de mamoeiro em cada substrato e entre substratos em cada variedade de mamoeiro. Comparison test of mean (Tukey) on the variable Dickson quality index among papaya cultivars in each substrate and between substrates in each variety of papaya.

|  |
| --- |
| Índice de qualidade de Dickson (IQD) (g cm-1) |
| Substratos | Cultivares |
|  | Sunrise Solo | Tainung-1 |
| 1 | 0,12 Ca | 0,17 Ba |
| 2 | 0,23B Cb | 0,33 Aa |
| 3 | 0,44 Aa | 0,47 Aa |
| 4 | 0,26 BCa | 0,36 Aa |
| 5 | 0,31 ABa | 0,37 Aa |

Letras maiúsculas descrevem os efeitos do substrato dentro de cada cultivar e letras minúsculas, a diferença entre as cultivares no dado substrato. *Manly letters describe the effects of substrate within each cultivar and lowercase letters , the difference between cultivars in the given substrate.*

Os maiores índices de qualidade de Dickson, relativos à cultivar Tainung - 1, indicam o seu potencial de desenvolvimento (Tabela 5).

Os diferentes substratos não influenciaram na relação altura/diâmetro caulinar (RAD) das cultivares de mamoeiro. Por outro lado, as cultivares de mamoeiro demonstraram potenciais de crescimento diferenciados, pois na cultivar Tainung-1 verificou-se a maior relação altura/diâmetro caulinar em comparação com a Sunrise Solo com valores de 1,87 e 1,48 cm mm-1, respectivamente, correspondendo a uma diferença de 20,8% (Figura 2A).

Ao considerar que a relação altura/diâmetro caulinar faz inferência ao equilíbrio de crescimento das plantas, pode-se dizer que valores próximos de 1,0 são mais interessantes, já que remetem ao equilíbrio entre as variáveis e denotando uma menor influência de estresse abióticos, a exemplo de desordens nutricionais e ocorrência de estiolamento das mudas, com isso promovendo maior resistência as condições de campo. Destaca-se, ainda, que a RAD não é uma boa variável para tomar como referência de qualidade em mudas de mamoeiro, já que nas mudas da cultivar Tainung-1 embora tenha se notado maiores valores de RAD. Constatou-se também o maior vigor, não apresentando limitações quando a qualidade da muda, como foi observado no índice de qualidade de Dickson. A ineficiência da RAD como referencia de qualidade das mudas foi observado por Costa et al. (2012) em tamarineiro.

|  |  |
| --- | --- |
| A | B |
|  |

**Figura 2.** (A) Relação altura/diâmetro do caule (RAD) e (B) Relação raiz/parte aérea (RRPA) de mudas de mamoeiro em função de cultivares e substratos com diferentes fontes de matéria orgânica, respectivamente.Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). *(A) ratio height / stem diameter (RAD) and (B) ratio root / shoot (RRPA) of papaya seedlings in relation to cultivars and substrates with different sources of organic matter, respectively. Means followed by the same letter do not differ by Tukey test (p <0.05).*

Como pode ser verificado na Figura 2B, os maiores valores da relação raiz/parte aérea foram obtidos nas mudas de mamoeiro crescidas nos substratos ‘1’ (2 Solo:1 Areia) e ‘2’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco bovino) com valores de 0,83 g g-1 (Figura 2B). O aumento da relação raiz/parte aérea indica expansão do sistema radicular de modo a garantir maior exploração de solo para absorção de água e nutrientes (Sá et al., 2013). Pelos resultados, o aumento da relação raiz/parte aérea nas mudas de mamoeiro cultivadas nos substratos ‘1’ e ‘2’ é o reflexo dos baixos teores de nutrientes observados nesses substratos em relação aos demais (Tabela 1).

Conforme a Tabela 6, a interação substrato x cultivares interferiu com efeitos significativos apenas na concentração interna de CO2 e na eficiência instantânea da carboxilação. Os diferentes substratos exerceram efeitos significativos na transpiração, condutância estomática, taxa de assimilação liquida, e eficiência do uso da água pelas mudas de mamoeiro. Os efeitos significativos estão coerentes com os observados por Reis & Campostrine (2011), ao avaliarem a transpiração e a taxa de assimilação de CO2 de plantas de mamoeiro em condições de campo.

