



AValiação DOS EFEITOS DO BIOCARVÃO NA MICROBIOTA DO SOLO E NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR (MPB)

Halax Duart Martins Silva¹
Lorrana Zelia Martins de Souza²
Adriana Barboza Alves³
Alan Rodrigues Teixeira Machado⁴
Gustavo Henrique Gravatim Costa⁵
Osania Emerenciano Ferreira⁶

Resumo

O biocarvão tem sido utilizado para melhorar as características do solo e aumentar a produtividade das culturas. No entanto, a literatura ainda carece de informações sobre a sua aplicação na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). Por isso, este trabalho teve por objetivo investigar os efeitos do biocarvão no crescimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (MPB) e sobre a microbiota do solo (bactérias e fungos). Para tanto, as MPB foram cultivadas em casa de vegetação, utilizando-se de amostra de solo coletada em canavial. O biocarvão foi obtido previamente da palha da cana-de-açúcar e avaliado nas doses de 1%, 3% e 5% m/m, em substituição do solo de canavial. O experimento foi montado em blocos inteiramente casualizado, usando um esquema fatorial 4 x 1, com quatro repetições. Após 30 dias, avaliou-se a altura, comprimento da raiz e massas frescas das partes área (MFPA) e subterrânea (MFPS) de MPB. No mesmo período, avaliou-se a Umidade Gravimétrica (UG%) do solo para cada dose de biocarvão. Também foram contadas as Unidades Formadoras de Colônias (UFC) de bactérias e fungos (UFC/g de solo seco). A UG% variou linearmente de 13,10% para 14,61% com o aumento da dose de biocarvão de 0% para 5%. Também foi possível observar um aumento significativo ($p < 0,05$) das UFC/g de solo seco de bactérias e fungos, enquanto o ensaio com as MPB mostrou que o biocarvão teve efeito significativo positivo ($p < 0,05$) apenas sobre MFPS. Conclui-se que o

¹Aluno do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, halaxduart@hotmail.com

²Aluna do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, lorrnazelia18@gmail.com

³Aluna do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, adriana.alves@uemg.br

⁴Professor da Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, alan.machado@uemg.br

⁵Professor da Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, gustavo.costa@uemg.br

⁶Professora da Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, osania.ferreira@uemg.br

biocarvão contribuiu para a retenção de umidade e desenvolvimentos da microbiota e de MPB.

Palavras-chave: Biochar; Pirólise; Biomassa; Microrganismos.

INTRODUÇÃO

O biocarvão é um dos produtos obtidos da pirólise da biomassa em condições limitadas de oxigênio, sendo utilizado como condicionador de solo e para o sequestro de carbono (LAIRD, 2008). A estrutura do biocarvão permite reter a umidade do solo, tornando-o um hábitat ideal para o desenvolvimento dos microrganismos (STEINBEISS *et al.*, 2009). O biocarvão promove também outras mudanças benéficas para o crescimento microbiano, por exemplo, o aumento da capacidade de troca catiônica do solo (MARTINS, 2022).

O crescente aumento da diversidade e da atividade microbiana da rizosfera induzida pelo biocarvão contribui para os impactos positivos na produtividade e na saúde das plantas (DE TENDERE *et al.*, 2016; JAISWAL *et al.*, 2017). Também deve-se reconhecer que a umidade do solo tem impactos fundamentais na atividade microbiana do solo e na estrutura da comunidade (BROCKETTE *et al.*, 2012; MANZONI *et al.*, 2012; BARNARDE *et al.*, 2013; CAVAGNARO, 2016). Assim, levanta-se a hipótese que a microbiota do solo tem impactos positivos promovidos pela adição de biocarvão no plantio de MPB, pois esse bioproduto é retentor de umidade de solo. É esperado que o condicionamento de solo com o biocarvão ocasiona um o aumento da diversidade e atividade microbiana por meio da estimulação no pré-plantio do crescimento de MPB ativando as populações de microrganismos do solo que estariam em resiliência. Essas mudanças podem aumentar coletivamente a eficácia do biocarvão para a promoção do crescimento de plantas e supressão de doenças, bem como reduzir a fitotoxicidade (JAISWAL *et al.*, 2018).

