

Utilização de substratos alternativos e substâncias húmicas para produção de mudas de gergelim

A semente de gergelim é pequena e leve, tornando-se um problema durante a semeadura devido aos gastos desnecessários de sementes. Após a emergência das plântulas o seu desenvolvimento é muito lento em seu período crítico, assim, comprometendo a produtividade pela excessiva densidade de plantas e competição com plantas daninhas que nem sempre são controladas de forma adequada. Uma alternativa interessante seria a produção de mudas de gergelim utilizando-se substrato alternativo e substâncias húmicas. Objetivou-se avaliar a produção de mudas de gergelim 'CNPA G3' em substrato formulado a partir de areia e biomassa do caule de babaçu sob crescentes doses de substâncias húmicas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 6 x 4, referente a seis substratos (S) a base de areia e de biomassa do caule de babaçu (BCB): S1-100% areia; S2-20% BCB + 80% areia; S3-40% BCB + 80% areia; S4-60% + 40% areia; S5-80% BCB + 20% areia; S6-100% BCB e quatro doses de substâncias húmicas: D1-0; D2-12.5; D3-25 e D4-50 mL. Para diagnóstico de efeito significativo os tratamentos foram comparados entre si pelo teste Tukey. A biomassa do caule de babaçu influenciou todas as variáveis analisadas, diferente de substâncias húmicas, que não apresentou diferença significativa para o comprimento radicular. Recomenda-se o uso de 80% de biomassa do caule de babaçu + 20% areia como substrato alternativo na produção de mudas de gergelim. A aplicação de substâncias húmicas ao substrato não foi capaz de mostrar benefício relevante suficiente no desenvolvimento de mudas de gergelim.

Palavras-chave: Sesamum indicum L.; Oleaginosa; Inovação; Sustentabilidade.

Use of alternative substrates and humic substances for the production of sesame seedlings

Sesame seed is small and light, making it a problem during sowing due to unnecessary seed costs. After seedling emergence, its development is very slow in its critical period, thus compromising productivity due to the excessive density of plants and competition with weeds that are not always adequately controlled. An interesting alternative would be the production of sesame seedlings using alternative substrate and humic substances. The objective was to evaluate the production of sesame seedlings 'CNPA G3' in substrate formulated from sand and biomass of babassu stem under increasing doses of humic substances. The experimental design was completely randomized, in a 6 x 4 factorial arrangement, referring to six substrates (S) based on sand and babassu stem biomass (BSB): S1-100% sand; S2-20% BSB + 80% sand; S3-40% BSB + 80% sand; S4-60% + 40% sand; S5-80% BSB + 20% sand; S6-100% BSB and four doses of humic substances: D1-0; D2-12.5; D3-25 and D4-50 mL. For diagnosis of significant effect, the treatments were compared to each other by the Tukey test. The biomass of the babassu stem influenced all the variables analyzed, differently from humic substances, which did not present a significant difference for root length. It is recommended to use 80% biomass from babassu stem + 20% sand as an alternative substrate in the production of sesame seedlings. The application of humic substances to the substrate was not able to show sufficient relevant benefit in the development of sesame seedlings.


Keywords: Sesamum indicum L.; Oilseed; Innovation; Sustainability.


Topic: Ciências do Solo


Received: 02/02/2021


Approved: 25/02/2021


Reviewed anonymously in the process of blind peer.


Samuel Ferreira Pontes 
Universidade Federal do Piauí, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5268797301695901>
<http://orcid.org/0000-0001-7696-3629>
samuelpontes@outlook.com


Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos 
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>
<http://orcid.org/0000-0002-8908-2297>
raissasalustriano@yahoo.com.br


Kleber Veras Cordeiro 
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7585883012639032>
<http://orcid.org/0000-0003-0149-8819>
kleberverscordeiro@hotmail.com


Marcos de Oliveira Sousa 
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6537426013761119>
<http://orcid.org/0000-0002-8331-4325>
markos-1520101@hotmail.com

João Pedro Santos Cardoso 
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1057085207810749>
<http://orcid.org/0000-0003-4465-8712>
joaopecardoso20@hotmail.com

Paula Sara Teixeira de Oliveira 
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3559574180065279>
<http://orcid.org/0000-0001-8968-7061>
paulasara1997@gmail.com

Taciella Fernandes Silva 
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7439880565753613>
<http://orcid.org/0000-0001-9202-9668>
taciellafernands@gmail.com

Janaiane Ferreira dos Santos 
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9678500549107690>
<http://orcid.org/0000-0003-0152-5725>
janaianeferreira@gmail.com

Igo Alves da Silva 
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0742157782121917>
<http://orcid.org/0000-0002-8118-976X>
igortoprio@hotmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.0005

Referencing this:

PONTES, S. F.; MATOS, R. R. S. S.; CORDEIRO, K. V.; SOUSA, M. O.; CARDOSO, J. P. S.; OLIVEIRA, P. S. T.; SILVA, T. F.; SANTOS, J. F.; SILVA, I. A.. Utilização de substratos alternativos e substâncias húmicas para produção de mudas de gergelim. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.2, p.35-45, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.0005>

INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma planta anual herbácea originária do continente Africano, pertencente à família das pedaliáceas, de flores alvas, róseas ou vermelhas, dispostas nas axilas das folhas. O fruto é uma cápsula oblonga, com sementes oleaginosas, pequenas, amarelas, brancas ou pretas, arredondadas e levemente comprimidas (FRANCIS, 2013). É uma planta autógama, possui caule ereto, por vezes, ramificado e mede entre 0,6 a 1,3 m de altura (BOUREIMA et al., 2011).