**Tabela 6.** Resumo das análises de variância referentes às variáveis concentração interna de CO2 (*Ci*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), Taxa de assimilação de CO2 (*A*), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência instantânea da carboxilação (ФC) relativo às variedades de mamoeiro cultivadas em substratos com diferentes fontes de matéria orgânica. *Summary analysis of variance on the variables intercellular CO2 concentration (Ci), transpiration (E), stomatal conductance (gs), CO2 assimilation rate (A), water use efficiency (EUA) and instantaneous efficiency of carboxylation (ФC) on varieties of papaya grown on substrates with different sources of organic matter.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Quadrado médio  |
| FV | GL | Ci | E | *gs* | A | EUA | ФC |
| S | 4 | 2056,25\*\* | 0,488\*\* | 0,0021\* | 9,58\*\* | 2,06\*\* | 0,000329\*\* |
| C | 1 | 448,53ns | 0,006ns | 0,0003ns | 0,02ns | 0,05ns | 0,000002ns |
| S x C | 4 | 1359,61\*\* | 0,150ns | 0,0006ns | 0,71ns | 0,33ns | 0,000132\*\* |
| BLOCO | 2 | 999,23\*\* | 0,005ns | 0,0004ns | 0,66ns | 0,29ns | 0,000027ns |
| ERRO | 18 | 185,67 | 0,062 | 0,0007 | 1,38 | 0,23 | 0,000035 |
| CV |  | 5,40 | 13,60 | 26,54 | 18,70 | 14,55 | 23,29 |

\*\*= significativo a 1% de probabilidade, \*= significativo a 5% de probabilidade; NS= não significativo; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação. *\*\* = 1% probability, \* = 5% probability; NS = not significant; GL = degrees of freedom; CV = coefficient of variation.*

As maiores concentrações internas de CO2 (Ci) foram observadas nas mudas cultivadas do substrato ‘1’ (2 Solo:1 Areia), independente da cultivar (Tabela 7). Esses resultados se relacionam com as menores taxas de assimilação de CO2 indicando uma baixa atividade da ribulose 1,5 bifosfato carboxilase oxigenase (Rubisco), tendo em vista que o CO2 serve de substrato para atividade dessa enzima (Machado et al., 2005).

Ao avaliar o desempenho das cultivares nos distintos substratos, observa-se nas mudas da cultivar Tainung-1 produzidas no substrato 5 (2 solo: ½ areia: ½ esterco bovino: ½ esterco ovino: ½ esterco de galinha) maiores concentrações interna de CO2 em relação as da cultivar Sunrise Solo, no entanto, os valores observados estão dentro da faixa descrita por Taiz & Zeiger (2009) para plantas C3 (entre 240 e 280 µmol mol-1), indicando eficiência no influxo de CO2 das mudas independente do substrato estudado .

Entre os substratos estudados, destaca-se o ‘4’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco de galinha) por ter proporcionado às mudas de mamoeiro o maior transpiração (2,2 mol de H2O m-2 s-1), já os menores valores foram observados nas mudas cultivadas no substrato ‘3’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco ovino) (1,49 mol de H2O m-2 s-1), sendo 32,2% inferior a obtida no substrato ‘4’ (Figura 3A).

Possivelmente maiores transpirações obtidas pelas mudas cultivadas nos substratos ‘1’ (2 Solo:1 Areia), ‘2’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco bovino), ‘4’ e ‘5’ (2 solo: ½ areia: ½ esterco bovino: ½ esterco ovino: ½ esterco de galinha) em relação ao substrato ‘3’ (Figura 3A), estão relacionados a necessidade de regular a temperatura da plantas, além de aperfeiçoar a absorção dos nutrientes minerais, impulsionando o desenvolvimento das plantas (Taiz & Zeiger, 2009).