Por outro lado, a aplicação do biocarvão como proposta de melhorar a fertilidade de solos agrícolas e sua ampla aceitação para fins agrônômicos ainda exige investigações para certificação da sua qualidade (VISIOLI, 2016). Além disso, as condições da pirólise da biomassa (temperatura, taxa de oxigênio, taxa de fornecimento de matéria-prima,

Realização

Apoio

composição, entre outras) podem afetar suas propriedades químicas e físicas, resultando em material heterogêneo (SPOKAS, 2010). Soma-se a isso, os poucos estudos sobre a influência do biocarvão nos estágios iniciais do crescimento das plantas, como na germinação de sementes e no crescimento de plântulas (CHOI *et al.*, 2009; REYES e CASAL, 2006; TIAN *et al.*, 2007). Mais ainda, em se tratando do cultivo de cana-de-açúcar a literatura é carente de informações quanto à aplicação de biocarvão e seus efeitos no desenvolvimento da cultura. Certamente, esses pontos dificultam a aplicação eficaz do biocarvão para o cultivo de MPB.

Objetiva-se com este trabalho investigar a influência de diferentes doses de biocarvão obtido da palha de cana-de-açúcar na microbiota do solo e no desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar.

METODOLOGIA

Área experimental e instalação dos vasos

O solo utilizado no experimento foi obtido em área sem cultivo prévio de nenhuma cultura, não foi feita nenhuma correção química. Os vasos foram colocados em estufa em área nivelada sem vegetação arbórea próxima, evitando interferências da exposição dos vasos à radiação solar. Foram utilizados vasos perfurados para drenagem e evitar a perda de solo. Foram utilizados vasos de 3 L contendo uma mistura de solo do canavial e biocarvão, considerando cada vaso como unidade experimental (parcela). O plantio nos vasos foi feito manualmente, utilizando de gemas com idade fisiológica de 10 meses da variedade CTC 4. O experimento foi realizado em blocos inteiramente casualizados com esquema fatorial 4 x 1, com 4 repetições, totalizando 16 unidades experimentais. Foram utilizados quatro tratamentos no solo (Tabela 1), contendo as respectivas doses do biocarvão em percentagem de massa (% m/m): 0,0 (controle); 1,0 (1); 3,0 (3); 5,0 (5) com avaliações no período de 30 dias.

Realização

Apoio

Tabela 01: Descrição dos tratamentos avaliados

Biocarvão (Porcentagem em massa)	Massa de biocarvão (g)	Massa de solo (g)
0	0	3000
1	30	2970
3	90	2910
5	150	2850

Determinação da Umidade Gravimétrica (%) Avaliação microbiológica

A Umidade Gravimétrica (UG%) do solo aos 30 dias após o plantio foi determinada, em triplicata, colocando 5 g do solo em um cadinho de porcelana, que foi aquecido em estufa a 105 °C por 24 h (EMBRAPA, 1997). A partir do registro da massa após o aquecimento e com uso da Equação 1 foi feito o cálculo da UG (%).

Equação 1:

$$UG (\%) = \left(\frac{m_i - m_s}{m_s} \right) \text{ (Eq. 1)}$$

Em que: UG, m_i e m_s indicam a Umidade Gravimétrica (%), a massa inicial do solo e massa seca do solo (g), respectivamente.

Para fins de comparação também foi determinada a UG (%) do solo virgem no dia do plantio para cada tratamento.

Avaliação microbiológica

Para diluição da amostra de solo para as análises microbiológicas, 5 g de solo foi diluído em 45 mL de solução de pirofosfato de sódio 0,1% (p/v). Após agitação por 30 minutos, na mesa agitadora com velocidade de 300 rpm, foram feitas diluições decimais em série, de 10^{-1} a 10^{-9} em água salina composta de NaCl à 0,9% (m/v). Em seguida, alíquotas de 0,1 mL de cada diluição foi transferida pelo método “pour plate” em placas de Petri contendo meio de cultura e acondicionadas em saco plástico com o objetivo de

Realização

Apoio

evitar o ressecamento do meio (OLSEN; BAKKEN, 1987; SORHEIM; TORSVIK; GOKSOYR, 1989) e incubadas na temperatura indicada para cada microrganismo.

Microrganismos totais

Foi utilizado o meio de cultura Ágar Nutriente da marca Biolog preparado conforme as instruções do fabricante, para contagem do número total de microrganismos. As placas de Petri foram incubadas em estufas BOD, com temperaturas a 30 °C, em ausência de luz. As contagens foram feitas a cada 24 h em um contador de colônias com 6x de aumento, até não se constatar nenhum aumento do número de colônias (OLSEN; BAKKEN, 1987; SORHEIM; TORSVIK; GOKSOYR, 1989).

