

Adubação orgânica como fator determinante de emergência e crescimento de mudas de maracujá-amarelo

Organic fertilization as a determining factor for emergence and growth of yellow passion fruit

La fertilización orgánica como factor determinante para la emergencia y crecimiento de plántulas de maracuyá amarilla

Recebido: 06/07/2022 | Revisado: 24/07/2022 | Aceito: 26/07/2022 | Publicado: 04/08/2022

Erica Heloise Freitas Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5259-2410>

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

E-mail: erica.freitas2005@hotmail.com

José Aliçandro Bezerra da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7189-2673>

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

E-mail: alissandrojbs@gmail.com

Miguel Julio Machado Guimarães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5497-6442>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Brasil

E-mail: mjmguimaraes@hotmail.com

Diego Ariel Meloni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9869-3455>

Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina

E-mail: dmeloniunse@gmail.com

Jadisson Lincoln Gomes Castro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5879-1093>

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

E-mail: jadisson.castro@hotmail.com

Ana Vitória Freire Neves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7040-4591>

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

E-mail: anafreire.fn@gmail.com

Nicolly Quirino Barros Vieira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9651-2443>

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

E-mail: nicollyqbv@gmail.com

Anderson da Silva Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0734-6237>

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

E-mail: anderson24452445@gmail.com

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes níveis de adubação orgânica sobre a emergência e o crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo sob condições semiáridas. O experimento foi realizado usando delineamento em blocos inteiramente casualizados, em arranjo fatorial 3:5 consistindo de três compostos orgânicos [humus (HU), esterco caprino (EC) e torta de filtro de cana-de-açúcar (TCA)] e cinco níveis de adubação (T1 = 100% de solo; T2 = 20% do composto + 80% de solo; T3 = 40% do composto + 60% de solo; T4 = 60% do composto + 40% de solo; e T5 = 80% do composto + 20% de solo), dispostos em 3 blocos com 30 repetições por parcela. Foram avaliados parâmetros referentes à emergência e ao crescimento inicial das plantas de maracujá. A avaliação dos dados de cada tratamento mostrou que o uso de 56% de humus, 48% de TCA e 41% de esterco caprino promoveu os melhores resultados de emergência e crescimento de mudas e de trocas gasosas. Todavia, a comparação entre os três compostos orgânicos indicou que o tratamento com 56% de humus promoveu melhor desempenho dos parâmetros crescimento e de massas fresca e seca, mostrando ser uma boa opção para a produção de mudas com adubação orgânica.

Palavras-chave: Produção de mudas; Sustentabilidade; Germinação.

Abstract

The objective of the present work was to evaluate the effect of different levels of organic fertilization on the emergence and growth of yellow passion fruit seedlings under semi-arid conditions. The experiment was carried out

using a completely randomized block design, in a 3:5 factorial arrangement consisting of three organic compounds [humus (HU), goat manure (EC) and sugarcane filter cake (TCA)] and five levels of fertilization (T1 = 100% of soil; T2 = 20% of compost + 80% of soil; T3 = 40% of compost + 60% of soil; T4 = 60% of compost + 40% of soil; and T5 = 80 % of compost + 20% of soil), arranged in 3 blocks with 30 repetitions per plot. Parameters referring to emergence and initial growth of passion fruit plants were evaluated. The evaluation of the data of each treatment showed that the use of 56% of humus, 48% of TCA and 41% of goat manure promoted the best results of emergence and growth of seedlings and gas exchange. However, the comparison of the three organic compounds indicated that the treatment with 56% of humus promoted better performance of the parameters growth and of fresh and dry mass, showing to be a good option for the production of seedlings with organic fertilization.

Keywords: Seedling production, Sustainability, Germination

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes niveles de fertilización orgánica sobre la emergencia y crecimiento de plántulas de maracujá amarillo en condiciones semiáridas. El experimento se llevó a cabo utilizando un diseño de bloques completamente al azar, en arreglo factorial 3:5 que consta de tres compuestos orgánicos [humus (HU), estiércol de cabra (EC) y torta de filtración de caña de azúcar (TCA)] y cinco niveles de fertilización (T1 = 100 % de suelo; T2 = 20 % de compost + 80 % de suelo; T3 = 40 % de compost + 60 % de suelo; T4 = 60 % de compost + 40 % de suelo; y T5 = 80 % de compost + 20% de suelo), dispuestas en 3 bloques con 30 repeticiones por parcela. Se evaluaron parámetros referentes a la emergencia y crecimiento inicial de plantas de maracujá. La evaluación de los datos de cada tratamiento mostró que el uso de 56% de humus, 48% de TCA y 41% de estiércol caprino promovieron los mejores resultados de emergencia y crecimiento de plántulas e intercambio gaseoso. Sin embargo, la comparación de los tres compuestos orgánicos indicó que el tratamiento con 56% de humus promovió un mejor desempeño de los parámetros de crecimiento y de masa fresca y seca, mostrándose como una buena opción para la producción de plántulas con fertilización orgánica.

Palabras clave: Producción de plántulas; Sostenibilidad; Germinación.

1. Introdução

O maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis*) é uma espécie frutífera nativa da América do Sul, apresentando grandes produções em países tropicais e subtropicais, sendo o Brasil classificado como um dos maiores produtores e consumidores (Pires et al., 2011). Além disso, a cultura do maracujá vem se destacando como uma alternativa agrícola para pequenas propriedades, potencializando a diversificação do mercado de fruticultura para a agricultura familiar (Furlaneto et al., 2014).

A adubação orgânica também pode influenciar o crescimento de mudas de várias espécies de plantas, incluindo as de maracujazeiro. De acordo com Berilli et al. (2017), compostos de origem orgânica são utilizados na composição de substratos de mudas e se diferenciam quanto ao seu potencial, uma vez que a utilização desses pode levar a alterações das características químicas, físicas e microbiológicas do solo, afetando o desenvolvimento das plantas ().

