

生物质炭对不同质地镉污染土壤性质及有效镉的影响

蔡瑞, 李玉奇* (湖北文理学院食品科学技术学院, 湖北襄阳 441053)

摘要 [目的] 研究生物质炭对不同质地镉污染土壤理化性质及有效镉的影响。[方法] 按照不同比例配置成砂土、壤土及黏土 3 种质地的镉污染土壤, 通过添加不同比例的生物质炭, 模拟研究不同添加量生物质炭对不同质地镉污染土壤 pH、EC、有机质、含水率及有效镉含量的影响。[结果] 生物质炭尽管提高了不同质地土壤 pH, 但是没有显著性影响; 土壤 EC 值、有机质含量和含水率均随生物质炭添加量的增加而显著增加。当生物质炭添加量低于 4% 时, 土壤有效镉随着生物质炭添加量的增加呈显著降低, 进一步提高生物质炭添加量时土壤有效镉含量变化不明显。和对照相比, 当土壤中生物质炭的添加量为 2%、4%、8% 时, 砂土有效镉分别减少 2.09%、7.94%、14.50%, 壤土分别减少 24.00%、32.60%、35.00%; 黏土分别减少 41.80%、58.80%、63.20%。[结论] 该研究为生物质炭在不同质地镉污染土壤中的应用提供理论依据。

关键词 生物质炭; 土壤质地; 理化性质; 镉

中图分类号 X53 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)03-0070-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.03.023



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effect of Biochar on Different Textural Soil Properties and Available Cadmium

CAI Rui, LI Yu-qi (School of Food Science and Technology, Hubei University of Science and Arts, Xiangyang, Hubei 441053)

Abstract [Objective] This study was to explore the effects of biochar on soil physical and chemical properties of cadmium contaminated soils and the effective cadmium. [Method] Three types of cadmium contaminated soils (sandy, loam and clay soils) were arranged in different proportions. By adding different proportions of biochar, change of pH, EC, organic matter and water content and effective cadmium content in three types of cadmium contaminated soils were studied in this experiment. [Result] pH increased with increasing biochar content, but biochar had no significant effect on soil pH value. The soil EC, organic matter content and water content increased significantly with increasing biochar content. When the amount of biochar was less than 4%, the soil effective cadmium decreased significantly with increasing biochar. However, change of available cadmium content in soil was not obvious when the amount of biochar was further increased. Compared with the control, when the amount of biomass carbon added in the soil was 2%, 4%, and 8%, the effective cadmium in sandy soil decreased by 2.09%, 7.94%, 14.50%, the loam soil decreased 24.00%, 32.60% and 35.00%, and the clay decreased 41.80%, 58.80% and 63.20% respectively. [Conclusion] This study can provide a theoretical basis for the application of biochar in heterogeneous cadmium contaminated soil.

Key words Biochar; Soil texture; Physicochemical properties; Cadmium

生物质炭是富含碳的生物质在完全或者部分缺氧的情况下经过高温而生成的高度芳香化的难熔性物质, 是黑碳的一种^[1-2]。生物质炭不但碳的含量高, 而且还含有大量植物需要的营养元素, 可以为植物提供大量的养分, 还能提高土壤的肥力^[3-5]。大量研究显示, 生物质炭的使用能有效地改善土壤的保水性, 提升土壤养分吸附容量以及阳离子交换量, 促进土壤稳定性团聚体的产生, 提升土壤的有机质含量和酸性土壤的 pH^[6]。生物质炭拥有巨大的表面积, 可以利用其来吸附污染土壤的重金属, 从而达到改良污染土壤和降低作物对重金属吸收的目的, 这是一种新的修复重金属污染土壤的技术^[7]。生物质炭净化水源、减排固碳、吸附重金属以及改良土壤等已经在多个领域得到广泛的运用。全球热切关注的气候变化、土壤的功能退化以及环境的污染等焦点问题可以使用生物质炭在一定程度上得到解决, 所以生物质炭逐渐成为国内外环境科学和土壤科学等领域科学家研究的热点。

