

## Biochar no substrato para produção de mudas de maracujazeiro amarelo

Lucena Cavalcante, Ítalo Herbert<sup>1</sup>; Fabiano André Petter; Francisca Gislene Albano; Raissa Rachel Salustriano da Silva; Gabriel Barbosa da Silva Júnior

Universidade Federal do Piauí, Campus Profa. "Cinobelina Elvas", Bom Jesus, Piauí, Brasil, Tel: + 55 89 3562-1505; <sup>1</sup>italohl@ufpi.edu.br

Lucena Cavalcante, Ítalo Herbert; Fabiano André Petter; Francisca Gislene Albano; Raissa Rachel Salustriano da Silva; Gabriel Barbosa da Silva Júnior (2012) Biochar no substrato para produção de mudas de maracujazeiro amarelo. Rev. Fac. Agron. Vol 111 (1): 41- 47.

O biochar é o produto da combustão incompleta de restos de material orgânico ou de culturas voltadas à sua produção, que possui alto teor de carbono e grande área superficial devido à porosidade, que é consequência do processo de queima. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a formação de mudas de maracujazeiro amarelo em substrato contendo biochar. O experimento foi desenvolvido no município de Bom Jesus-PI; adotando-se delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos representados pela proporção de biochar, como segue: 0,0; 5,0; 12,5; 25,0 e 50,0%, adicionadas ao substrato base, composto pela mistura de solo e esterco bovino na proporção 1:2. Foram utilizadas cinco repetições de 10 plântulas. As características avaliadas foram: emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência, altura de plântula, diâmetro do caule, comprimento da maior raiz, volume radicular, massa seca de raiz e parte aérea e concentração de clorofila. As concentrações de biochar influenciam a formação de mudas de maracujazeiro amarelo. O aumento da proporção de biochar no substrato proporcionou a melhor qualidade de mudas com concentração de 50% do produto na composição do substrato.

**Palavras chave:** Biocarvão, *Passiflora edulis* Sims, qualidade de mudas, substrato alternativo, terra preta.

Lucena Cavalcante, Ítalo Herbert; Fabiano André Petter; Francisca Gislene Albano; Raissa Rachel Salustriano da Silva; Gabriel Barbosa da Silva Júnior (2012) Biochar on substrate for seedling production of yellow passion fruit. Rev. Fac. Agron. Vol 111 (1): 41- 47.

The biochar is the product of incomplete combustion of residual organic material or cash crops to their production, which has high carbon content and large surface area due to porosity, which is a consequence of the burning process. Thus, the present study aimed to evaluate the formation of yellow passion fruit seedlings on substrate containing biochar. The experiment was conducted in Bom Jesus County, Piauí State, Brazil using a completely randomized design with five treatments represented by the proportion of biochar as follows: 0.0; 5.0; 12.5; 25 and 50.0%, added to the substrate made by mixing soil and manure in the ratio 1:2. It was adopted five repetitions with 10 plants each. The characteristics evaluated were, as follows: seedling emergence, emergence rate index, seedling height, stem diameter, length of the largest root, root volume, dry mass of root and shoot and chlorophyll concentration. The concentrations of biochar influence the formation of yellow passion fruit seedlings. The increase in the proportion of biochar on the substrate provided the best quality seedlings with 50% concentration in the product composition of the substrate.

**Key words:** Biochar, *Passiflora edulis* Sims, seedling quality, alternative substrate, "terra preta".

---

Recibido: 09/04/2012

Aceptado: 13/08/2012

Disponibile on line: 03/09/2012

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

## INTRODUÇÃO

O maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims.) é uma frutífera tropical nativa do Brasil, o maior produtor mundial com aproximadamente 18 toneladas produzidas (FAO, 2011). Apesar da significativa importância econômica e social, o maracujazeiro amarelo tem sido propagado comercialmente via sementes sem um substrato que possa ser adotado como padrão do ponto de vista econômico, fato que tem motivado trabalhos de pesquisa como Mesquita et al. (2010) e Silva et al. (2010).

A produção de mudas das culturas em geral e, particularmente, das espécies frutíferas tropicais, representa um dos mais importantes pré-requisitos para o sucesso do empreendimento agrícola. Paralelamente, devem ser estudadas formas ambiental e economicamente sustentáveis para a produção de mudas, com a utilização de insumos que reduzam o uso de produtos químicos e contribuam para a manutenção das características químicas e físicas do solo, minimizando a degradação ambiental em sistemas agrícolas de fruticultura.