O cultivo do gergelim ocorre em cerca de 71 países, especialmente nos países do continente asiático e africano, sendo a Índia, Myanmar e a China responsáveis por 51,96% da produção mundial, que é estimada em 3,6 milhões de toneladas, obtidas em 7,5 milhões de hectares e com produtividade média de 478,22 kg ha⁻¹. O Brasil produz cerca de 16 mil toneladas, produzidas em 25 mil hectares e com rendimento em torno de 640 kg ha⁻¹ (ARRIEL et al., 2009).

A cultura do gergelim constitui-se em uma alternativa de importância econômica e social para as condições edafoclimáticas do Nordeste brasileiro, por apresentar tolerância à estiagem e principalmente por gerar fonte de renda para pequenos agricultores (COSTA, 2015), entretanto, a semente é muito pequena e leve, tornando-se um problema durante a semeadura devido aos gastos desnecessários de sementes. Após a emergência das plântulas o seu desenvolvimento é muito lento em seu período crítico (0 a 28 dias após a semeadura), assim, comprometendo a produtividade devido à excessiva densidade de plantas e também à competição com plantas daninhas que nem sempre são controladas de forma adequada. Uma alternativa interessante para superar essas limitações é a produção de mudas de gergelim.

Um dos desafios durante a produção de mudas está relacionado ao custo e a formulação de um substrato que reúna em suas características boa capacidade de retenção de água, suporte de nutrientes, boa aeração e baixa resistência à penetração das raízes, uma vez que este representa um grande percentual no custo final da muda (CARNEIRO et al., 2010). Cada localidade possui fontes alternativas que podem ser utilizadas com eficiência como substrato alternativo, com destaque para a utilização da biomassa do caule de babaçu, que é uma alternativa viável como substrato e proporciona redução de custos durante a produção.

A palmeira do babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) é originária das regiões norte e nordeste do Brasil. Possui elevado potencial energético e alto grau de aproveitamento. É comum encontrar nas matas, caules de palmeiras em decomposição no solo, e estes são coletados pelos pequenos produtores para extrair a biomassa contida no interior dos caules e utilizá-la como substrato alternativo na produção de mudas.

Os estudos recentes têm apontado resultados satisfatórios com o uso de biomassa do caule de babaçu na produção de mudas de melancia (*Citrullus lanatus*) (ANDRADE et al., 2017), meloeiro (*Cucumis melo* L.) (CORDEIRO et al., 2018), romãzeira 'Wonderful' (*Punica granatum* L.) (OLIVEIRA NETO et al., 2018) e três-marias (*Bougainvillea spectabilis* Willd) (CRUZ et al., 2018).

Um componente que pode ser usado de forma complementar e aplicado no substrato é as substâncias húmicas. Segundo Stevenson (1994) as substâncias húmicas originam-se da oxidação e

subsequente polimerização da matéria orgânica. Estas substâncias, quando utilizadas de forma adequada, proporcionam efeitos positivos no crescimento das plantas, assim, sugerindo que o uso dessas substâncias pode gerar vários estudos científicos (EYHERAGUIBEL et al., 2008). Diante do exposto, objetivou-se avaliar a produção de mudas de gergelim 'CNPA G3' em substrato alternativo formulado com areia e biomassa do caule de babaçu sob crescentes doses de substâncias húmicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) localizada no município de Chapadinha - MA, sob as coordenadas: 03° 44' 17" de latitude Sul, 43° 20' 29" de longitude Oeste e altitude média de 107 m (Figura 1), em casa de vegetação coberta com tela sombrite 70% de luminosidade (Figura 2), no mês de novembro de 2018. O clima da região é caracterizado como tropical úmido pela classificação de Köppen. A região possui precipitação média anual de 1613,2 mm e temperatura média anual de 27,9°C (PASSOS et al., 2016).

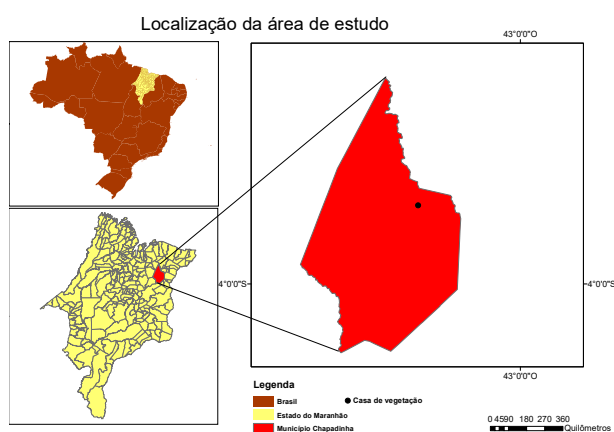


Figura 1: Localização da casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).