Fungos totais

Foi utilizado o meio de Martin (1950), para contagem do número total de fungos constituído por 1.000 mL água, 10 g ágar, 1 g KH_2PO_4 , 1 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 5 g peptona e 10 g dextrose. Foi ajustado o pH 5,5, acrescido de 70 mg/mL e rosa de bengala. O meio foi autoclavado por 15 min e acrescido com 0,1 g/L de uma mistura de antibiótico no momento da incubação. A incubação das culturas foi realizada a 30 °C por três dias.

Biometria das mudas de cana-de-açúcar

Altura da planta, Comprimento e densidade das raízes, Matéria fresca

A altura (cm) foi determinada medindo-se da base da planta até a lígula da folha +1 (sistema de numeração de Kuijper) utilizando régua graduada. Foi determinada a massa de matéria fresca da parte aérea e da raiz, desmembrando a planta em parte aérea (colmo, folhas verdes e folhas secas/palha) e raízes.

Análise estatística

Os resultados obtidos nos ensaios da avaliação microbiológica e biometria das mudas de cana-de-açúcar foram analisados pelo teste F, e as médias comparadas segundo teste de Tukey (a 5% de probabilidade) (BARBOSA; MALDONADO JUNIOR, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teores de umidade

Pode-se observar que tanto para o solo virgem, quanto para o solo após o período

Realização

Apoio

de 30 dias de plantio de cana-de-açúcar, que a UG (%) aumentou linearmente com as doses de biocarvão, apresentando coeficientes de determinação (R^2) de 0,76 e 0,98, respectivamente. Isso implica que o biocarvão obtido da palha de cana-de-açúcar promoveu a retenção de umidade no solo em todas as doses aplicadas. Esse resultado é comparável ao obtido por Dias et al. (2020), que encontraram o mesmo comportamento, isto é, o aumento da dose de biocarvão aumenta o teor de umidade. Outro exemplo pode ser encontrado no trabalho de Yang (2014), que mostrou que a aplicação do biocarvão aumenta a retenção de água no solo.

Tabela 02: Caracterização dos solos quanto a Umidade (%), de mudas de cana-de-açúcar após 30 dias de plantio solo virgem e solo submetido a tratamento com diferentes doses de biocarvão.

Biocarvão (% em massa)	Umidade Gravimétrica do solo virgem (%)	Umidade Gravimétrica do solo 30 dias após o plantio (%)
0	13,10	40,71
1	14,08	33,68
3	14,43	37,36
5	14,61	40,97

Letras minúsculas na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Contagem de microrganismos

As contagens de microrganismos revelaram que todas as doses aplicadas de biocarvão promoveram aumentos significativos nos números de UFC por g^{-1} solo seco de bactérias totais e fungos totais, em relação ao controle (0 %) (Tabela 3). Também foi possível observar que ocorreu aumento de 215%, 268% e 261% de UFC g^{-1} solo seco para bactérias totais com os tratamentos de 1%, 3% e 5% m/m de biocarvão respectivamente, quando comparados ao controle. Para fungos totais, observou-se o mesmo comportamento com aumento de UFC de 643 %, 973 % e 1030 % de UFC g^{-1} solo seco nos tratamentos

Realização

Apoio

1%, 3% e 5% m/m, respectivamente. Assim, a aplicação de biocarvão independente da dose favoreceu o desenvolvimento da microbiota do solo. E, as propriedades desse condicionante podem ser utilizadas para justificar esse resultado. Por exemplo, a característica porosa do biocarvão fornece habitats para esses microrganismos. Além disso, o biocarvão possui nutrientes que favoreceram a atividade microbiana.

Tabela 03: Quantificação de Bactérias totais e Fungos totais no solo após 30 dias após o plantio de mudas de cana-de-açúcar submetidas aos tratamentos com diferentes doses de biocarvão.

Biocarvão (% em massa)	Bactérias totais (UFC x 10 ⁸ g ⁻¹ solo seco)	Fungos totais (UFC x 10 ⁴ g ⁻¹ solo seco)
0	5,42b	9,32b
1	11,67a	60,00a
3	14,57a	90,75 ^a
5	14,15a	96,00a

Letras minúsculas na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey a 5%. Unidade Formadora de Cólônia (UFC).