**Tabela 7.** Teste de comparação de médias (Tukey) referente à variável concentração interna de CO2 (Ci) entre as cultivares de mamoeiro em cada substrato e entre substratos em cada variedades de mamoeiro. *Comparison test of mean (Tukey) on the variable intercellular CO2 concentration (Ci) between the papaya cultivars in each substrate and between substrates in each varieties of papaya.*

|  |
| --- |
| Concentração intercelular de CO2 (Ci) (µmol.mol-1) |
| Substratos | Cultivares |
|  | Sunrise Solo | Tainung-1 |
| 1 | 277,66 Aa | 282,33 Aa |
| 2 | 254,33 ABa | 255,33 Ba |
| 3 | 250,66 ABa | 215,00 Ba |
| 4 | 226,66 Ba | 249,33 Ba |
| 5 | 233,00 Bb | 279,00 Ba |

Letras maiúsculas descrevem os efeitos do substrato dentro de cada cultivar e letras minúsculas, a diferença entre as cultivares no dado substrato. *Manly letters describe the effects of substrate within each cultivar and lowercase letters , the difference between cultivars in the given substrate.*

Nas mudas produzidas com os substratos ‘2’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco bovino), ‘4’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco de galinha) e ‘5’ (2 solo: ½ areia: ½ esterco bovino: ½ esterco ovino: ½ esterco de galinha) constatou-se o maior valor de condutância estomática 0,11 (mol de H2O m-2 s-1), superando em 36% o valor de 0,7 (mol de H2O m-2 s-1), obtido nas plantas cultivadas no substrato ‘1’ (Controle sem matéria orgânica) e ‘3’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco ovino) (Figura 3 B). Essa superioridade indica a importância do uso de fontes orgânicas na produção de mudas de mamoeiro, visto que a condutância estomática é um dos fatores limitantes para a adequada regulação do processo fotossintético (Reis & Campostrine, 2011). No entanto, os resultados verificado no substrato ‘3’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco ovino), podem estar relacionado a necessidade de redução da atividade transpiratória visando a perda de água, haja vista que as mudas desse tratamento obtiveram o maior crescimento e número de folhas, e esse comportamento não comprometeu a eficiência do uso da água (Figura 3D).

|  |  |
| --- | --- |
| A | B |
| C | D |

**Figura 3.** (A) Transpiração (*E*), (B) condutância estomática (*gs*), (C) taxa de assimilação de CO2 (A) e (D) eficiência do uso da água (EUA) das variedades de mamoeiro em função dos substratos com diferentes fontes de matéria orgânica.Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05). *(A) Transpiration (E), (B) stomatal conductance (gs), (C) CO2 assimilation rate (A) and (D) water use efficiency (WUE) of varieties of papaya in relation to substrates with different organic materials. Means followed by the same letter do not differ by Tukey test (p < 0.05).*

De forma similar aos resultados da condutância estomática e concentração intercelular de CO2, a menor taxa de assimilação liquida foi observada para as mudas cultivadas no substrato ‘1’ (testemunha) (4,26 µmol m-2 s-1), sendo este valor menor em 38,1, 27,1, 41,6 e 40,1%, em relação às taxa de assimilação liquida de CO2 obtidas nas mudas cultivadas nos substratos 2 (2 Solo: 1 Areia: 1 esterco bovino), 3 (2 Solo: 1 Areia: 1 esterco ovino), 4 (2 Solo: 1 Areia: 1 esterco de galinha) e 5 (2 solo: ½ areia: ½ esterco bovino: ½ esterco ovino: ½ esterco de galinha), respectivamente (Figura 3C).

Para Machado et al. (2005) praticamente toda massa seca acumulada em uma planta, durante seu crescimento, tem origem no processo fotossintético de fixação de carbono atmosférico, o que representa, em média, 95% de toda matéria seca acumulada pela planta. Desse modo, substratos que proporcionem maiores valores de taxa fotossintética favorecem também o maior crescimento e acúmulo de matéria seca de mudas. Situação que pode ser confirmada pela relação entre as variáveis, já que a adição de materiais orgânicos favoreceram, às plantas, a observação de uma maior taxa de assimilação de CO2 (Figura 3C) e acúmulo de matéria seca das mudas de mamoeiro (Tabela 4).