A adição de adubos orgânicos pode melhorar as características químicas e físicas do solo, podendo influenciar as etapas fenológicas durante os ciclos de vida de diversas espécies de plantas, alterando, por exemplo, a germinação de sementes e, conseqüentemente, a emergência de plântulas. Cancellier et al. (2010) ao usarem adubação orgânica, constataram incremento no índice de emergência a partir de melhorias nas propriedades físicas do substrato. Resultado semelhante foi encontrado por Silva et al. (2019), ao avaliarem o efeito do uso de diferentes compostos orgânicos sobre a emergência e o desenvolvimento do maracujazeiro-amarelo, encontraram um aumento no índice de velocidade de emergência ao utilizarem substratos contendo resíduo de torrefação de café e afirmaram que as características físicas desse resíduo, como a boa porcentagem de microporos, proporcionou ao substrato uma capacidade de retenção de água adequada, gerando menor impedimento físico à emergência das plantas.

A matéria orgânica pode ser considerada uma ótima fonte de energia e nutrientes para o ciclo biológico de diversas espécies de organismos, mantendo o solo em estado dinâmico e exercendo importante papel na fertilidade do solo. A torta de filtro, por exemplo, é um composto orgânico que apresenta altos teores de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio e cálcio e teores consideráveis de potássio e magnésio (Nunes Júnior, 2005), os quais geram efeitos sobre as propriedades químicas do

solo, como aumento da disponibilidade de nitrogênio, fósforo e cálcio, melhores valores de CTC e diminuição dos teores de Al trocável (Barros et al., 2014).

O esterco caprino, outro exemplo de uso de matéria orgânica em substratos de cultivo, tem se apresentado como potencial adubo orgânico devido ao seu uso em pesquisas na área de fruticultura (Araújo et al., 2010). Alves e Pinheiro (2008) examinaram seu potencial na manutenção do solo em comparação ao uso de outros adubos orgânicos, e afirmaram que sua adição estimula a recuperação de áreas degradadas, melhorando as características físicas e químicas do solo para a implantação de uma agricultura sustentável.

Outros compostos podem se destacar em estudos sobre a produção de mudas, como por exemplo, o uso de vermicomposto, o húmus. Segundo Atiyeh et al. (2002), a utilização de húmus em substratos incrementa a população microbiana benéfica e auxilia na disponibilização de nutrientes minerais para as plantas e, conseqüentemente, auxilia no crescimento das plantas. Apesar do uso de compostos orgânicos nos diversos sistemas de cultivo ser extremamente importante, é necessário destacar que existem poucos trabalhos sobre o assunto na literatura, principalmente, se referindo à produção de mudas de maracujá.

Portanto, ao considerar os possíveis benefícios da adubação orgânica para a produção de mudas de maracujazeiro-amarelo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes níveis de adubação com húmus, esterco caprino e torta de filtro de cana-de-açúcar sobre a emergência e o crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo sob condições semiáridas.

2. Metodologia

O experimento foi realizado em viveiro fechado com 50% de sombreamento, localizado no campus da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), no município de Juazeiro, BA. O clima da região é do tipo BSw_h, clima quente de caatinga, segundo a classificação de Köppen, com chuvas de verão e períodos secos bem definidos no inverno (Lopes et al, 2017). Durante o experimento, a temperatura média foi de 28°C, a umidade relativa do ar média foi de 62% e a precipitação média foi de 40 mm.

O solo utilizado para a implantação do experimento foi classificado como Cambissolo Vermelho Eutrófico, coletado no povoado de Carnaíba dos Sertões, no município de Juazeiro-BA, e os compostos orgânicos utilizados foram: húmus (HU), esterco caprino (EC) e torta de filtro de cana-de-açúcar (TCA). Tanto o solo como os compostos orgânicos foram analisados em laboratório especializado para determinar as suas composições químicas, cujos resultados estão dispostos na Tabela 1.

Para a avaliação do efeito da utilização dos compostos orgânicos como substratos sobre a emergência de sementes e crescimento de mudas de maracujazeiro, o experimento foi realizado com delineamento em blocos inteiramente casualizados, em arranjo fatorial 3x5 consistindo de três compostos orgânicos [húmus (HU), esterco caprino (EC) e torta de filtro de cana-de-açúcar (TCA)] e cinco níveis de adubação (T1 = 100% de solo; T2 = 20% do composto + 80% de solo; T3 = 40% do composto + 60% de solo; T4 = 60% do composto + 40% de solo ; e T5 = 80% do composto + 20% de solo), dispostos em 3 blocos com 30 repetições por parcela.

O plantio foi realizado em sacos plásticos específicos para mudas de maracujá, com dimensões de 14 × 28 × 2 cm, os quais foram preenchidos com os substratos, utilizando uma semente por cova à profundidade de 1 a 2 cm.

Tabela 1. Análise química do Cambissolo Vermelho Eutrófico e compostos orgânicos utilizados, humus (HU), esterco caprino (EC) e torta de filtro de cana-de-açúcar (TCA).

Nutrientes	Cambissolo Vermelho Eutrófico	Interpretação* (Solo)	Humus (g/kg)	Esterco caprino (g/kg)	Torta de filtro (g/kg)
N	-	-	12,88	8,4	10,22
P	15,0 mg/dm ³	Médio	2,55	0,13	12,85
K	0,20 cmol _c /dm ³	Médio	3,81	0,26	3,23
Cu	1,8 mg/dm ³	Alto	0,023	0,006	0,08
Mn	45,1 mg/dm ³	Alto	0,56	0,102	1,14
Zn	0,8 mg/dm ³	Baixo	0,0001	0	0,0002
Fe	10,5 mg/dm ³	Alto	8,41	0,86	10,29
B	0,8 mg/dm ³	Alto	0	0,043	0
C	-	-	76,46	45,9	217,02
Mg	1,35 cmol _c /dm ³	Adequado	5,61	0,36	4,56
Ca	15,27 cmol _c /dm ³	Alto	9,53	2,38	23,82
S	16,88 cmol _c /dm ³	-	2,62	0,81	2,62
Na	0,05 cmol _c /dm ³	-	0,52	0,01	0,62
Mat. Org	24,30 g/kg	Adequado			

*As indicações de interpretação contidas nessa análise fazem parte do "Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo" publicado pela Embrapa sob ISSN1678-1953. Fonte: Autores.