Nesse sentido, a composição do substrato tem sido estudada com objetivo de obter meios de crescimento que ofereçam composição uniforme, baixa densidade, alta capacidade de troca catiônica, alta capacidade de retenção de água e boa aeração e drenagem, proporcionando condições ideais para o crescimento e desenvolvimento de mudas (Terra et al., 2011). Dentre os produtos com potencial de uso como substrato destaca-se o carbono pirogênico, também conhecido como biochar, cujo efeito na produção de mudas frutíferas ainda é pouco abordado na literatura científica.

O biochar é o produto da combustão incompleta de restos de material orgânico ou de culturas voltadas à sua produção, que possui alto teor de carbono e grande área superficial devido à microporosidade, que é consequência do processo de queima (Madari et al., 2009). Forma bastante estável da matéria orgânica, o

biochar apresenta atividade química na sua superfície, o que proporciona absorver compostos orgânicos solúveis, reter água e servir como abrigo para microorganismos do solo (Benites et al., 2005).

Souchie et al. (2011) em estudo com carvoeiro (*Tachigali paniculata* Aubl.), observaram que o substrato com biochar influenciou a taxa de germinação de sementes de carvoeiro, mostrando que o produto pode ser utilizado em substituição ao esterco, apresentando boa qualidade como condicionador de substrato e ainda possuindo baixo custo se comparado com os condicionantes comerciais, que são mais onerosos e de difícil obtenção no mercado.

Devido às suas características benéficas ao desenvolvimento vegetal, o biochar tem sido estudado como condicionador do solo, mas como componente de substrato as informações ainda são bastante incipientes. Salienta-se a relevância do biochar como componente de substrato especialmente para a produção de mudas de culturas cuja propagação é economicamente viável via processo seminífero, a exemplo do maracujazeiro amarelo.

Mediante o exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a formação de mudas de maracujazeiro amarelo em substrato contendo biochar.

## MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims.) foram usadas em estudo realizado no município de Bom Jesus, Piauí, Brasil, situado a 09°04'28" S, 44°21'31" O e altitude média de 277 m.

O experimento foi conduzido durante o período de 10/06/2011 a 03/08/2011 no setor de horticultura, sob ambiente protegido a 50% de luminosidade. Durante a execução do experimento foram monitoradas diariamente a temperatura e umidade relativa do ar (thermo-higromêtro digital, Instrutemp®, Brasil) às 15:00 horas no interior da estufa (Figura 1).

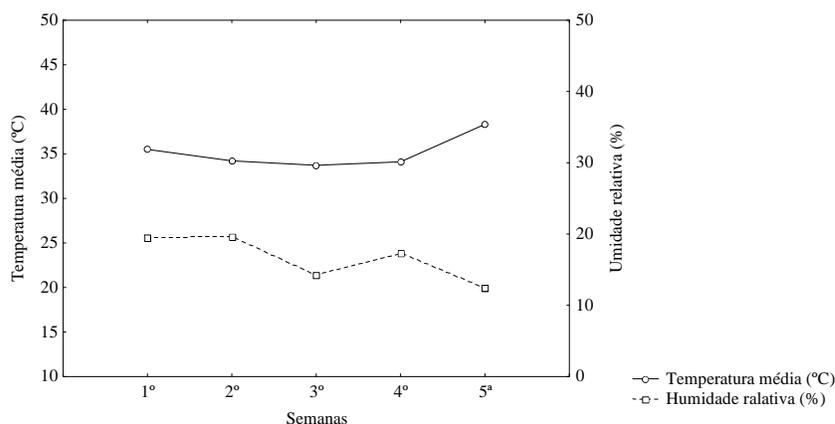


Figura 1. Temperatura média e umidade relativa, no interior da estufa, durante a execução do experimento.

Adotou-se delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, representados pelas proporções de biochar: 0,0; 5,0; 12,5; 25,0 e 50,0%, adicionadas ao substrato base, composto pela mistura de solo e esterco bovino na proporção 1:2, usando cinco repetições com 10 mudas cada, totalizando 250 mudas. As características químicas do biochar usado no experimento encontram-se na Tabela 1.