O biocarvão pode modificar as condições dos microrganismos do solo, incluindo fatores abióticos como carbono disponível, nutrientes, pH, fitoxidade e teor de água; e fatores bióticos, como habitats diferentes, podem levar a mudanças na estrutura da comunidade microbiana (MARTINS *et al.*, 2021). De fato, XU *et al.* (2016) observaram um aumento de carga microbiana nas maiores doses de biocarvão de milho.

O aumento da microbiota no solo é desejável, uma vez que ela participa ativamente da degradação dos minerais presentes no solo (SAXENA *et al.*, 2013, ZHANG *et al.*, 2014, RAWAT *et al.*, 2019). Os microrganismos fornecem micronutrientes e outros elementos benéficos que promovem o crescimento das plantas (MUKHERJEE e ZIMMERMAN, 2013). Com crescimento satisfatório para diferentes doses de biocarvão, tanto para bactérias totais e quanto para fungos totais, o biocarvão, avaliado neste

trabalho, mostrou ter efeito promissor para o crescimento de microrganismos no cultivo de cana-de-açúcar.

Efeito do biocarvão sobre o desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar

A influência do biocarvão no crescimento de MPB de cana-de-açúcar foi avaliada 30 dias após o plantio. Observou-se que o biocarvão não afetou significativamente a altura da planta, o comprimento da raiz e a massa fresca da parte aérea, em relação ao controle (0%), independente da dose (Tabela 4). Provavelmente esse resultado pode ser decorrente à adsorção de nutrientes no solo pelo biocarvão (LEHMANN *et al.*, 2011). Por outro lado, todas as doses do biocarvão influenciaram significativamente a massa fresca da parte subterrânea, com destaque para dose de 5% m/m que promoveu um aumento de cerca de 2000%. Embora não esteja claro se esse efeito abrupto se prolonga até a maturação dos colmos, (LEHMANN *et al.*, 2011), sugeriram que as razões para as mudanças no crescimento das raízes das culturas, provavelmente, variarão dependendo das diferentes propriedades do biocarvão e dos ambientes do solo.

Tabela 04: Altura, comprimento de raiz e produção de Matéria Fresca (parte aérea e subterrânea), de mudas de cana-de-açúcar após 30 dias de plantio submetidos aos tratamentos com diferentes doses de biocarvão.

Biocarvão (% em massa)	Altura (cm)	Comprimento Raiz (cm)	Massa fresca (g) parte aérea	Massa fresca (g) - parte subterrânea
0	30,66a	7,66a	1,89a	0,17d
1	28,50a	8,16a	1,26a	1,35b
3	26,16a	10,33a	1,14a	1,12c
5	25,83a	11,50a	1,51a	3,55a

Letras minúsculas na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Alguns autores relatam que o biocarvão pode aumentar o rendimento das culturas

Realização

Apoio

(HUANG *et al.*, 2013; YANG, *et al.*, 2014; PENG *et al.*, 2011). Porém neste trabalho não foi observado aos 30 dias efeitos sobre alguns parâmetros de crescimento das mudas de cana-de-açúcar. Sabe-se que o desenvolvimento desta cultura é complexo, por apresentar um ciclo longo, os efeitos positivos do biocarvão podem exigir mais tempo de cultivo para serem significativos. Na literatura há relatos que o efeito do biocarvão na produtividade das culturas não é de curto prazo (ZHU *et al.* .2014; ABIVEN *et al.*, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve influência da dose do biocarvão após 30 dias de aplicação, aumentando a umidade do solo em todos os tratamentos aplicados. O biocarvão também influenciou na microbiota do solo aumentando o número de UFC de bactérias totais e fungos nas três doses avaliadas, 1%, 3% e 5% m/m. A aplicação do biocarvão afetou a massa fresca da parte subterrânea das mudas de cana-de-açúcar em todas as doses de biocarvão. Novos estudos devem ser realizados em um tempo maior, para evidenciar as doses que mais favorecerem, tanto a microbiota do solo como o desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, mais conhecida pela sigla (FAPEMIG), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e a Universidade do Estado de Minas Gerais através do PROGRAMA DE BOLSAS DE PRODUTIVIDADE EM PESQUISA - PQ/UEMG, pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

ABIVEN, S., A. HUND, V. MARTINSEN., G. CORNELISSEN. 2015. Biochar amendment increases maize root surface areas and branching: A shovelomics study in zambia. **Plant and Soil** 395(1): 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2533-2>.