Figura 2: Casa de vegetação experimental localizada no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

Foi adotado delineamento inteiramente casualizado com tratamentos distribuídos em esquema fatorial 6 x 4, referente a seis proporções de substratos formulados à base de areia e de biomassa do caule de babaçu (BCB): S1-100% areia; S2-20% BCB + 80% areia; S3-40% BCB + 80% areia; S4-60% + 40% areia; S5-80% BCB + 20% areia; S6-100% BCB e quatro doses de substâncias húmicas (SH): D1-0; D2-12.5; D3-25 e D4-50 mL, com quatro repetições e duas plantas por parcela.

A areia utilizada na composição dos substratos foi peneirada em malha de 5 mm com o intuito de facilitar a homogeneização dos substratos. Previamente a montagem do experimento, realizou-se uma análise granulométrica das amostras de solo que compôs os substratos. O solo apresentou: 780 g/kg de areia total, 90 g/kg de silte e 130 g/kg de argila total. O solo foi denominado de areia devido ao fato de que a areia era a fração que se encontrava predominante na amostra de solo.

Para a aquisição da biomassa do caule de babaçu foram coletados caules de palmeiras de babaçu caídas naturalmente pela ação do tempo ou da natureza e que se encontravam em estágio avançado de

decomposição, e posteriormente, foram divididos ao meio para facilitar a remoção da biomassa presente no interior do caule. O material coletado foi peneirado em malha de 5 mm para fácil homogeneização na formulação do substrato.

A fonte de substâncias húmicas utilizada foi o Humitec WG®, composto por 17% K₂O, 31% carbono orgânico, 68% extrato húmico total, 52% ácidos húmicos e 16% ácidos fúlvicos. Foi realizada duas aplicações de 1 mL com o auxílio de uma seringa nos respectivos tratamentos via substrato pré-semeadura e 14 dias após a semeadura.

Utilizou-se sacos de polietileno nas dimensões de 12 x 20 x 0,12 cm. Após o preenchimento dos recipientes realizou-se a semeadura de duas sementes de gergelim na qual foram regadas duas vezes ao dia por meio de um regador manual. Aos 14 dias após a semeadura (DAS), realizou-se o desbaste, deixando apenas a planta mais vigorosa por recipiente. O solo utilizado na formulação do substrato, segundo Santos et al. (2013), é classificado como Latossolo Amarelo distrófico, com textura arenosa. Nas Tabelas 1 e 2 pode-se verificar a caracterização química e física dos substratos.

Tabela 1: Valores de pH, teores totais de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), dos substratos a base de areia e de biomassa do caule de babaçu (BCB).

Substratos	pH	N	P	K	Ca	Mg	S
		g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹			
S1	4,0	1,14	3,5	0,14	0,69	0,53	2,89
S2	4,88	1,23	12	0,67	1,60	1,00	3,8
S3	5,11	1,46	13	1,82	3,20	1,70	7,6
S4	5,83	2,02	13	2,35	4,40	2,80	10,8
S5	5,16	3,47	27	6,17	10,90	4,60	24,6
S6	5,32	5,88	33	3,63	20,60	15,20	41,5

S1 – 100% areia; S2 – 20% BCB + 80% areia; S3 – 40% BCB + 60% areia; S4 – 60% BCB + 40% areia; S5 – 80% BCB + 20% areia; S6 – 100% BCB.

Tabela 2: Densidade global (DG), densidade de partícula (DP) e porosidade (P) dos substratos a base de areia e de biomassa do caule de babaçu (BCB).

Substratos	Densidade (g/cm ³)		Porosidade (%)
	DG	DP	
S1	0,56	0,85	34,43
S2	1,28	2,64	51,53
S3	1,18	2,57	54,01
S4	0,98	2,24	56,22
S5	0,73	1,88	60,91
S6	0,33	0,97	65,95

S1 – 100% areia; S2 – 20% BCB + 80% areia; S3 – 40% BCB + 60% areia; S4 – 60% BCB + 40% areia; S5 – 80% BCB + 20% areia; S6 – 100% BCB.

Aos 28 DAS fez-se à avaliação das seguintes variáveis: área foliar (AF) (cm²): quantificada por intermédio do programa computacional imageJ®; número de folhas (NF): determinadas pela contagem manual do número total de folhas completamente expandidas em cada planta; altura da planta (AP) (cm): obtida medindo-se a planta do nível do solo até o ápice da planta com o auxílio de uma régua; diâmetro do caule (DC) (mm): analisado com o auxílio de um paquímetro digital; comprimento radicular (CR) (cm): mensurado a partir do colo ao ápice da maior raiz com o auxílio de uma régua; volume de raízes (VR) (cm³): obtido por meio da medição do deslocamento da coluna de água em proveta (BASSO, 1999); massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca radicular (MFR) (g): definidas por meio de uma balança semi-analítica,

posteriormente as amostras foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar em temperatura de 65°C, atingindo 72 horas as amostras foram retiradas da estufa; massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca radicular (MSR) (g): obtidas com o auxílio de uma balança semi-analítica.

Os dados foram submetidos à análise de variância, para diagnóstico de efeito significativo, e os tratamentos comparados entre si pelo teste Tukey, através do programa computacional Assistat® 7.7 (SILVA et al., 2016).