As diferentes composições de substratos foram preparadas e, imediatamente, acondicionadas nos recipientes plásticos (dimensões de 16 x 26 cm), onde se procedeu a semeadura diretamente.

Para determinação da reposição hídrica, os sacos plásticos preenchidos com os respectivos substratos, receberam água até atingirem a capacidade de campo.

Diariamente os sacos foram pesados (balança Balmak Economic®) e o quantitativo equivalente a 70% da evaporação foi repostos.

Para determinação dos efeitos dos tratamentos na formação de mudas do maracujazeiro amarelo foram registradas as seguintes variáveis: i) emergência de plântulas: contando o número de plântulas emergidas a cada dois dias, a partir do início da emergência até a estabilização numérica das contagens, apresentando os resultados em porcentagem; ii) índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE), calculado de acordo com Maguire (1962), pela fórmula  $IVE = N1/D1 + N2/D2 + \dots + Nn/Dn$ , onde: N= número de plântulas emergidas e computadas da primeira à última contagem; D = número de dias da semeadura da primeira à última contagem.

Tabela 1. Caracterização química do solo, esterco bovino e biochar usados no experimento. P, K, Na: Extrator Melich 1, H + Al: Extrator acetato de cálcio 0,5M, pH 7, Al, Ca, Mg: Extrator KCl 1 M, CTC: Capacidade de troca catiônica

Característica do substrato	Solo	Esterco Bovino		Biochar
		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		g kg <sup>-1</sup>
pH (água)	5,30	9,09	-	-
Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	0,56	5,90	-	-
Ca <sup>2+</sup>	0,32	4,40	-	-
K <sup>+</sup>	0,01	2,78	-	-
Na <sup>+</sup>	0,01	19,58	-	-
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	1,10	2,97	-	-
Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	2,33	156,00	-	-
Nitrogênio total (N)	-	-	-	6,60
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ác. cítrico)	-	-	-	0,30
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total)	-	-	-	1,00
K <sub>2</sub> O	-	-	-	3,30
CaO	-	-	-	5,70
MgO	-	-	-	1,10
Enxofre (S)	-	-	-	0,40
-----				
				mg kg <sup>-1</sup>
Cobre (Cu)	-	-	-	7,00
Ferro (Fe)	-	-	-	6.150,00
Manganês (Mn)	-	-	-	194,00
Zinco (Zn)	-	-	-	13,00
Molibdênio (Mo)	-	-	-	2,00
Cobalto (Co)	-	-	-	1,00
Boro (B)	-	-	-	5,00
-----				
				g kg <sup>-1</sup>
Carbono total (C)	-	-	-	490,60
Umidade	-	-	-	50,00
Material mineral total	-	-	-	280,00
Relação C:N	-	-	-	74,30

Ao final do experimento (54 dias após a semeadura) avaliaram-se as variáveis de: i) altura de plântula (cm): determinada altura no final do ciclo, com régua milimetrada, medindo-se do nível do solo à inserção da última folha; ii) diâmetro do caule (mm): determinado com paquímetro digital a 2 cm de altura; iii) comprimento da maior raiz (cm): realizado com régua milimetrada; iv) volume radicular (cm<sup>3</sup>): determinado em proveta graduada ou seja, colocando-se as raízes, após lavagem, em proveta contendo um volume conhecido de água (100 mL). Pela diferença, obteve-se a resposta direta do volume de raízes, pela equivalência de unidades (1 mL = 1 cm<sup>3</sup>), segundo metodologia descrita por Basso (1999); v) massa seca de raiz e parte aérea (g): secagem em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C até atingir peso constante, determinados por pesagem (balança Bioprecisa®); vi) concentração de clorofila (índice Falker): foi obtido no final do ciclo em folhas saudáveis, através de clorofilômetro (Falker®, Brasil). Em cada parcela escolheram-se três folhas para obtenção de uma média representativa de cada parcela, efetuando-se três leituras distribuídas em cada folha, sendo na base, parte mediana e ápice conforme recomendações de El-Hendawy et al. (2005). Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste "F", para diagnóstico de efeito significativo, e as variáveis que apresentaram efeito significativo foram submetidas à análise quantitativa de regressão polinomial no software SigmaPlot.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve incremento da emergência de plântulas, bem como do índice de velocidade de emergência (IVE) do maracujazeiro em função da maior proporção de biochar na composição do substrato (Figura 2A e 2B), resultados divergentes de Souchie et al. (2011), que não observaram efeito do biochar na germinação de carvoeiro do cerrado (*Tachigali vulgaris*). Os autores atribuem o fato à ótima viabilidade e poder germinativo das sementes dessa espécie, proporcionando em todos os tratamentos, inclusive a testemunha, germinação superior a 80%.