Durante o período de 30 dias, após a emergência da primeira plântula, foram realizadas avaliações diárias com objetivo de determinação dos seguintes parâmetros: percentual de emergência (%); índice de velocidade de emergência (IVE), considerando o número de emergências de plantas por dia; e tempo médio de emergência (TME) em dias. Estes parâmetros foram calculados de acordo com a metodologia de Labouriau (1983).

O período total do experimento foi de 60 dias, a cada 20 dias foram coletados os dados de avaliação morfológica referente ao diâmetro e comprimento do caule, foi determinado também o número de folhas de cada planta, totalizando 3 avaliações durante o período de condução experimental. Para a coleta dos dados foram selecionadas dez mudas por parcela de cada tratamento foram selecionadas aleatoriamente.

O diâmetro de caule foi determinado usando um paquímetro, o comprimento de caule foi medido com uma régua e a quantidade de folhas foi obtida por contagem.

As análises das trocas gasosas consistiram na determinação dos parâmetros fotossíntese (A), condutância estomática (gs), concentração de CO₂ intracelular (Ci) e transpiração foliar (E), utilizando um analisador de gás infravermelho (*Infra Red Gas Analyser*, Li 6400, Licor). Para as coletas de dados foram utilizadas 3 folhas, utilizando 3 plantas por parcela; com as seguintes características: seleção de folhas saudáveis e uniformes quanto a cor, tamanho, idade e posicionamento em relação ao caule. As folhas foram expostas à densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos saturantes de 1.400 mmol m⁻² s⁻¹.

A análise de conteúdos de massa fresca e massa seca de folhas, caules e raízes foi realizada após 60 dias de cultivo. Dez mudas por parcela de cada tratamento foram selecionadas ao acaso e pesadas em balança analítica para determinação da massa fresca. Em seguida, essas amostras vegetais foram colocadas em sacos de papel para secagem em estufa a 60°C até atingir peso constante.

Os dados obtidos nos experimentos foram ajustados a modelos de regressão e comparados pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

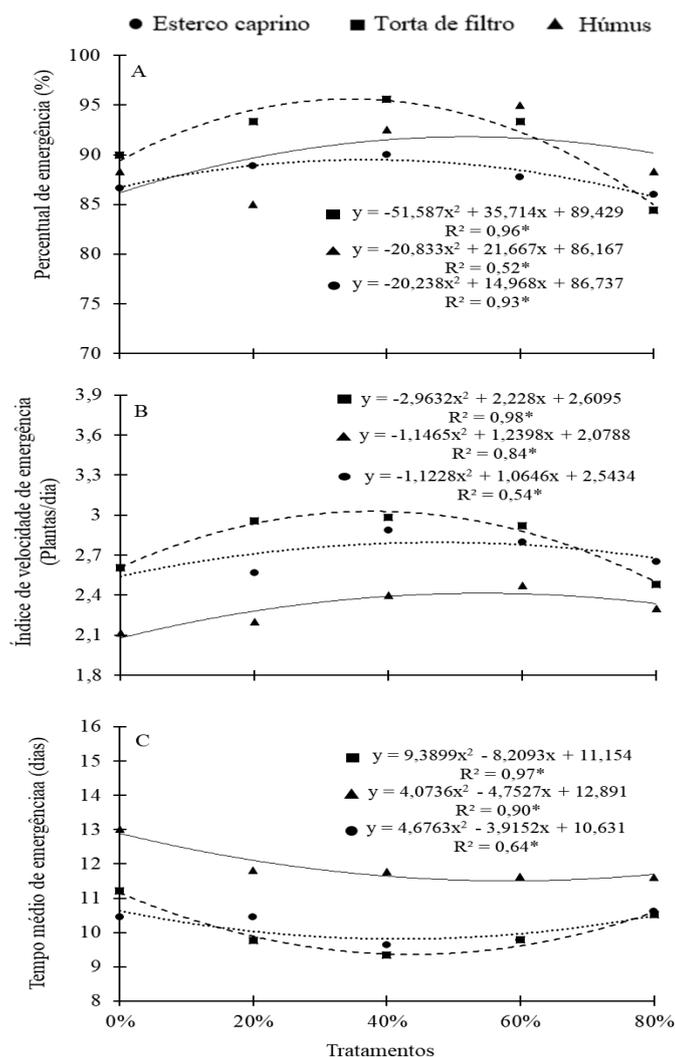
3. Resultados e Discussão

A análise de regressão quadrática para o parâmetro percentual de emergência (Figura 1A) mostrou que os melhores resultados foram encontrados com a adição de 35% de torta de filtro de cana-de-açúcar (TCA), 52% de húmus (HU) e 37% de esterco caprino (EC) ao solo. Dentre os três compostos, a adição de 35% de TCA promoveu os melhores resultados, apresentando um máximo de 95% de emergência com a menor quantidade de adubo aplicado quando comparada às quantidades de HU e EC, resultando, assim, em uma maior viabilidade econômica.

Os tratamentos com 38% de TCA, 54% de HU e 47% de EC apresentaram os melhores IVE (Figura 1B), resultado semelhante ao do percentual de emergência, pois o composto orgânico TCA apresentou novamente os melhores resultados com uma menor quantidade adicionada ao solo.

Para avaliação do tempo médio de emergência, os resultados mostraram que a adição de 44% de TCA, 58% de HU e 42% de esterco ao solo promoveram os melhores índices. Comparando os três compostos, o menor tempo médio de emergência também foi encontrado nos tratamentos com TCA. Induzindo assim as plantas a terem melhor performance durante o processo de germinação e emergência das plântulas.