镉是环境中主要的污染物之一, 其可通过农业、工业、城市生活排污等途径进入土壤环境中, 从而使土壤质量及农业

产值和品质下降, 并最终影响人类的可持续发展。由镉污染引发的“镉米”事件频频在我国各省市出现, 不但严重影响国民的健康, 还使我国经济快速发展受到威胁, 因此对镉污染的土壤治理已经引起国内外的广泛重视^[8-10]。

土壤质地是指土壤中不同大小直径的矿物颗粒的组合, 土壤质地状况是拟定土壤利用、管理和改良措施的重要依据^[11]。该研究不同体积含量(0%、2%、4%、8%)生物质炭对不同质地土壤(砂质土、壤土、黏土)主要理化性质(pH、有机质、电导率、含水率)及重金属元素有效镉的影响, 为合理利用生物质炭修复不同质地重金属污染土壤提供科学理论及应用依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试生物质炭取自湖北三杰面业有限公司, 为稻壳炭, 将其研细, 备用。生物质炭 pH 为 9.88, 电导率为 0.77 mS/cm。供试土壤取自湖北文理学院附近农田 0~20 cm 新鲜的表层土, 经风干、去除木棍虫草叶等杂质, 研磨, 再过 2 mm 筛。土壤的基本理化性质为: pH 7.64, 电导率 0.17 mS/cm, 有机质含量 4.95%, 土壤镉浓度 0.28 mg/kg。然后土壤过不同筛, 按不同比例配制成砂质土、壤土、黏土 3 种质地土壤, 其比例及有机质含量如表 1 所示。

1.2 试验设计 试验于 2018 年 3—4 月在湖北文理学院环境生态协同创新中心实验室进行。3 种不同质地的土壤分别加入硝酸镉, 混匀, 适当浇水使土壤保持湿润, 使土壤中镉的含量为 50 mg/kg, 形成镉的污染土壤, 装入圆形塑料盆中, 平

基金项目 湖北省自然科学基金项目(2017CFB608); 中央引导地方科技发展专项(鄂财教发[2016]109号); 襄阳市科技研究与开发一般项目(襄科计[2017]10号)。

作者简介 蔡瑞(1994—), 男, 湖北咸宁人, 硕士研究生, 研究方向: 农业废弃物综合利用。* 通信作者, 副教授, 博士, 从事园艺植物生理生态及农田环境生态方面的研究。

收稿日期 2018-10-12

衡 21 d。然后在 3 种质地土壤中分别加入体积分数为 0% (对照)、2%、4%、8% 的生物质炭,与土混匀,并且盖上保鲜膜,重复 3 次。

表 1 3 种不同质地土壤的基本组成

Table 1 The basic composition of three different textural soils

土壤种类 Soil species	土壤质地 Soil texture			有机质含量 Organic matter content g/kg
	砂粒 Sand (2.0~ 0.05 mm)	粉粒 Silt (0.05~ 0.002 mm)	黏粒 Clay (≤0.002 mm)	
	%	%	%	
砂土 Sandy soil	64.8	22.4	12.8	15.3
壤土 Loam soil	31.6	54.2	14.2	29.0
黏土 Clay soil	27.3	30.1	42.6	43.9

1.3 测定项目与方法 土壤施入生物质炭保持土壤持水量,平衡 14 d 后采集土壤样品,经风干后,研磨过 2 mm 筛,待测。土壤 pH 值按照土水比 1:2.5 (V/V) 由 pH Testr 20 便携式 pH 计测定;土壤电导率按照土水比 1:5 (V/V) 由 EC Testr11 EC 计测定;土壤有机质的测定采用烧失量法^[12];镉含量的测定采用原子吸收光谱法。