A emergência média de plântulas observada para o substrato com a maior proporção de biochar (Figura 2A) é compatível com os resultados de Silva et al. (2010); enquanto o IVE foi quantitativamente menor à variação de 6,40 – 7,59 observada pelos mesmos autores para substrato composto por partes iguais de solo e esterco bovino.

As variáveis altura de plântula, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e clorofila foliar (Figura 3 A, B, C e D) seguiram a mesma tendência de incremento inclusive com significância referente ao mesmo modelo de regressão, caracterizado pelo aumento médio dessas variáveis, nas maiores concentrações de biochar ao substrato. Nesse sentido, Novotny et al. (2009) confirmam que, apesar do carvão vegetal ser considerado um material bastante inerte, possui em sua estrutura molecular sítios capazes de realizar troca iônica, condição singular que pode contribuir para o aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) dos substratos e assim proporcionar maior disponibilidade de nutrientes.

Comparativamente, as médias de altura de plântulas (Figura 3A) obtidas em substrato com 50% de biochar são compatíveis com as apresentadas por Almeida et al. (2011) em substratos constituídos de solo + esterco bovino, para a produção de mudas de maracujazeiro amarelo, porém inferiores ao estudo realizado por Costa et al. (2010) que testaram diferentes proporções de solo e composto orgânico, obtendo melhor desempenho no substrato que continha 72% de solo e 28% de composto orgânico.

Para o diâmetro do caule (Figura 3B) observa-se que entre a testemunha e o substrato com 5% de biochar houve pequena variação média, mas, com a elevação das doses de biochar, o diâmetro do caule do maracujazeiro foi drasticamente incrementado, destacando-se o substrato contendo a maior concentração do produto (50%). Os resultados obtidos foram melhores que os registrados quando se usou fibra de coco como substrato, porém ficaram aquém dos valores médios de mudas de substratos a base de solo de barranco + esterco bovino e Plantmax® (Boechat et al., 2010).

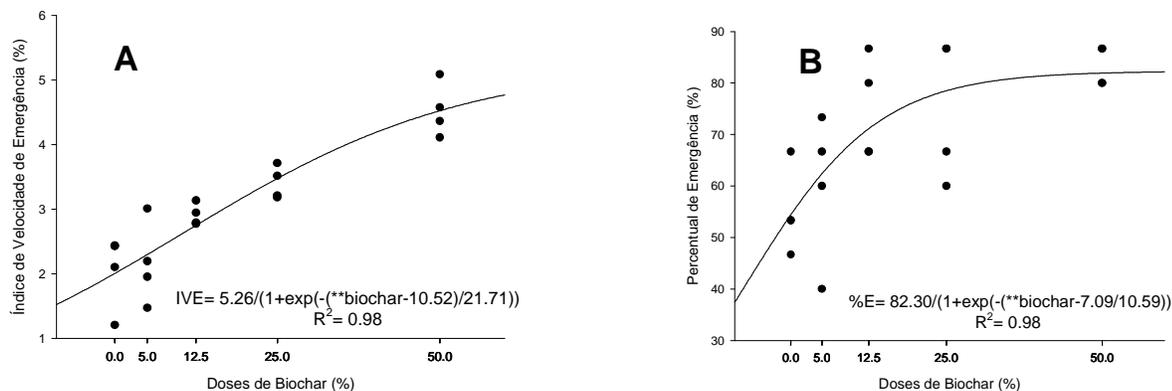


Figura 2. Emergência de plântulas (A) e índice de velocidade de emergência (B) de mudas de maracujazeiro em função substratos com diferentes concentrações de biochar.