Figura 1. Percentual de emergência (A), índice de velocidade de emergência (B) e tempo médio de emergência (C) de plântulas de maracujazeiro-amarelo, em três experimentos com cinco tratamentos constituídos de diferentes níveis de compostos orgânicos (húmus, esterco caprino e torta de filtro de cana-de-açúcar, de 0 a 80% + Cambissolo).



Valores de R^2 seguidos de * = regressão significativa; quando a regressão não for significativa, o valor de y é igual a média (\bar{y}) dos valores dos cinco tratamentos. Fonte: Autores.

Estas variações dos resultados podem ser explicadas em função das características químicas e físicas de cada composto orgânico adicionado ao solo, que podem interagir de diferentes maneiras, como por exemplo, aumentando a quantidade de minerais na solução do solo, melhorando a disponibilidade de macro e micronutrientes, aumentando a aeração do solo e a retenção de água, além de aumentar a quantidade de matéria orgânica no substrato que, a depender do tipo substrato, pode maximizar ou dificultar a germinação dependendo da quantidade aplicada. Klein (2015), caracterizando as propriedades físicas de bagaço de cana e seus derivados, concluiu que este substrato apresenta boa estabilidade de partícula e satisfatória porosidade, apresentando um total acima de $0,50 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$, características estas desejáveis em substratos usados para produção de mudas; o mesmo autor também observou aumento da disponibilidade de macro e da quantidade de microporos ao adicionar bagaço de cana e seus derivados ao solo.

Nem sempre a aplicação de compostos orgânicos ao solo beneficia a germinação. O uso de TCA, EC e HU em proporções acima de 35%, 37% e 52%, respectivamente, promoveram uma queda no percentual de emergência das plântulas.

Esses resultados podem ser explicados, provavelmente, devido ao aumento de densidade do solo devido à adesão da matéria orgânica nas partículas do solo que, em quantidade adequada, é benéfica para a germinação, pois aumenta o contato entre a semente e o substrato (Libardi, 2005), entretanto, em grande quantidade, ela reduz os macroporos e aumenta a compactação do substrato, dificultando a aeração do solo e reduzindo, assim, a emergência de plântulas.

Steffen et al. (2010) analisaram os efeitos do uso dos substratos húmus, esterco bovino e casca de arroz sobre o crescimento de mudas de boca-de-leão e, semelhantemente ao presente trabalho, encontraram que a adição de mais de 60% de húmus aumentou a densidade do solo, conseqüentemente, aumentando a retenção de água no solo e reduzindo a aeração, sendo, assim, prejudicial à emergência da plântula e ao seu desenvolvimento.

É importante destacar que os percentuais de 35, 38 e 44% de TCA promoveram os melhores resultados para os parâmetros índice de percentual, velocidade, tempo médio de emergência respectivamente. Esses resultados podem estar relacionados à quantidade de carbono no TCA (Tabela1) quando comparada à dos demais compostos, pois este composto orgânico apresentou 217,02 g de C/kg de solo, resultado superior ao do HU (76,46 g de C/kg de solo) e ao do EC (45,9 g de C/kg de solo). A constituição da TCA pode ter aumentado o conteúdo de matéria orgânica no substrato, o que resulta em uma maior adesão de partículas e, conseqüentemente, a uma maior retenção de água no solo, a qual está diretamente relacionada à germinação.

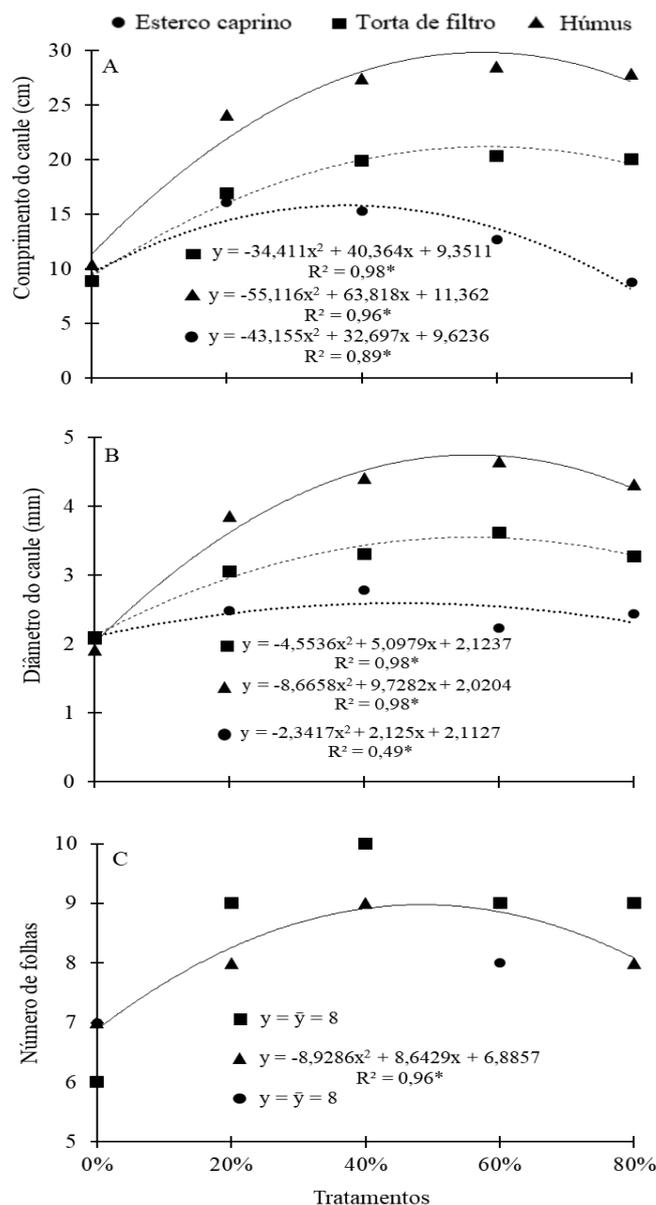
O teor de fósforo presente no composto TCA pode ter contribuído expressivamente para a emergência das plântulas, pois o fósforo é um nutriente importante para a formação de diversas biomoléculas, como DNA, RNA, e fosfolipídios de membranas, com participação em diversos processos metabólicos vitais para as plantas, como a transferência de energia e ativação e desativação enzimáticas (Epstein & Bloom, 2006). Estes mecanismos podem ter influenciado de forma positiva para que as sementes desse tratamento apresentassem melhor índice de velocidade de emergência.