RESULTADOS

Através da análise de variância (Tabela 3 e 4) foi possível observar efeito significativo ($p < 0,01$) para todas as variáveis analisadas em relação à utilização de biomassa do caule de babaçu. Entretanto com a utilização de doses crescentes de substâncias húmicas, não ocorreu o mesmo, pois não apresentou diferença significativa para o comprimento radicular (Tabela 3).

Tabela 3: Área foliar (AF), número de folhas (NF), altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), comprimento radicular (CR) de mudas de gergelim em função de diferentes substratos e doses de substâncias húmicas.

Fonte de variação	AF — cm ² —	NF	AP — cm —	DC — mm —	CR — cm —
S (Substratos)	61,37 **	47,86 **	258,18 **	125,62**	15,36**
S1	136,24 d	6,40 d	4,07 d	1,92 d	11,05 c
S2	218,76 c	8,68 bc	6,35 c	3,15 c	15,37 bc
S3	205,74 cd	8,06 c	2,80 e	6,19 a	14,60 c
S4	370,49 b	9,06 b	11,35 b	3,54 bc	21,40 a
S5	505,94 a	10,37 a	14,05 a	3,97 b	19,43 ab
S6	378,16 b	10,06 a	11,02 b	3,50 bc	20,95 a
DMS	73,12	0,86	1,16	0,51	4,34
D (Doses de SH)	26,17 **	859**	29,50 **	23,20 **	0,91 ^{ns}
D1	404,95 a	9,39 a	9,01 a	4,10 a	18,03 a
D2	301,80 b	8,91 ab	9,43 a	3,97 a	16,34 a
D3	270,19 bc	8,56 bc	8,02 b	3,77 a	16,54 a
D4	233,29 c	8,22 c	6,63 c	3 b	17,62 a
DMS	53,69	0,63	0,85	0,37	3,19
S x B	5,26 **	2,09*	6 **	6,25 **	2,02 *
C.V. (%)	23,35	9,51	13,56	13,43	24,49

S1-100% areia; S2-20% BCB + 80% areia; S3-40% BCB + 80% areia; S4-60% + 40% areia; S5-80% BCB + 20% areia; S6-100% BCB; doses de substâncias húmicas (SH): D1-0; D2-12,5; D3-25 e D4-50; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação; ^{ns}: não significativo; *: significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: significativo ao nível de 1% de probabilidade; as médias seguidas pela mesma letra em cada coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A área foliar apresentou maior ocupação espacial quando se utilizou o substrato S5 (80% BCB + 20% areia) e a dose D1 (0 mL) de SH (Tabela 3). Em geral, observou-se que doses crescentes de substâncias húmicas proporcionaram menor crescimento da área foliar. O número de folhas apresentou melhor rendimento com a utilização dos substratos S5 (80% BCB + 80% areia) e S6 (100% BCB) juntamente com dose D1 (0 mL) e D2 (12,5) de SH (Tabela 3). A altura da planta se sobressaiu com a utilização do substrato S5 (80% BCB + 20% areia) em conjunto com as doses D1 (0 mL) e D2 (12,5 mL) de SH (Tabela 3)

A variável diâmetro do colo apresentou maior espessura com a utilização do substrato S3 (40% BCB + 60% areia) juntamente com as doses D1 (0 mL), D2 (12,5 mL) e D3 (25 mL) de substâncias húmicas.

O comprimento radicular apresentou melhor rendimento com a utilização dos substratos S4 (60%

BCB + 40% areia), S5 (80% BCB + 20% areia) e S6 (100% BCB), no entanto, as diferentes doses de substâncias húmicas não promoveram diferença significativa entre si.

Tabela 4: Volume radicular, massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca radicular (MFR), massa seca radicular (MSR) de mudas de gergelim em função de diferentes substratos e substâncias húmicas.

Fonte de variação — cm ³ —	VR	MFPA	MSPA	MFR	MSR
	g				
S (Substratos)	25,79**	136,55 **	65,53 **	29,73**	30,60 **
S1	0,31 c	0,43 d	0,06 d	0,11 c	0,01 d
S2	1,12 b	1,31 c	0,17 c	0,29 bc	0,03 cd
S3	0,67 c	1,28 c	0,19 bc	0,44 b	0,04 c
S4	1,15 ab	2,74 b	0,35 a	0,90 a	0,08 ab
S5	1,50 a	3,92 a	0,40 a	1,01 a	0,09 a
S6	1,40 ab	3,13 b	0,25 b	0,96 a	0,07 b
DMS	0,37	0,47	0,06	0,29	0,02
D (Doses de SH)	5,07**	38,06 **	21,64**	5,33 **	9 **
D1	1,27 a	2,89 a	0,32 a	0,80 a	0,07 a
D2	0,97 b	2,22 b	0,22 b	0,60 ab	0,05 b
D3	0,95 b	1,90 b	0,22 b	0,57 b	0,05 b
D4	0,90 b	1,53 c	0,19 b	0,49 b	0,04 b
DMS	0,27 b	0,34	0,04	0,21	0,01
S x B	2,57**	9,40 **	7,83**	2,99**	3,10 **
C.V. (%)	34,76	21,31	25,34	45,72	40,11

S1-100% areia; S2-20% BCB + 80% areia; S3-40% BCB + 80% areia; S4-60% + 40% areia; S5-80% BCB + 20% areia; S6-100% BCB; doses de substâncias húmicas (SH): D1-0; D2-12,5; D3-25 e D4-50; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação; ns: não significativo; *: significativo ao nível de 5% de probabilidade; **: significativo ao nível de 1% de probabilidade; as médias seguidas pela mesma letra em cada coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O volume radicular apresentou melhores resultados, ou seja, maior ocupação espacial com a utilização dos substratos S4 (60% BCB + 40% areia), S5 (80% BCB + 20% areia) e S6 (100% BCB) juntamente com a dose D1 (0 mL) de SH (Tabela 4). A massa fresca da parte aérea apresentou melhor resultado com a utilização do substrato S5 (80% de BCB + 20% areia) juntamente com a dose D1 (0 mL) de SH, ou seja, o teor nutricional do substrato foi suficiente para promover esse desenvolvimento.