1.4 数据分析 采用 Excel 和 Origin 8 软件进行数据处理和作图,采用 PASW Statistics 18 进行方差分析 (ANOVA)。

2 结果与分析

2.1 生物质炭对不同质地土壤 pH 的影响 土壤 pH 可以综合反映土壤其他化学性质,它与土壤中微生物活性、酶活性、有机质合成与分解、各种物质的转化以及保肥保水能力等有关^[13-14]。由图 1 可以看出,所用的 3 种质地土壤均呈碱性。与对照相比,随着生物质炭含量的增加,3 种质地土壤 pH 均有上升趋势,但 pH 提升幅度并不显著。当土壤中生物质炭的添加量为 2%、4%、8% 时,砂土的 pH 分别增加了 0.04、0.07、0.19;壤土的 pH 分别增加了 0.10、0.14、0.17;黏土的 pH 分别增加了 0.04、0.11、0.18。总体上,土壤 pH 表现为:黏土>壤土>砂土。

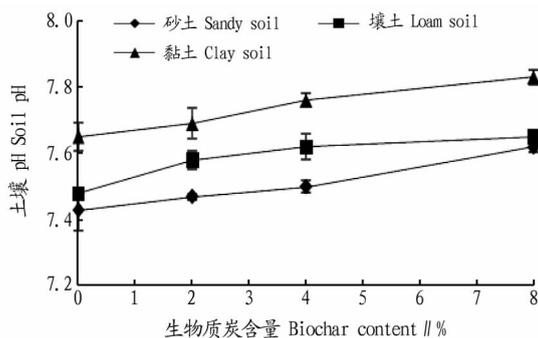


图 1 生物质炭对 3 种质地土壤 pH 的影响

Fig. 1 Effect of biochar on pH of three different textural soils

2.2 生物质炭对不同质地土壤电导率的影响 由图 2 可知,与对照相比,土壤中生物质炭的添加量为 2%、4%、8% 时,砂土的电导率分别增加了 14.5%、26.3%、53.4%,壤土的电导率分别增加了 18.5%、24.8%、39.3%,黏土的电导率分别增加了 11.4%、17.2%、31.7%。数据方差分析表明,生物质炭能显著增加土壤的电导率,并且土壤电导率随生物质炭添

加量的增加而显著增大。在低水平生物炭处理下,土壤 EC 值表现为:黏土>壤土>砂土。在高生物炭处理下,不同质地的土壤 EC 值差异不显著。

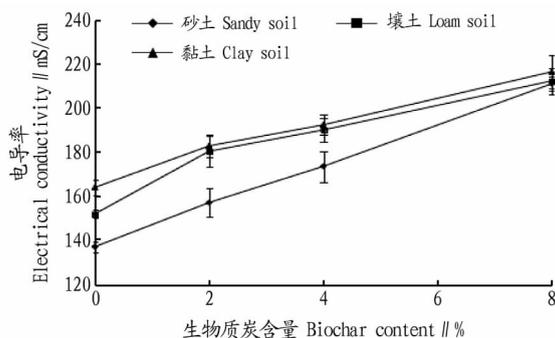


图 2 生物质炭对 3 种不同质地土壤电导率的影响

Fig. 2 Effect of biochar on electrical conductivity of three different textural soils

2.3 生物质炭对不同质地土壤有机质含量的影响 由图 3 可以看出,3 种质地土壤有机质含量均随生物质炭含量的增加而增加,呈显著的正相关。与对照相比,土壤中生物质炭的添加量分别为 2%、4%、8% 时,砂土的有机质含量分别增加了 40.9%、91.6%、162.7%;壤土的有机质含量分别增加了 35.7%、50.9%、97.4%;黏土的有机质含量分别增加了 14.3%、26.0%、57.7%。可见,黏土有机质含量最大,壤土有机质含量低于黏土,砂土的最小。但是,添加生物质炭,砂土有机质增量最大,壤土有机质增量低于砂土,黏土的增量最小。

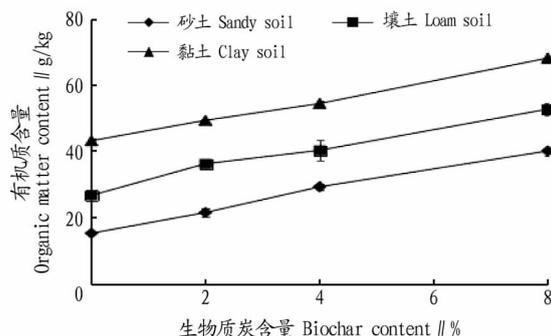


图 3 生物质炭对 3 种不同质地土壤有机质含量的影响

Fig. 3 Effect of biochar on organic matter content in three different textural soils