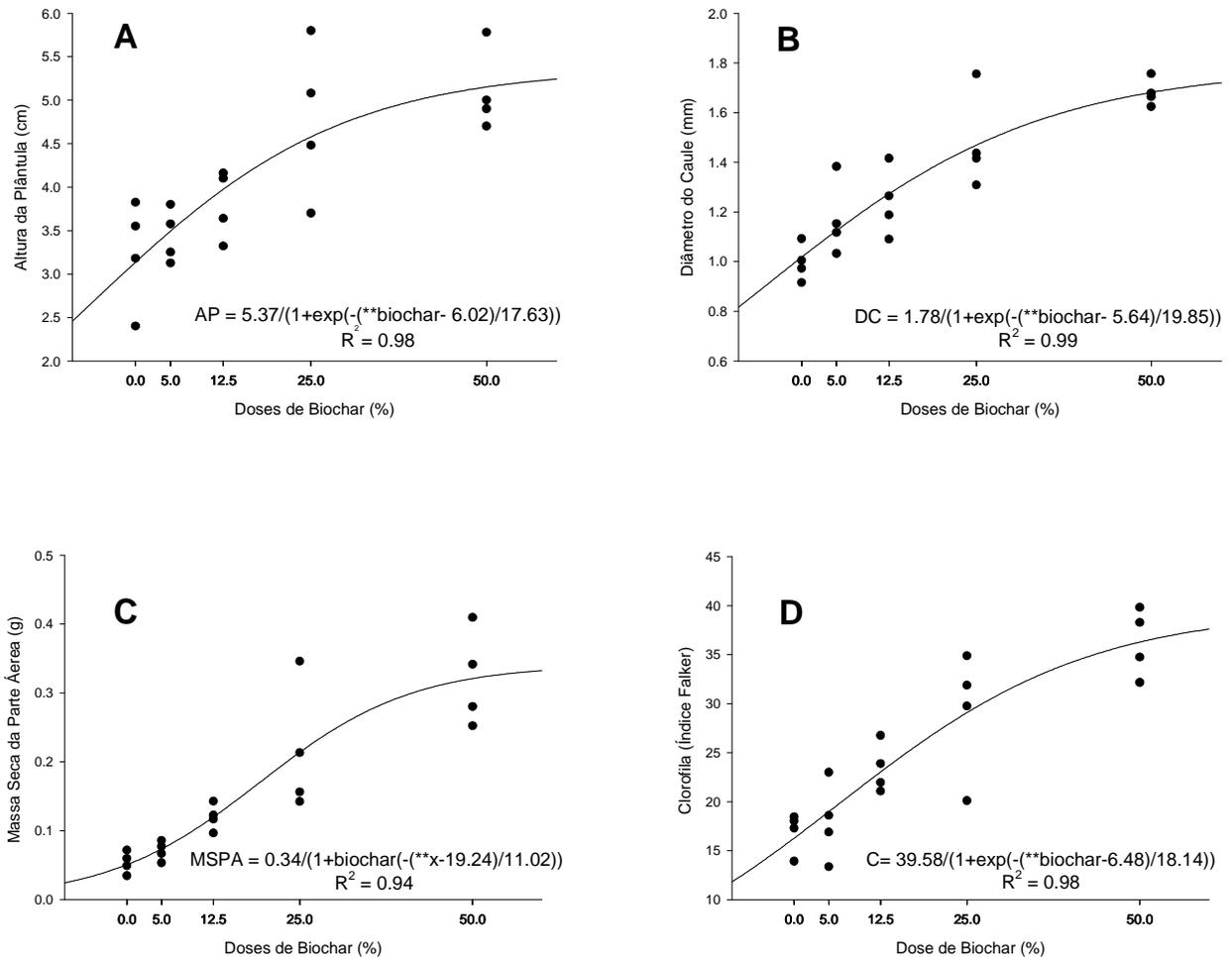


Figura 3. Altura de plântulas (A), diâmetro de caule (B), massa seca da parte aérea (C) e clorofila foliar (D) de mudas de maracujazeiro em função substratos com diferentes concentrações de biochar.