A massa seca da parte aérea apresentou melhor rendimento com a utilização dos substratos S4 (60% BCB + 40% areia) e S5 (80% BCB + 20% areia) juntamente com a utilização da dose de 0 mL⁻¹ de SH. A massa fresca da raiz ganhou um incremento maior de massa com a utilização dos substratos S4 (60% BCB + 40% areia), S5 (80% BCB + 20% areia) e S6 (100% BCB) com a dose D1 (0 mL) de SH.

Semelhantemente aos resultados supracitados, a massa seca da raiz apresentou melhor rendimento com a utilização dos substratos S4 (60% BCB + 40% areia) e S5 (80% de BCB + 20% areia) juntamente com a dose 0 mL de SH.

DISCUSSÃO

A presença de nutrientes em quantidades adequadas no substrato 80% BCB + 20% favoreceu maior incremento em área foliar, com destaque para o nitrogênio (3,47 g.kg⁻¹) (Tabela 1), sendo este o principal nutriente responsável pelo aumento da área foliar (MOTA et al., 2011), graças à atuação no desenvolvimento e atividade da clorofila que em conjunto com a fotossíntese promovem desenvolvimento foliar.

À medida que a biomassa do caule de babaçu vai se decompondo os nutrientes vão sendo

disponibilizados para a planta e conseqüentemente absorvidos durante a absorção de água pelas raízes. Oliveira (2015) constatou que a área foliar de gergelim foi superior utilizando esterco caprino comparado ao bovino, devido ao primeiro se decompor mais rápido e conseqüentemente liberar nutrientes, além do teor nutricional este resultado se deu provavelmente devido à maior capacidade de retenção da água no substrato (Tabela 2).

Em geral observou-se que doses crescentes de substâncias húmicas retardaram o crescimento da área foliar provavelmente devido teor de potássio presente nas substâncias (17% K₂O) juntamente com o do substrato (Tabela 1) terem se tornado excessivo, e conseqüentemente, inibido a absorção de cálcio, sendo este último atuante na divisão celular, ou seja, quanto maior divisão celular maior será o desenvolvimento da muda de gergelim.

O número de folhas comportou-se de forma análoga à área foliar, este resultado ocorreu provavelmente devido ao suprimento dos nutrientes citados anteriormente, sendo este resultado oposto ao encontrado por Pereira et al. (2010) onde não foi observado diferença significativa no desenvolvimento de folhas de gergelim utilizando diferentes dosagens de esterco bovino. O número de folhas juntamente com o aumento da área foliar é responsável por proporcionar elevação na capacidade da planta de aproveitar a energia solar visando à realização da fotossíntese (GONZALEZ-SANPEDRO et al., 2008).

Plantas com maior área foliar apresentam maior eficiência em capturar o carbono da atmosfera durante a fotossíntese. As plantas absorvem dióxido de carbono (CO₂) proveniente da atmosfera, a energia da luz solar é captada para formar as ligações entre os átomos de carbono, formando moléculas orgânicas e conseqüentemente reduzindo o dióxido de carbono acumulado na atmosfera, assim, promovendo redução do efeito estufa.

Em relação ao número de folhas sua importância estar relacionada principalmente ao ataque de formigas saúvas, uma das principais pragas da cultura do gergelim, que atacam as plantas quando estas encontram presente no campo. Quanto maior o número de folhas e diante do controle de pragas mais rápido a planta tende a se recuperar do ataque.

O presente resultado de altura da planta é semelhante ao encontrado por Maia Filho et al. (2010) onde doses crescentes de biofertilizante bovino proporcionaram um maior incremento em relação à altura da planta. De maneira geral é possível destacar que houve uma relação entre área foliar, o número de folhas e altura da planta, no que se refere a possível maior disponibilidade de área foliar como consequência do maior número de folhas. Segundo Melo et al. (2007) com o aumento do número de folhas as plantas obtêm maior taxa de assimilação de luz e possibilidade de realização de fotossíntese com conseqüente maior altura.

O teor adequado de potássio (1,82 g.kg⁻¹) (Tabela 1) contido no substrato, associado às substâncias húmicas, possivelmente favoreceu o diâmetro do caule. Segundo Valeri et al. (2005), o potássio, quando disponibilizado em quantidades adequadas, promove o engrossamento do caule das mudas, na fase de produção. O aumento em diâmetro do caule melhora o desempenho da planta em relação ao vigor, robustez e maior resistência ao tombamento e ao ataque de pragas (CRUZ et al., 2013).