Observa-se que os substratos ‘3’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco ovino), ‘4’ (2 Solo:1 Areia: 1 esterco de galinha) e ‘5’ (2 solo: ½ areia: ½ esterco bovino: ½ esterco ovino: ½ esterco de galinha) estimularam a eficiência do uso da água (Figura 3D), representando otimização entre a perda de água pela transpiração e assimilação de CO2 das mudas de mamoeiro (Taiz & Zeiger, 2009). Fato este muito importante para a propagação das plantas em regiões de clima seco, típico da região do Nordeste do Brasil, a qual é composta por regiões de clima semiárido, onde a disponibilidade hídrica e qualidade dos recursos hídricos são restritos (Medeiros, 2003; Holanda et al., 2010).

Nas cultivares de mamoeiro, observou-se resposta fisiológicas diferenciadas quanto à eficiência intrínseca da carboxilação em função dos substratos (Tabela 8). Os maiores valores foram determinados nas plantas da cultivar Sunrise Solo quando cultivados nos substratos ‘4’ (2 Solo: 1 Areia: 1 esterco de galinha) e ‘5’ (2 solo: ½ areia: ½ esterco bovino: ½ esterco ovino: ½ esterco de galinha), como pode ser constatado na Tabela 8. Nas plantas da cultivar Tainung 1, os melhores substratos quanto ao eficiência na carboxilação foram o ‘2’ (2 Solo: 1 Areia: 1 esterco bovino) e ‘4’ (2 Solo: 1 Areia: 1 esterco de galinha). Na interposição entre cultivares, nota-se divergência para eficiência do uso do carbono quando cultivadas sob o substrato ‘5’ (2 solo: ½ areia: ½ esterco bovino: ½ esterco ovino: ½ esterco de galinha), o qual favoreceu a cultivar Sunrise Solo quanto a eficiência do uso do carbono. A matéria orgânica é fonte de N que participa das proteínas envolvidas processo fotossintético, como é o caso da RUBISCO. Este fato pode ter contribuído para o aumento da fotossíntese. Além de que o adubo orgânico favorece a disponibilização de outros nutrientes que exercem efeitos diretos na fotossíntese a exemplo do fosforo e do potássio.

**Tabela 8.** Teste de comparação de médias (Tukey), relativo a variável eficiência instantânea da carboxilação (Фc, *A*/Ci), entre as cultivares de mamoeiro em cada substrato e entre substratos em cada variedades de mamoeiro. *Comparison test of mean (Tukey) on the variable instantaneous efficiency of carboxylation (Фc, A/C), between the papaya cultivars in each substrate and between substrates in each varieties of papaya.*

|  |
| --- |
| Eficiência instantânea da carboxilação Фc (*A*/Ci)  |
| Substratos | Cultivares |
|  | Sunrise Solo | Tainung-1 |
| 1 | 0,013 Ca | 0,014 Ba |
| 2 |  0,025 ABCa | 0,031 Aa |
| 3 |  0,019 BCa |  0,026 ABa |
| 4 |  0,033 ABa |  0,032 Aa |
| 5 | 0,037 Aa |  0,021 ABb |

Letras maiúsculas descrevem os efeitos do substrato dentro de cada cultivar e letras minúsculas, a diferença entre as cultivares no dado substrato. *Manly letters describe the effects of substrate within each cultivar and lowercase letters , the difference between cultivars in the given substrate.*

**Conclusões**

O uso do adubo orgânico na composição de substratos para a produção de mudas de meloeiro, independente da fonte, promove crescimento, acúmulo de matéria seca e as trocas gasosas satisfatórios as mudas de mamoeiro.

 As mudas de melhor qualidade foram obtidas no substrato com 2 partes de solo, 1 parte de areia e 1 parte de esterco ovino.

A cultivar Tainung 1 produziu mudas de melhor qualidade.

**Referências**

ARAÚJO, AC, ARAÚJO, AC, DANTAS, MKL, PEREIRA, WE, ALOUFA, MAI (2013). Utilização de substratos orgânicos na produção de mudas de mamoeiro Formosa. Revista Brasileira de Agroecologia 8(1):210-216.

BRITO, MEB, SOARES, LAA, FERNANDES, PD, LIMA, GS, SÁ, FVS, MELO, AS (2012). Comportamento fisiológico de combinações copa/porta-enxerto de citros sob estresse hídrico. Revista Brasileira de Ciências Agrárias 7:857-865. doi: 10.5039/agraria.v7isa1941.