Trabalhos semelhantes apresentaram resultados de maximização de germinação de sementes com uso de substratos contendo compostos orgânicos. Pereira et al. (2012) estudaram o uso de fontes orgânicas como substrato para produção de mudas de melão e observaram que os maiores resultados de emergência e índices de velocidade de germinação de plântulas foram obtidos com o uso de esterco caprino mais areia quando comparado ao uso de esterco bovino.

Vale ressaltar também que nos tratamentos com HU houve aumento do período (dias), para que plântulas completassem o processo de emergência, quando comparada as dos tratamentos com EC e TCA, como mostra os gráficos de índice de velocidade (Figura 1B) e tempo médio de emergência (Figura 1C). Este fenômeno deve ter ocorrido, provavelmente, devido à maior densidade desse composto que pode ter contribuído para o aumento da densidade do substrato de cultivo. Entretanto, essa redução na velocidade de emergência não interferiu nos parâmetros de crescimento.

Os resultados das análises morfológicas de comprimento de caule, diâmetro de caule e número de folhas estão dispostos na Figura 2. Os melhores resultados para comprimento do caule foram encontrados nos tratamentos com adição de 59% de TCA, 38% de EC e 58% de HU ao solo (Figura 2A). Já os melhores resultados para diâmetro de caule foram encontrados com 56% de TCA e de HU e 45% de EC (Figura 2B).

Figura 2. Análises morfológicas em plantas de maracujazeiro-amarelo: comprimento de caule (A), diâmetro de caule (B) e número de folhas (C) em três experimentos com cinco tratamentos constituídos de diferentes níveis de compostos orgânicos (húmus, esterco caprino e torta de filtro de cana-de-açúcar, de 0 a 80% + Cambissolo).



Valores de R^2 seguidos de * = regressão significativa; quando a regressão não for significativa, o valor de y é igual a média (\bar{y}) dos valores dos cinco tratamentos. Fonte: Autores.

A comparação dos três compostos orgânicos para comprimento e diâmetro de caule (Figura 2A e 2B) indicou que os melhores resultados foram encontrados nos tratamentos com HU, apresentando maior crescimento das plantas. Esse resultado pode estar relacionado à maior quantidade de nitrogênio disponível nos substratos com adição de húmus (como mostra a análise química dos compostos orgânicos na Tabela 1), já que o nitrogênio é necessário para a formação de clorofila, aminoácido e proteínas, por exemplo, que são moléculas de extrema importância para a formação celular, tecidos e consequentemente órgão das plantas, como afirmado por Taiz e Zaiger (2017). Os mesmos autores também afirmaram que além de uma boa quantidade de N, uma boa assimilação de K (que é o principal regulador iônico), afeta a abertura dos

estômatos, as ativações enzimáticas e conseqüentemente a fotossíntese devido a síntese de foto-assimilados, mostrando que esses dois nutrientes se concentram em órgãos com elevada atividade metabólica, estando associados ao crescimento da planta.

Resultados semelhantes foram encontrados por De Andrade et al. (2015) que, ao avaliarem adubação orgânica para produção de mudas de mamoneiras, observaram que a ação do húmus de minhoca aumentou o diâmetro de caule, proporcionando uma melhor absorção de água e minerais essenciais para o crescimento da planta.

Em relação ao parâmetro número de folhas (Figura 2C), somente o tratamento com HU apresentou regressão significativa com melhor resultado na adição de 48% de HU. Esse resultado pode estar relacionado também, com as quantidades dos nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (Tabela 1) encontradas no húmus que possibilitaram uma uniformidade maior no crescimento das plântulas com a quantidade de P associada à atividade do K e N. A quantidade de P, por exemplo também pode ter influenciado nos resultados de TCA e EC, onde no primeiro a grande quantidade pode ter prejudicado a assimilação dos outros nutrientes e no EC a pequena quantidade pode não ter auxiliado na eficiência de absorção de N e K. Uma boa disponibilidade de fósforo aumenta a eficiência do nitrogênio absorvido e conseqüentemente melhora a formação de açúcares, elevando, por exemplo a quantidade de massa fresca e seca nas plantas (Taiz & Zaiger 2017), fato que também é confirmado no presente trabalho nos resultados posteriores.