O comprimento radicular foi favorecido pelas condições físicas dos substratos, onde o aumento da

proporção do caule decomposto de babaçu na composição do substrato proporciona maior porosidade e conseqüentemente maior aeração (ANDRADE et al., 2018). Com destaque para o estudo realizado por Lima et al. (2006), que observaram que quando o material vegetal, em partículas pequenas, é utilizado em composição de substrato ele permite liberação de nutrientes em curto período de produção de mudas e contribui para melhorar a aeração do substrato que é um dos mais importantes fatores envolvidos no crescimento radicular.

Em relação à resposta do comprimento radicular às substâncias húmicas, pode estar associada possivelmente devido à presença de compostos semelhantes às auxinas nas substâncias húmicas, contribuindo para o crescimento das plantas, especialmente do sistema radicular (BORCIONI et al., 2016). O estímulo do crescimento radicular pode refletir em maior produção ao final do ciclo devido ao maior volume de solo explorado (AGUIAR et al., 2009).

Silva et al. (2013) observaram maior incremento no sistema radicular das plantas de gergelim ao passo em que aumentou o volume de água fornecido para a cultura. A resposta do volume radicular em relação ao aumento da concentração de biomassa do caule de babaçu na composição do substrato ocorreu provavelmente devido as condições físicas do material, principalmente em função da porosidade elevada e densidade reduzida, e assim favorecendo uma condição favorável para que as raízes pudessem explorar o substrato de forma mais eficiente, e assim, ter um desenvolvimento mais satisfatório.

As substâncias húmicas não proporcionaram desenvolvimento satisfatório no variável volume do sistema radicular, indicando que os substratos S4, S5 e S6 composto por crescentes proporções de biomassa do caule de babaçu e reduzidas quantidades de solo foram suficientes para renderem bons incrementos para esta e demais variáveis avaliadas.

A resposta pouco satisfatória das substâncias húmicas para a variável volume do sistema radicular pode estar associada ao fato de que durante a condução do experimento foi verificado visualmente que quanto maior a dose de substâncias húmicas aplicadas mais encarquilhadas as folhas de mudas de gergelim ficavam. As respostas das substâncias húmicas para cada cultura são variadas principalmente por questões de necessidades nutricionais, ou seja, algumas tem maior demanda por quantidade mais elevada de nutrientes e outras apresentam o oposto, isso indica que é necessário realizar mais trabalhos com a utilização de substâncias húmicas, visto que ela pode se tornar favorável para a produção de mudas de outras culturas.

O teor nutricional do substrato foi suficiente para promover esse desenvolvimento, sendo este resultado oposto ao encontrado por Costa (2015), onde doses crescentes de fitoestimulante renderam maior concentração de fresca da parte aérea.

O substrato 80% BCB + 20% solo promoveu maior desenvolvimento na MFPA devido às propriedades físicas da biomassa do caule de babaçu juntamente com o solo em reter água no substrato, e conseqüentemente, proporcionar maior disponibilidade de água para a planta, entretanto no substrato com 100% de biomassa do caule de babaçu ocorreu um decréscimo na massa fresca da parte aérea devido à maior porosidade do substrato (Tabela 2), e conseqüentemente, resultou em lixiviação de água e nutrientes, assim, resultando na redução da massa fresca. Essa redução se deu também pelo teor de potássio disponibilizado

pelas substâncias húmicas que inibiram a absorção de cálcio, principal nutriente atuante na divisão celular, ocasionando em área foliar (Tabela 3) menor e conseqüente redução da massa fresca.

Os resultados de massa seca da parte aérea deste trabalho, contrastam com os obtidos por Andrade (2019) que ao aplicar substâncias húmicas em mudas de mamoeiro observou aumento de MSPA até a dose 12,5 mL de substâncias húmicas. Sugere-se que incremento na massa seca da parte aérea ocorreu também devido aos teores de nitrogênio e fósforo contidos no substrato (Tabela 1), uma vez que esses nutrientes quando utilizados juntos auxiliam no aumento da massa seca das plantas (MAPELI et al., 2005).

Doses elevadas de substâncias húmicas ocasionaram um decréscimo na massa seca da parte aérea, possivelmente relacionado ao distúrbio nutricional em função da alta concentração do produto aplicada sob os substratos, assim, reduzindo a sua área fotossintética e conseqüentemente a produção de fitomassa, como observado por Guimarães et al. (2015).

A capacidade de retenção de água, drenagem juntamente com teor nutricional contido na biomassa do caule de babaçu por si só foi relevante no desenvolvimento da MFR através do aproveitamento dos nutrientes e da água retida no substrato. Este resultado foi semelhante ao encontrado por Barros Junior et al. (2008) que constataram que as oleaginosas mamoneiras Nordeste e Paraguaçu expressaram seu máximo potencial genético em níveis mais alto de disponibilidade de água.

Os substratos a base de caule decomposto de babaçu e solo proporcionaram maior incremento na massa seca da raiz, sendo assim, semelhante à resposta obtida na MSPA. Araújo et al. (2014) verificaram que ao passo que elevava a dose de fósforo proporcionava um maior incremento na massa seca das raízes de plantas de gergelim. No presente trabalho, apesar do substrato 100% biomassa do caule de babaçu conter mais fósforo, ele tem a tendência de perder mais água e nutrientes por lixiviação devido à porosidade ser mais elevada (Tabela 2), e conseqüentemente, ocasiona na redução de desenvolvimento das mudas.