Quanto à massa seca da parte aérea (Figura 3C) o substrato com 50% de biochar promoveu médias equivalentes às obtidas em substratos a base de Solares®, solo, vermiculita + solo e solo + esterco bovino, pesquisados por Almeida et al. (2011), no entanto, foram inferiores às encontradas por Costa et al. (2010) que obtiveram médias de 0,76g a 1,71g. A maior concentração de clorofila foliar, como pode ser visto na Figura 3D, foi registrada nas mudas produzidas sob a maior proporção de biochar no substrato, o que pode ser atribuído à maior retenção e disponibilização para as plântulas de nutrientes como nitrogênio e magnésio, interferindo assim diretamente na produção ou composição estrutural dessa molécula (Major et al., 2010; Ding et al., 2010). Adicionalmente, conforme Baker (2008) há uma relação congruente entre a concentração de clorofila foliar e taxa fotossintética das plantas, fato que interfere diretamente nos processos de crescimento e desenvolvimento vegetais de forma

positiva, caracterizando assim um efeito benéfico do produto para a qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo.

Quanto à avaliação do sistema radicular, os resultados seguiram a mesma tendência daqueles registrados para parte aérea de mudas de maracujazeiro amarelo, conforme se pode observar nas Figuras 4A, 4B e 4C. Dentre as variáveis estudadas, a massa seca do sistema radicular foi a que apresentou o maior incremento em função da concentração de biochar no substrato, registrando-se aproximadamente 450% entre o substrato sem biochar e aquele com 50% do produto em sua composição. Esses resultados corroboram com os obtidos por Mendonça et al. (2003), que verificaram aumento da matéria seca da parte aérea e raiz para mudas de mamoeiro cultivar Sunrise Solo em substrato contendo esterco de curral + carvão vegetal + solo e areia na proporção de 2:1:1:1 v/v.

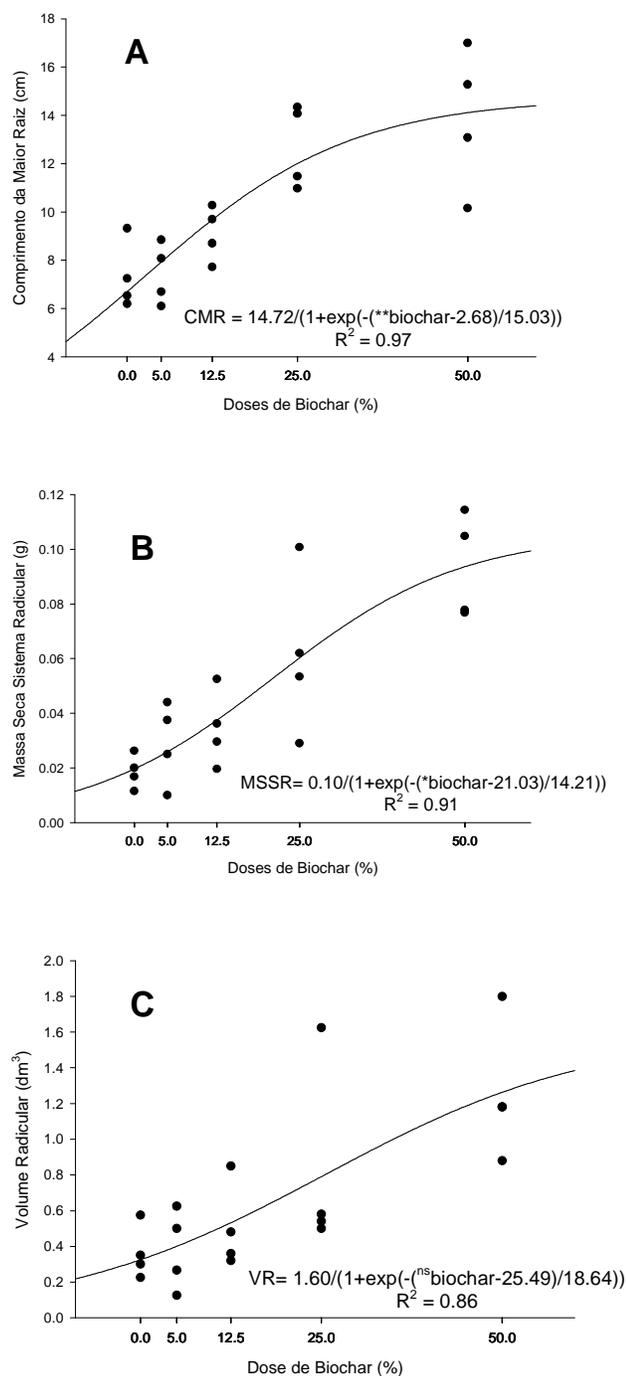


Figura 4. Comprimento radicular (A), massa seca de raiz (B) e volume radicular (C) de mudas de maracujazeiro em função substratos com diferentes concentrações de biochar.