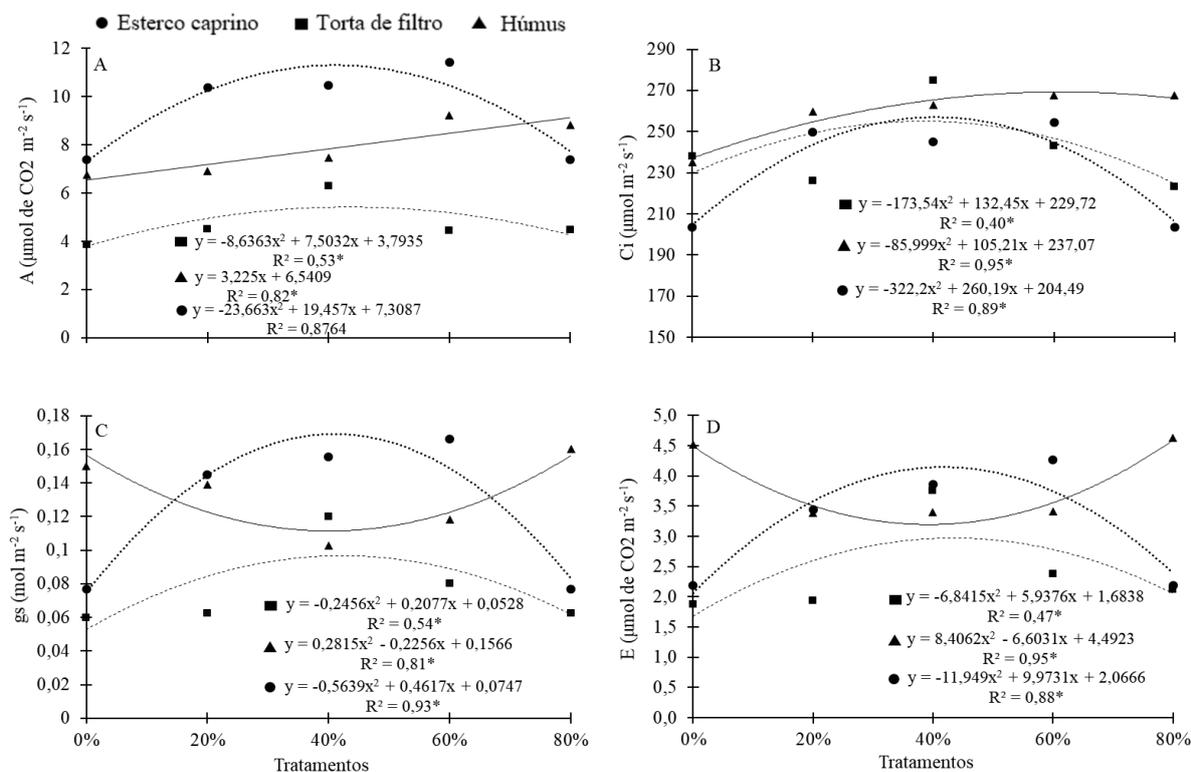
Os resultados das análises de trocas gasosas estão apresentados nas Figuras 3. Os melhores resultados para a atividade fotossintética (Figura 3A) foram encontrados nos tratamentos com adição de 41% de TCA e 41% de EC ao solo; a adição de húmus ao substrato de cultivo mostrou que a fotossíntese respondeu de forma direta ao aumento da quantidade aplicada. Assim, é possível pressupor que esses aumentos podem estar correlacionados com o fornecimento de nutrientes, melhor disponibilidade de água, melhoria da estrutura do solo, entre outros fatores.

De Malta et al. (2019) compararam as atividades fotossintéticas de gramineas adubadas com esterco caprino, bovino e de aves e adubação química com NPK e afirmaram que o tratamento com NPK disponibilizou maiores teores de nitrogênio para as plantas, aumentando a abertura estomática e a concentração de CO₂ intracelular, o que aumentou a taxa de fotossíntese. Almeida (2001) também afirmou que a quantidade de nutrientes, como nitrogênio, afeta profundamente as trocas gasosas e que a fotossíntese decresce com a redução de teores foliares de nitrogênio. No entanto, a resposta dos estômatos à deficiência ou ao acúmulo de nitrogênio é variável, pois depende de vários fatores, como disponibilidade de água, nível de radiação entre outros fatores.

Ainda sobre a taxa de fotossíntese, é importante destacar que os resultados com HU apresentaram tendência crescente com o aumento da porcentagem aplicada, ou seja, quanto maior a quantidade de húmus, maior foi a atividade fotossintética das plantas. Já para quantidades superiores a 41% de TCA ou 41% de EC, a tendência foi de redução da atividade fotossintética das plantas, demonstrando que uma maior adição de adubo ao solo pode ser prejudicial às plantas devido a fatores como toxicidade, provavelmente, por excesso de macronutrientes, e/ou devido a alterações físico-químicas do solo pela adição de matéria orgânica, o que pode afetar a acidez do solo e reduzir a macroporosidade e a capacidade de troca catiônica (CTC), influenciando na disponibilidade de nutrientes e água e na estabilidade do solo (Taiz & Zeiger, 2017).

Quanto ao parâmetro condutância estomática (*gs*) (Figura 3C), a maior abertura estomática foi encontrada em mudas dos tratamentos com 41% de TCA, 42% de EC e 40% de HU. Esses resultados corroboram com os resultados apresentados anteriormente no que se refere à alteração de macros e microporos: dependendo do tipo de composto orgânico que é utilizado nos substratos, esse aumento gradativo do fornecimento pode aumentar a retenção de água e estimular gradativamente o fechamento estomático.

Figura 3. Análises de trocas gasosas em plantas de maracujazeiro-amarelo, em três experimentos com cinco tratamentos constituídos de diferentes níveis de compostos orgânicos (húmus, esterco caprino e torta de filtro de cana-de-açúcar, de 0 a 80% + Cambissolo), onde A = Fotossíntese; B = Concentração interna de CO₂; C = Condutância estomática e D = Transpiração.