CAVALCANTE, LF, CORDEIRO, JC, NASCIMENTO, JAM, CAVALCANTE, ÍHL, DIAS, TJ (2010). Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise Solo. Semina: Ciências Agrárias 31:1281-1290.

COSTA, E, FERREIRA, AFA, SILVA, PNL, NARDELLI, EMV (2012). Diferentes composições de substratos e ambientes protegidos na formação de mudas de pé-franco de tamarindeiro. Revista Brasileira de Fruticultura 34(4):1189-1198. doi: 10.1590/S0100-29452012000400028.

FERREIRA, DF (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência Agrotecnologia 35(6): 1039-1042. doi: 10.1590/S1413-70542011000600001.

HOLANDA, JS, AMORIM, JRA, FERREIRA NETO, M, HOLANDA, AC (2010). Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, HR, DIAS, NS, LACERDA, CF (eds.), Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados, Fortaleza-CE: INCTSal, Parte – II, Cap. 4, p. 43-61.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. (2014). Produção agrícola municipal. <http://www.sidra.ibge.gov.br> Acesso em 23 jun. 2014.

LEITÃO, TEMFS, TAVARES, JC, RODRIGUES, GSO, GUIMARÃES, AA, DEMARTELAERE, ACF (2009). Avaliação de mudas de mamão submetidas á diferentes níveis de adubação nitrogenada. Revista Caatinga 22(3):160-165.

MACHADO, EC, SCHMIDT, PT, MEDINA, CL, RIBEIRO, RV (2005).Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. Pesquisa Agropecuária Brasileira 40 (12):1161-1170.

MANICA, I (2006). Cultivares e melhoramentos. IN: MANICA, I, MARTINS, DS, VENTURA, JA (Eds.). Mamão: Tecnologia de Produção Pós-Colheita, Exportação, Mercados, Porto Alegre - RS: Cinco continentes, Cap. 3, p. 49-82.

MEDEIROS, JF, LISBOA, RA, OLIVEIRA, M, SILVA JÚNIOR, MJ, ALVES, LP (2003). Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental7:469-472. doi: 10.1590/S1415-43662003000300010.

MELO, AS, COSTA, CX, BRITO, MEB, VIÉGAS, PRA, SILVA JÚNIOR, CD (2007). Produção de mudas de mamoeiro em diferentes substratos e doses de fósforo. Revista Brasileira Ciências Agrárias 2(4):257-261.

MENDONÇA, AVR, CARNEIRO, JGA, FREITAS, TAS, BARROSO, DG (2010). Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp. submetidas a estresse salino. Ciência Florestal, 20(2):255-267.

MESQUITA, EF, CHAVES, LHG, FREITAS, BV, SILVA, GA, SOUSA, MVR, ANDRADE, R (2012). Produção de mudas de mamoeiro em função de substratos contendo esterco bovino e volumes de recipientes. Revista Brasileira de Ciências Agrárias 7(1):58-65. doi: 10.5039/agraria.v7i1a1448.

REIS, FO, CAMPOSTRINI, E (2011). Microaspersão de água sobre a copa: um estudo relacionado às trocas gasosas e à eficiência fotoquímica em plantas de mamoeiro. Revista Brasileira de Agrociência 17 (1-4):66-77.

TEIXEIRA, GA, SOUZA, HA, MENDONÇA, V, RAMOS, JD, CHALFUN, NNJ, FERREIRA, EA, MELO, PC (2009). Produção de mudas de mamoeiro ‘Formosa’ em substratos com doses de lithothamnium. Revista da FZVA 16(2):220-229.

SÁ, FVS, BRITO, MEB, MELO, AS, ANTÔNIO NETO, P, FERNANDES, PD, FERREIRA, IB (2013). Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental 17(10):1047-1054. doi: 10.1590/S1415-43662013001000004.

TAIZ, L, ZEIGER, E (2009). Fisiologia vegetal. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 819p.

TSAY, Y, CHENG, HH, CHEN, HY, LIN, SH (2011). Integration of nitrogen and potassium signaling. Annual Review of Plant Biology 62(1):207-226. doi: 10.1146/annurev-arplant-042110-103837.