BARBOSA, JC., MALDONADO, JUNIOR, W. 2015. **AgroEstat - sistema para análises**

Realização

Apoio

estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal: FCAV/UNESP. 396p.

BARNARD R.L., OSBORNE CA., FIRESTONE M.K. 2013. Responses of soil bacterial and fungal communities to extreme desiccation and rewetting. **Isme Journal** 7: 2229–2241. <https://doi.org/10.1038/ismej.2013.104>

BROCKETT B.F.T., PRESCOTT C.E., GRAYSTON S.J. 2012. Soil moisture is the major factor influencing microbial community structure and enzyme activities across seven biogeoclimatic zones in western Canada. **Soil Biology & Biochemistry** 44: 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.09.003>.

CAVAGNARO T.R. 2016. Soil moisture legacy effects: impacts on soil nutrients, plants and mycorrhizal responsiveness. **Soil Biology & Biochemistry** 95: 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.12.016>.

CHOI D., MAKOTO K., QUORESHI A.M., QU L.Y. 2009. Seed germination and seedling physiology of *Larix kaempferi* and *Pinus densiflora* in seedbeds with charcoal and elevated CO₂. **Landsc Ecol Eng** 5:107–113. <https://doi.org/10.1007/s11355-009-0072-9>.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, 1979. 1v.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo.** 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 1v.

DIAS, SHAON KUMAR., GHOSH, GOUTAM KUMAR., AVASTHE, RAVIKANT. 2020. Ecotoxicological responses of weed biochar on seed germination and seedling growth in acidic soil. **Environmental Technology & Innovation**, [S.L.], v. 20, p. 101074, nov. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eti.2020.101074>.

DE TENDERE CA., DEBODE J., VANDECASTEELE B., D'HOSE T., CREMELIE P., HAEGEMAN A., RUTTINK T., DAWYNDT P., MAES M. 2016. Biological, physicochemical and plant health responses in lettuce and strawberry in soil or peat amended with biochar. **Applied Soil Ecology** 107: 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.05.001>.

HUANG, M., L. YANG, H., QIN, L. JIANG and Y. Zou. 2013. Quantifying the effect of biochar amendment on soil quality and crop productivity in Chinese rice paddies. **Field Crops Research** 154: 172–177. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.08.010>.

JAISSWAL A.K., ELAD Y., PAUDEL I., GRABER E.R., CYTRYN E., FRENKEL O. 2017. Linking the belowground microbial composition, diversity and activity to soilborne disease suppression and growth promotion of tomato amended with biochar. **Scientific Reports**, 7: 44382. <https://doi.org/10.1038/srep44382>.

JAISSWAL, AMIT K., ELAD, YIGAL., CYTRYN, EDDIE., GRABER, ELLEN R., FRENKEL, OMER. 2018. Activating biochar by manipulating the bacterial and fungal microbiome through pre-conditioning. **New Phytologist**, [S.L.], v. 219, n. 1, p. 363-377, 8 fev. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/nph.15042>.