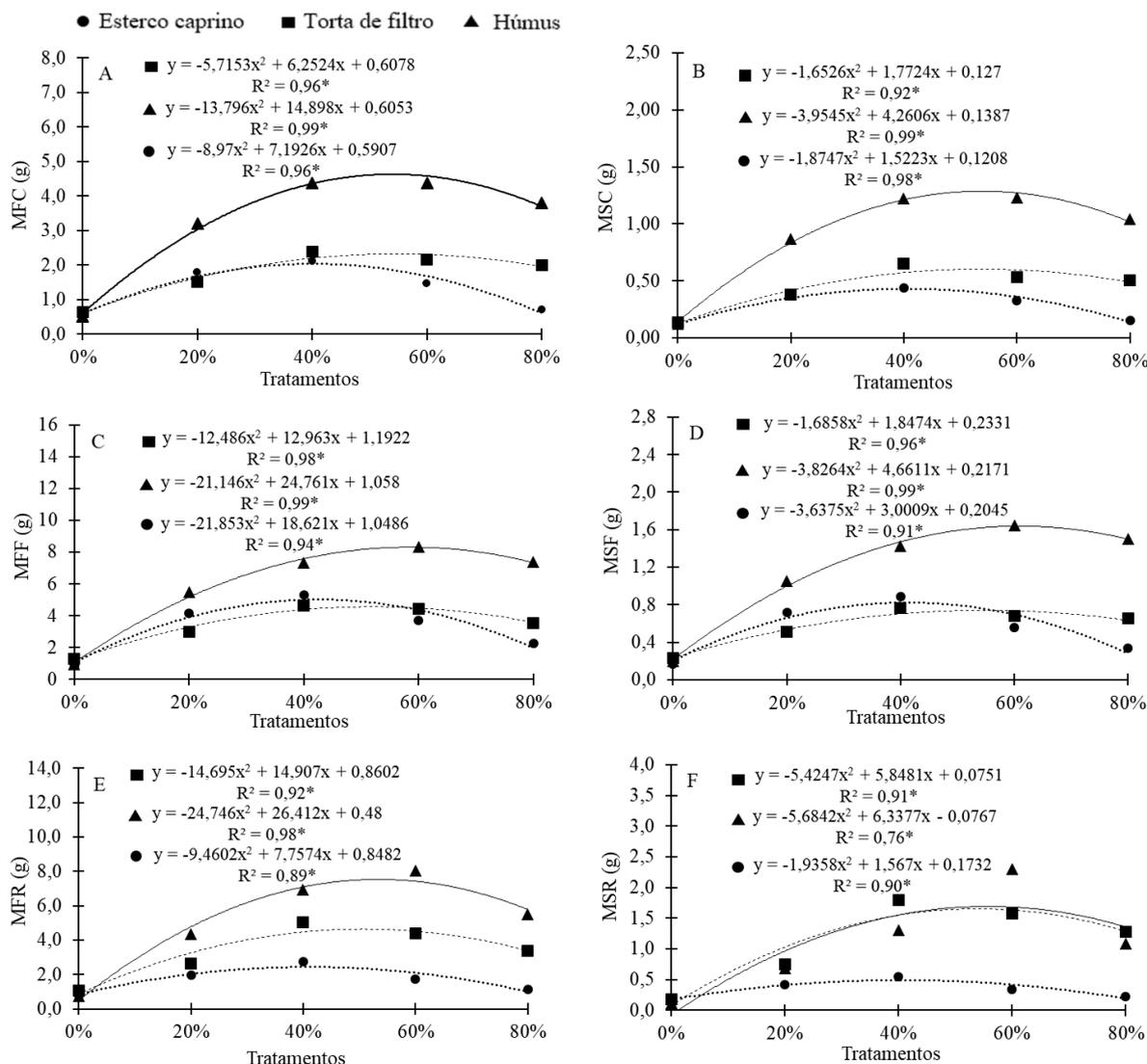
Valores de R² seguidos de * = regressão significativa quando a regressão não for significativa, o valor de y é igual a media (\bar{y}) dos valores dos cinco tratamentos. Fonte: Autores.

Uma elevada retenção de água não é favorável ao desenvolvimento de mudas (Steffen et al., 2010), um fenômeno que pode explicar o porquê de os tratamentos com mais de 51% de TCA, 45% de EC e 58% de HU terem plantas com menor crescimento quando comparados aos tratamentos com menor teor dos compostos.

Os melhores resultados de concentração interna de CO₂ (Ci) (Figura 3B) e transpiração (Figura 4D) foram encontrados com a adição de 38% e 43% de TCA, 61% e 39% de HU e 40% e 42% de EC, respectivamente. Esses resultados reafirmam que a Ci e a transpiração estão diretamente relacionadas à condutância estomática, pois quanto maior a abertura dos estômatos, maior o fluxo de gases, como H₂O_(v) e CO₂, principalmente, entre a planta e a atmosfera e, conseqüentemente, maior a transpiração.

Os resultados das análises de massas fresca e seca de folhas, caules e raízes dos experimentos com níveis de adubação com HU, TCA e EC estão apresentados na Figura 5. Corroborando com os resultados anteriores, os tratamentos com valores médios de 53% de TCA, 41% de EC e 56% de HU apresentaram melhores resultados para estas variáveis. Esses resultados também podem ser explicados pelo maior crescimento das mudas nesses tratamentos causado por um maior fornecimento de nutrientes, resultando em uma maior biomassa no final dos experimentos. Segundo Almeida, (2012), uma maior disponibilidade de nutrientes aumenta a formação de proteínas e carboidratos que afetam diretamente os valores de massa seca da planta, pois contribuem para o seu desenvolvimento. Azevedo et al. (2020) também avaliaram maracujá amarelo e observaram que a aplicação de compostos orgânicos influenciou no desenvolvimento do sistema radicular das plantas e, conseqüentemente, no aumento das massas seca e fresca de raízes.

Figura 4. Análises de massas fresca e seca de folhas, caules e raízes de maracujazeiro-amarelo, em três experimentos com cinco tratamentos constituídos de diferentes níveis de compostos orgânicos (húmus, esterco caprino e torta de filtro de cana-de-açúcar, de 0 a 80% + Cambissolo), onde MFC = massa fresca de caules (A); MSC = massa seca de caules (B); MFF = massa fresca de folhas (C); MSF = massa seca de folhas (D); MFR = massa fresca de raízes (E); e MSR = massa seca de raízes (F).



Valores de R^2 seguidos de * = regressão significativa; quando a regressão não for significativa, o valor de y é igual a média (\bar{y}) dos valores dos cinco tratamentos. Fonte: Autores.

Comparando os três compostos, o tratamento com adição, em média, de 56% de HU apresentou o melhor resultado de massa fresca e massa seca. Esse resultado, que também é apresentado pelos parâmetros morfológicos quanto a formação do caule, comprimento das plântulas e massa foliar, demonstrando que adições de 50 a 60% de HU são as mais indicadas para a produção de mudas de maracujá amarelo devido ao maior crescimento que proporcionam.

Silva et al. (2008), ao avaliarem germinação de sementes e produção de mudas de cultivares de alface com diferentes substratos, verificaram que a mistura esterco + húmus (2:1 v:v) proporcionou maior acúmulo de massa seca em plântulas de alface, denotando, indiretamente, um maior vigor.