No comprimento radicular (Figura 4A) a maior dose de biochar propiciou melhor desenvolvimento que as demais, porém ainda abaixo dos valores médios encontrados por Boechat et al. (2010) usando como substratos fibra de coco, Plantimax<sup>®</sup> e mistura de solo + esterco. Para a massa seca de raiz (Figura 4B) e volume radicular (Figura 4C) houve distribuição de dados semelhante ao comprimento radicular, demonstrando o efeito da composição do substrato no

sistema radicular como um todo e não apenas na raiz principal.

De fato os efeitos benéficos do biochar na produção de mudas de maracujazeiro amarelo podem ser divididos em influência direta a partir da liberação de nutrientes, bem como indireta, através da maior retenção de nutrientes, melhorias no pH (Rondon et al., 2007), aumento da capacidade de troca catiônica, melhoria das propriedades físicas do meio de cultivo (Chan et al., 2008), incluindo aumento na retenção de água (Laird et al., 2010) e alterações na microbiota (Pietikäinen et al., 2000). De acordo com Zanetti et al. (2003), quando misturado ao solo ou substrato, o fino de carvão contribui para o aumento da porosidade, aeração e capacidade de retenção de água no substrato. Estes efeitos podem atuar em conjunto no desempenho das culturas, já que ocorrem principalmente porque o sistema radicular encontra-se em contato direto com o substrato e, portanto, é de se esperar que os efeitos positivos ou negativos do meio de cultivo sejam mais proeminentes.

Comparativamente a outros produtos usados na composição de substratos hortícolas, pode-se inferir que o biochar possui em sua composição valores de nitrogênio e potássio bastante superiores àqueles registrados por Terra et al. (2011) para substrato comercial e casca de arroz carbonizada, enquanto as médias de cálcio e fósforo são compatíveis com a casca de arroz carbonizada, mas inferiores ao substrato comercial. Outro fator importante é a relação C/N, pois a média apresentada para o biochar é menor que a apresentada por Terra et al. (2011) para o substrato comercial, mas superior àquela apresentada pela casca de arroz carbonizada. Por outro lado, a relação C/N do biochar é considerada elevada para uso como substrato isolado, conforme parâmetro de Hartmann et al. (2002). Adicionalmente, elevados valores dessa relação podem reduzir a perda de nitrogênio, especialmente durante o processo de mineralização (Silber, 2008).

## CONCLUSÕES

A concentração de biochar no substrato influencia positivamente a formação de mudas de maracujazeiro amarelo.

O aumento da proporção de biochar no substrato proporcionou a melhor qualidade de mudas até a concentração de 50% do produto na composição do substrato.

Novos estudos contemplando maiores proporções de biochar na composição do substrato são sugeridos para a recomendação de uma dose de biochar mais adequada visando a produção de mudas de maracujazeiro amarelo.

## BIBLIOGRAFIA

Almeida, J.P.N., G.L. Barros, G.B.P. Silva, I.J.S. Procópio & V. Mendonça. 2011. Substratos alternativos na produção de mudas de maracujazeiro amarelo em bandeja. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável 6:188–195.