Realização

Apoio



- MANZONI S., SCHIMEL J.P., PORPORATO A. 2012. Responses of soil microbial communities to water stress: results from a meta-analysis. **Ecology** 93: 930–938. <https://doi.org/10.1890/11-0026.1>.
- MARTIN, J.P. 1950. Use of acid, rose bengal, and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. **Soil Science**, v.69, p.215-232.
- MARTINS FILHO A.P., MEDEIROS E.V., LIMA J.R.S., COSTA D.P.D., DUDA G.P., SILVA J.S.A.D., OLIVEIRA J.B, ANTONINO A.C.D., MENEZES R.S.C., HAMMECKER C. 2021. Impact of coffee biochar on carbon, microbial biomass and enzyme activities of a sandy soil cultivated with bean. **An Acad Bras Cienc.** Sep 3;93(4): e20200096. doi:10.1590/00013765202120200096.
- MUKHERJEE, A and ZIMMERMAN AR. 2013. Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar–soil mixtures. **Geoderma** 193: 122-130. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.10.002>.
- LAIRD, D. A. 2008. The charcoal vision: a win-win scenario for simultaneously producing bioenergy, permanently sequestering carbon, while improving soil and water quality. **Agronomy Journal**, 100, 178–181. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0161>.
- LEHMANN, J., RILLIG, M. C., THIES, J., MASIELLO, C. A., HOCKADAY, W. C., CROWLEY, D. 2011. Biochar effects on soil biota: a review. **Soil Biology and Biochemistry**, New York, v. 43, n. 9, p. 1812-1836. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>.
- OLSEN, R.A., BAKKEN, L.R. 1987. Viability of soil bacteria: optimization of plate counting technique and comparison between total counts and plate counts within different size groups. **Microbial Ecology**, v.13, p.59-74, <https://doi.org/10.1007/BF02014963>.
- PENG, H.-H., Q. LIU, X.-M. RONG, Y.-P. ZHANG, C. TIAN, AND Y. Xie. 2015. Effects of biochar, organic fertilizer and chemical fertilizer combined application on nutrient utilization and yield of spring maize. Journal of Southern Agriculture, **Jiangsu Agricultural Sciences** 44(7): 132–135. ISSN: 2095-1191. Disponível em: <<http://www.nfnxyb.com/EN/Default.aspx>>. Acesso em 20 de jun. de 2022.
- RAWAT J., SAXENA, J and SANWAL P. 2019. Biochar: A Sustainable Approach for Improving Plant Growth and Soil Properties. In **Biochar-An Imperative Amendment for Soil and the Environment**. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82151>.
- REYES, O., CASAL M. 2006. Seed germination of Quercus robur, Q-pyrenacia and Q-ilex and the effects of smoke, heat, ash and charcoal. **Ann Forest Sci** 63:205–212. <https://doi.org/10.1051/forest:2005112>.
- SAXENA, J., RANA, G and PANDEY, M. 2013. Impact of addition of biochar along with Bacillus sp. on growth and yield of French beans. **Sci Horticult**, 162: 351-356. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.08.002>.

SORHEIM, R., TORSVIK, V.L., GOKSOYR, J. 1989. Phenotypical divergences between populations of soil bacteria isolated on different media. **Microbial Ecology**, v.17, p.181-192, 1989. <https://doi.org/10.1007/BF02011852>.

SPOKAS, K. A. 2010. Review of the stability of biochar in soils: predictability of O:C molar ratios. **Carbon Mang.**, 1(2), 289–303. <https://doi.org/10.4155/cmt.10.32>.

STEINBEISS, S., GLEIXNER, G., ANTONIETTI, M. 2009. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. **Elsevier**, 41: 1301-1310. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.03.016>.

TIAN, Y.H., FENG Y.L., LIU, C. 2007. Addition of activated charcoal to soil after clearing *Ageratina adenophora* stimulates growth of forbs and grasses in China. **Tropical Grasslands** 41:285–291. ISSN: 0049-4763.

TORSVIK, R. S., GOKSOYR, J. 1989. Total bacterial diversity in soil and sediment communities—A review, **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, Volume 17, Issue 3-4, 1 September, Pages 170–178, <https://doi.org/10.1007/BF01574690>.

Visioli, G., Conti, F.D., Menta, C. et al. 2016. Assessing biochar ecotoxicology for soil amendment by root phytotoxicity bioassays. **Environ Monit Assess**, 188-166 <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5173-y>.

XU, N., TAN, G., WANG, H and GAI, X. 2016. Effect of biochar additions to soil on nitrogen leaching, microbial biomass, and bacterial community structure. **Europ J Soil Biol** 74: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.02.004>.

YANG, Liu; LIAO, Fen; HUANG, Min; YANG, Litao; LI, Yangrui. 2014. Biochar Improves Sugarcane Seedling Root and Soil Properties Under a Pot Experiment. **Sugar Tech**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 36-40, 14 out Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12355-014-0335-0>.

ZHANG, Q.Z., DIJKSTRA, F.A., LIU, X.R., WANG, Y.D., HUANG, J and LU, N. 2014. Effects of biochar on soil microbial biomass after four years of consecutive application in the north China plain. **Plos One**, July 15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102062>.

ZHU, Q.H., PENG, X.-H., HUANG, T.-Q., XIE, Z.-B., and HOLDEN, N.M. 2014. Effect of biochar addition on maize growth and nitrogen use efficiency in acidic red soils. **Pedosphere** 24(6): 699–708. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(14\)60057-6](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(14)60057-6).

Realização

Apoio