Aguiar (1989) analisaram diferentes substratos no crescimento de mudas e afirmaram que os usos de torta de filtro de cana-de-açúcar e de bagaço decomposto e carbonizado promoveram resultados negativos de crescimento de mudas,

comparados com os outros substratos utilizados, devido a uma não agregação do sistema radicular, o que pode ter acontecido no presente trabalho ao comparar os resultados de TCA e HU. Porém, adições de 40% a 55% de TCA ao solo podem servir como uma segunda opção, pois há uma maior disponibilidade desse composto na região (produção local) e os melhores resultados dos parâmetros de emergência foram encontrados com esses tratamentos, além dos resultados de crescimento que apresentaram melhores valores quando comparados aqueles encontrados com a adição de esterco caprino ao substrato de cultivo.

4. Conclusão

A análise dos parâmetros emergência e crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo cultivadas com diferentes compostos orgânicos (esterco caprino, torta de filtro da cana-de-açúcar e húmus) mostrou que a adição, em média, de 56% de húmus ao solo é a mais recomendada para a produção de mudas, e a adição, em média, de 48% de TCA seria uma segunda opção devido à viabilidade econômica. É importante que se realizem mais pesquisas sobre a adubação orgânica do maracujazeiro-amarelo diretamente no solo e em áreas de produção para confirmar a viabilidade do plantio orgânico em grande escala.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Univasf pela disponibilidade dos laboratórios e área experimental e a CNPq e CAPES pelo suporte financeiro que possibilitou a execução desse trabalho.

Referências

- Aguiar, L. B. (1989). Seleção de componentes de substratos para produção de mudas de eucalipto em tubetes. *IPEF*, 41, 36-43.
- Alves, F. S. F., & Pinheiro, R. R. (2008). *O esterco caprino e ovino como fonte de renda*. Brasília: Embrapa.
- Armani, F. (2017). *Morfofisiologia vegetal*. Londrina-PR. Editora e Distribuidora Educacional S.A.
- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Aracon, N. Q., & Metzger, J. D. (2002). The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*, Trivandrum, 84 (1), 7-14.
- Barros P. C. S., Costa A. R., Silva P. C., & Costa R. A. (2014). Torta de filtro como biofertilizante para produção de mudas de tomate industrial em diferentes substratos. *Revista Verde (Mossoró – RN)*, 9 (1), 265-270.
- Berilli, S. S., Berilli, A. P. C. G., Leite, M. C. T., QuartezanI, W. Z., Almeida, R. F., & Sales, R. A. (2017). Uso de resíduos na agricultura. *Agronomia: colhendo as safras do conhecimento*. Alegre: CAUFES, 1, 10-38.
- Cancellier, L. L., Afféri, F. S., Adorian, G. C., & Rodrigues, H. V. M. (2010). Influência da adubação orgânica na linha de semeadura na emergência e produção forrageira de milho. *Revista verde de Agroecologia e desenvolvimento sustentável*, 5 (5), 11.
- De Almeida, R. F. (2012). Nutrição de Maracujazeiro. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró, 7 (3), 12-17.
- De Andrade, F. H. A., De Araújo, C. S. P., Dos Santos, F. R. L., Da Silva Irineu, T. H., & Andrade, R. (2015). Formação de mudas de mamoneiras Brs Gabriela (*Ricnus communis* L.) Em diferentes volumes de recipientes e substratos. *Revista Terceiro Incluído*, 5 (2), 255-265.
- De Azevedo, J. M. A., Da Silva Júnior, E. A., Da Cruz, J. F., De Souza, E. B., Lima, M. O., & Da Silva Azêvedo, H. S. F. (2020). Mudas agroecológica de maracujá-amarelo utilizando manipueira, urina de vaca e biofertilizante de amendoim forrageiro. *Brazilian Journal of Development*, 6 (6), 35521-35536.
- Epstein, E., & Bloom, A. J. (2006) *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. (2ª ed.), Planta.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, 35, 1039-1042.
- Furlaneto, F. P. B., Esperancini, M. S. T., Martins, A. N., Okamoto, F., Vidal, A. A., & Bueno, O. C. (2014). Análise energética do novo sistema de produção de maracujá amarelo na região de Marília-SP. *Ciência Rural*, 44, 235-240.
- Klein, C. (2015). Utilização de substratos alternativos para produção de mudas. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 4, 43-63.
- Labouriau, L. G. (1983). *A germinação das sementes*. Secretaria Geral da OEA, Washington. 1983.

Lopes, I., Guimarães, M. J. M., de Melo, J. M. M., & Ramos, C. M. C. (2017). Balanço hídrico em função de regimes pluviométricos na região de Petrolina-PE. *Irriga*, 22(3), 443-457.

Nunes Junior, D. (2008). Torta de Filtro: de resíduo a produto nobre. *Revista Ideas News*, Ribeirão preto- SP, 8 (92), 22-30.

Pereira, D. L., Oliveira, H. R., Souza, F. G. E., Ferraz, F. P. A., Junior, C. F. L., Junior, B. P. A. (2012). Uso de fontes orgânicas como substrato na produção de mudas de melão. *Horticultura Brasileira*, 30 (2), 5599-5605.

Pires, M. M., São José, A. R., & Conceição, A. O. (2011). *Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade*. Ilhéus: Editus.

Silva, E. A., Mendonça, V., Tosta, M. S., Oliveira, A. C. O., Reis, L. L., & Bardivieso, D. M. (2008). germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 29 (2), 245-254.

Silva, L. G. F., De Sales, R. A., Rossini, F. P., Da Vitória, Y. T., & Da Silva Berilli, S. (2019). Emergência e desenvolvimento de plântulas de maracujá-amarelo em diferentes substratos. *Energia na agricultura*, 34 (1), 18-27.

Steffen, G. P. K., Antonioli, Z. I., Steffen, R. B., & Bellé, R. (2010). Húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substrato para a produção de mudas de boca-de-leão. *Acta zoológica mexicana*, 26 (SPE2), 345-357.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I., & Murphy, A. (2017) *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. (6ª.ed.): Artmed.