Pequenas quantidades de substâncias húmicas na solução do solo podem melhorar certos aspectos relacionados ao crescimento das plantas. Alguns pesquisadores já sugeriram que tais substâncias podem agir em funções específicas das plantas, como nos hormônios reguladores do crescimento. No entanto, não existem evidências que comprovem tal mecanismo. Outros sugerem que as substâncias húmicas estimulam o crescimento das plantas, melhorando a disponibilidade de micronutrientes, especialmente ferro e zinco (BRADY et al., 2013).

Os produtos comerciais, à base de humatos, têm sido comercializados com a alegação de que, em pequenas quantidades, eles aumentam o crescimento das plantas, mas os testes científicos de muitos desses produtos não foram capazes de mostrar qualquer benefício advindo do seu uso. Isso, provavelmente, porque quantidades eficazes das substâncias húmicas estão naturalmente presentes na maioria dos solos (BRADY et al., 2013).

Na presente pesquisa observou-se que a dose de substâncias húmicas D1 (0 mL) foi a que mais se destacou seguida da dose D2 (12,5 mL). As demais doses promoveram apenas decréscimos da produção de mudas de gergelim. A dose 12,5 mL apesar de ter promovido algum desenvolvimento nas mudas não foi relevante a ponto de ser recomendada, visto que apresentou efeito em apenas quatro das dez variáveis

estudadas, assim, tornando-se pouco relevante para ser utilizada no substrato como componente nutricional complementar.

CONCLUSÕES

A utilização de biomassa do caule de babaçu acrescida a areia, para formulação de substrato, é favorável na formação de mudas de gergelim. Recomenda-se o uso de 80% de biomassa do caule de babaçu como substrato alternativo na produção de mudas de gergelim cultivar 'CNPA G3'. A aplicação de substâncias húmicas ao substrato não foi capaz de mostrar benefício relevante suficiente para ser recomendada como complemento nutricional no desenvolvimento de mudas de gergelim.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, N. D. O.; CANELLAS, L. P.; DOBBS, L. B.; ZANDONADI, D. B.; OLIVARES, F. L.; FAÇANHA, A. R.. Distribuição da massa molecular de ácidos húmicos e promoção do crescimento radicular. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.6, p.1613- 1623, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000600010>
- ANDRADE, H. A. F.. **Bagana de carnaúba como substrato na produção de mudas de mamoeiro cultivar 'Golden' sob substâncias húmicas**. Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2018.
- ANDRADE, H. A. F.; COSTA, N. A.; CORDEIRO, K. V.; OLIVEIRA NETO, E. D.; ALBANO, F. G.; MATOS, R. R. S. S.. Caule decomposto de babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) como substrato para produção de mudas de melanciaira. **Cultura Agrônômica**, v.26, n.3, p.406-416, 2017.
- ANDRADE, H. A. F.; PONTES, S. F.; OLIVEIRA, A. R. F.; MACHADO, N. A. F.; PEREIRA, R. Y. F.; MATOS, R. S. S.. Crescimento inicial de meloeiro sob substâncias húmicas. In: REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIA DO SOLO: USO SUSTENTÁVEL DO SOLO E SEGURANÇA ALIMENTAR NO NORDESTE BRASILEIRO, 4. **Anais**. Teresina: IFPI, 2019.
- ARAÚJO, F. S.; BORGES, S. R. S.; SILVA, G. Z.; ARAÚJO, L. H. B.; TORRES, E. J. M.. Doses de fósforo no crescimento inicial do gergelim cultivado em solução nutritiva. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.8, n.2, p.41-47, 2014.
- ARRIEL, N. H. C.; GONDIM, T. M. S.; FIRMINO, P. T.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, F. P.. Cultivares. In: ARIEL, N. H. C.; BELTRÃO, N. E. M.; FIRMINO, P. T.. **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p.49-55.
- BARROS JUNIOR, G.; GUERRA, H. O.; CAVALCANTI, M. L.; LACERDA, R. D. D.. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p.350-355, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000400003>
- BASSO, S. M. S.. **Caracterização morfológica e fixação biológica de nitrogênio de espécies de *Adesmia* DC e *Lotus*** L. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- BORCIONI, E.; MÓGOR, Á. F.; PINTO, F.. Aplicação de ácido fúlvico em mudas influenciando o crescimento radicular e produtividade de alfaca americana. **Revista Ciência Agrônômica**, v.47, n.3, p.509-515, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160061>
- BOUREIMA, S.; EYLETTERS, M.; DIOUF, M.; DIOP, T. A.; VAN DAMME, P.. Sensitivity of seed germination and seedling radicle growth to drought stress in sesame (*Sesamum indicum* L.). **Research Journal of Environmental Sciences**, v.5, n.6, p 557-564, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3923/rjes.2011.557.564>
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R.. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- CARNEIRO, S. A. P.; GODOY, W. I.; FARINACIO, D.; WURTZIUS, V.. Influência de substratos alternativos e diferentes tipos de bandejas na cultura da alfaca. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 7. **Anais**. Goiânia: ENSub, 2010.
- CORDEIRO, K. V.; ANDRADE, H. A. F.; OLIVEIRA NETO, E. D.; COSTA, N. A. C.; ROCHA, B. R.; PONTES, S. F.; MARZULLO, Y. O. T.; PINTO, F. E. N.; MACHADO, N. A. F.; MATOS, R. R. S. S.. New substrates based on decomposed babassu (*Attalea speciosa* Mart.) stem in the production of melon seedlings. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.26, n.1, p.1-7, 2018. DOI: <https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/43888>
- COSTA, D. S.. **Produtividade de genótipos de gergelim sob a influência de fitoestimulante**. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2015.
- CRUZ, A. C.; LIMA, J. S.; ANDRADE, H. A. F.; OLIVEIRA, A. R. F.; LEITE, M. R. L.; SILVA, L. R.; SILVA, T. F.; GONDIM, M. M. S.; MACHADO, N. A. F.; MATOS, R. R. S. S.. Stalk decomposed babassu for production of seedlings of bougainvillea spectabilis willd in different levels of indolebutyric acid. **Asian Academic Research Journal of Multidisciplinary**, v.5, n.1, p.98-107, 2018.