- Baker, N.R.** 2008. Chlorophyll Fluorescence: a Probe of Photosynthesis in vivo. Annual Review of Plant Biology 59:89-113.
- Basso, S.M.S.** 1999. Caracterização morfológica e fixação biológica de nitrogênio de espécies de *Adesmia* DC. E *Lotus* L. Ph.D. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. 268 pp.
- Benites, V.M., E. SÁ, C.E. Schaefer, E.H. Novotny, E. Reis & J.K. Ker.** 2005. Properties of black soil humic acids from high altitude rock complexes in Brazil. *Geoderma* 127:104-113.
- Boechat, C.L., A.M. Teixeira, A.S.V. Costa & A.P.S.B. Souza.** 2010. Influência de substratos associados à adubação mineral sobre o crescimento inicial de duas cultivares de maracujazeiro-amarelo. *Revista Caatinga* 23:19-25.
- Chan, K.Y., L. Van Zwieten, I. Meszaros, A. Downie & S. Joseph.** 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research* 46:437-444.
- Costa, E., P.A.M. Leal, A.R. Sassaqui & V.A. Gomes.** 2010. Doses de composto orgânico comercial na composição de substratos para a produção de mudas de maracujazeiro em diferentes tipos de cultivo protegido. *Engenharia Agrícola* 30:776-787.
- Ding, Y., Y.X. Liu, W.X. Wu, D.Z. Shi, M. Yang & Z.K. Zhong.** 2010. Evaluation of biochar effects on nitrogen retention and leaching in multi-layered soil columns. *Water, Air and Soil Pollution* 213:47-55.
- El-Hendawy, S., Y. Hu & U. Schmidhalter.** 2005. Growth, ion content, gas exchange, and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerances. *Australian Journal of Agricultural Research* 56:123-1
- FAO.** 2011. FAOSTAT: online statistical service. Disponível em: <http://apps.fao.org/> (acesso em 20 set. 2011).
- Hartmann, H.T., D.E. Kester, F.T. Davies Junior & R.L. Geneve.** 2002. *Plant Propagation: Principles and Practices*. 7th Edn. Prentice Hall, New Jersey. 880 pp
- Laird D.A., P.D. Fleming, D.D. Davis, R. Horton, B. Wang & D.L. Karlen.** 2010. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. *Geoderma* 158: 443-449.
- Madari, B.E., T.J.F. Cunha, E.H. Novotny, D.M.B.P. Milori, L. Martin Neto, V.M. Benites, M.R. Coelho & G.A. Santos.** 2009. Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (terra preta de índio). Suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. Em: *As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus. pp.172-188.
- Maguire, J.D.** 1962. Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2:176-177.
- Major, J., M. Rondon, D. Molina, S.J. Riha & J. Lehmann.** 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and Soil* 333:117-128.
- Mendonça, V., S.E. Araújo Neto, J.D. Ramos, R. Pio & T.C.A. Gontijo.** 2003. Diferentes substratos e recipientes na formação de mudas de mamoeiro 'Sunrise Solo'. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25:127-230.
- Mesquita, F.O., Cavalcante, L.F., A.M. Rebequi, A.J. Lima Neto, J.C. Nunes, & J.A.M. Nascimento.** 2010. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo em substrato com biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. *Agropecuária Técnica* 31:134-142.
- Novotny, E.H., M.H.B. Hayes, B.E. Madari, T.J. Bonagamba, E.R. Azevedo, A.A. Souza, G. Song, C.M. Nogueira & A.S. Mangrich.** 2009. Lessons from the Terra Preta de Índios of the Amazon region for the utilization of charcoal for soil amendment. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 20:1-8.
- Pietikäinen, J., O. Kiikkilä & H. Fritze.** 2000. Charcoal as a habitat for microbes and its effect on the microbial community of the underlying humus. *Oikos* 89:231-242.
- Rondon, M.A., J. Lehmann, J. Ramirez & M. Hurtado.** 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biology and Fertility of Soils* 43:699-708.
- Silber, A.** 2008. Chemical characteristics of soilless media. In: *Soilless culture: Theory and practice*. Raviv, M. & J.H. Lieth., (Eds.) Elsevier, San Diego. pp. 209-244.
- Silva, E.A., W.I. Maruyama, V. Mendonça, M.G.S. Francisco, D.M. Bardivieso & M.S. Tosta.** 2010. Composição de substratos e tamanho de recipientes na produção e qualidade das mudas de maracujazeiro 'amarelo'. *Ciência e Agrotecnologia* 34: 588-595.
- Souchie, F.F., B.H. Marimon Junior, F.A. Petter, B.E. Madari, S.B. Marimon & E. Lenza.** 2011. Carvão pirogênico como condicionante para substrato de mudas de *Tachigali vulgaris* L.G. Silva & H.C. Lima. *Ciência Florestal* 21:245-250.
- Terra, S.B., A.A.F. Ferreira, R.M.N. Peil, E.R.T. Stumpf, M.Z. Beckmann-Cavalcante & Í.H.L. Cavalcante.** 2011. Alternative substrates for growth and production of potted chrysanthemum (cv. Funny). *Acta Scientiarum. Agronomy* 33:465-471.
- Zanetti, M., J.O. Cazetta, J.D. Mattos & S.A. Carvalho.** 2003. Uso de subprodutos de carvão vegetal na formação do porta-enxerto limoeiro "cravo" em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25:508-512.