CRUZ, R. N.; AZEVEDO, C. A. V.; FERNANDES, J. D.; MONTEIRO FILHO, A. F.; WANDERLEY, J. A. C.. Adução orgânica residual no crescimento e produção do gergelim irrigado com água residuária. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, n.1, p.257-263, 2013.

EYHERAGUIBEL, B.; SILVESTRE, J.; MORARD, P.. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. **Bioresource Technology**, v.99, n.10, p.4202-4212, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.082>

FRANCIS, E.. **Sesame**: For the Cooperative Extension Service University of Arkansas System Division of Agriculture. 2013.

GONZALEZ-SANPEDRO, M. C.; LE TOAN, T.; MORENO, J.; KERGOAT, L.; RUBIO, E.. Seasonal variations of leaf area index of agricultural fields retrieved from Landsat data. **Remote Sensing of Environment**, v.112, p.810-824, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.06.018>

GUIMARÃES, I. P.; PAIVA, E. P.; ALMEIDA, J. P.; ARRAIS, Í. G.; CARDOSO, E. A.; SÁ, F. V.. Produção de mudas de três acessos de mamoeiro sob doses do bioestimulante Root®. **Revista de Ciências Agrárias**, v.38, n.3, p.414-421, 2015. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.16946>

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; SILVA, M. I. L.; JERÔNIMO, J. F.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.. Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.474-479, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000300013>

MAIA FILHO, F. C.; PEREIRA, R. F.; COSTA, C. P. M.; CAVALCANTE, S. N.; LIMA, A. S.; MESQUITA, E. F.. Desenvolvimento fisiológico do gergelim BRS Seda sob cultivo orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 4. **Anais**. João Pessoa: Embrapa Algodão, 2010.

MAPELI, N. C.; VIEIRA, M. C.; HEREDIA, Z.; NÉSTOR, A.; SIQUEIRA, J. M.. Produção de biomassa e de óleo essencial dos capítulos florais da camomila em função do nitrogênio e fósforo. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.1, p.32-37, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000100007>

MELO, A. S.; COSTA, C. X.; BRITO, M. E. B.; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA JÚNIOR, C. D.. Produção de mudas de mamoeiro em diferentes substratos e doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.4, p.257-261, 2007.

MOTA, A. F.; ALMEIDA, J. P. N.; SANTOS, J. S.; AZEVEDO, J.; GURGEL, M. T.. Desenvolvimento inicial de mudas de

melancia 'Crimson Sweet' irrigadas com águas residuárias. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.2, p.98-104, 2011.

OLIVEIRA NETO, E. D.; ANDRADE, H. A. F.; OLIVEIRA, A. R. F.; MORAES, L. F.; SANTOS, L. R.; PONTES, S. F.; COSTA, N. A.; LOPES, P. R. C.; OLIVEIRA, I. V. M.; MATOS, R. R. S. S.. Vegetative propagation of pomegranate 'wonderful' in substrates of decomposed babassu stem. **Asian Academic Research Journal of Multidisciplinary**, v.5, n.1, p.167-179, 2018.

OLIVEIRA, V. E. A.. **Aduções orgânica e mineral sobre o crescimento do gergelim BRS seda em solos do vale do Canindé, PI**. Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S.. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadina, MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.4, p.758-766, 2016. DOI: <https://doi.org/10.7127/RBAI.V10N400402>

PEREIRA, G. L.. Comportamento da altura da planta e do diâmetro caulinar do gergelim (*Sesamum indicum*) sob diferentes quantidades de esterco bovino. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 4. **Anais**. João Pessoa: Embrapa Algodão, 2010.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F.. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013.

SILVA, L. R. A.; SILVA, W. B.; SILVA, G. M. C.; BARROS, F. R.; GOMES, E. R.; SILVA, M. R. T.; SETÚBAL, J. W.. Avaliação de crescimento de plântulas de quiabeiro em diferentes substratos. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v.24, n.2, p.63-68, 2013.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V.. The Assisat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agriculture Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>

STEVENSON, F. J.. **Humus chemistry**: genesis, composition, reactions. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1994.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L.. Fertilização em viveiros para a produção de mudas de Eucalyptus e Pinus. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V.. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2005. p.167-190.