2.4 生物质炭对不同质地土壤含水率的影响 由图 4 可以看出,随着生物质炭添加量的增加,3 种质地土壤含水率也随之显著增加。与对照相比,土壤中生物质炭的添加量为 2%、4%、8% 时,砂土含水率分别增加了 5.93%、13.60%、17.80%;壤土的含水率分别增加了 7.03%、12.50%、25.00%;黏土的含水率分别增加了 3.47%、11.00%、13.30%。总体上看,土壤含水率表现为:黏土>壤土>砂土。

2.5 生物质炭对不同质地土壤镉含量的影响 镉污染的危害直接影响大自然、生态环境以及人体的生命健康,其危害程度与镉在土壤中的形态以及浓度有密切关系。如图 5 所示,与对照相比,当土壤中生物质炭的添加量为 2%、4%、8% 时,砂土的镉可利用态分别减少了 2.09%、7.94%、14.50%;

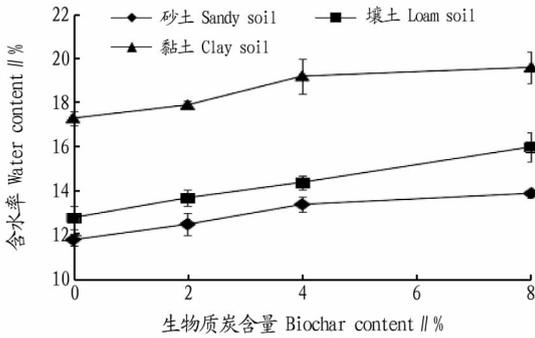


图4 生物质炭对3种不同质地土壤含水率的影响

Fig. 4 Effect of biochar on water content in three different textural soils

壤土的镉可利用态分别减少了24.00%、32.60%、35.00%；黏土的镉可利用态分别减少了41.80%、58.80%、63.20%。数据方差分析表明，生物质炭能够有效地吸附土壤中的镉，并且添加的生物质炭含量越高，其对土壤镉的吸附效果好。从生物质炭对3种质地土壤中镉的吸附效果可以看出，在相同生物质炭添加量情况下，生物质炭对土壤中可利用态镉的影响为：黏土<壤土<砂土。

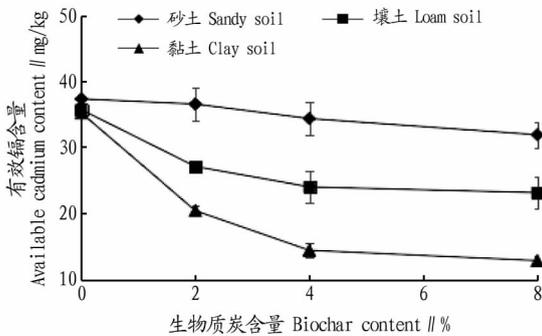


图5 生物质炭对3种质地土壤有效镉含量的影响

Fig. 5 Effect of biochar on available cadmium content in three different textural soils

3 结论与讨论

土壤pH与土壤养分的有效性密切相关^[15-16]。若将生物质炭加到酸性的土壤中，随着添加量的增加，酸性土壤pH有明显的上升趋势，而碱性土壤则基本没有显著变化^[16]。与以前的研究相似，该试验所用土壤为碱性土壤，总体上，虽然随着生物质炭添加量的增加，其土壤样品的pH有着一定的增加，但其pH的变动均在0.2以内，效果并不明显。由于生物质炭本身携带的盐基离子，还可以通过生物质炭自身的吸附作用，降低土壤水分的淋失，从而可以提高土壤的含水率，并且让土壤溶液中的盐基离子能在土壤中富集，最终提高土壤的电导率。生物质炭施用量增加，土壤对水分的吸附能力也随之增强，因此提升土壤电导率的效果也会越明显^[17-18]。该研究所用的生物质炭的电导率为0.77 mS/cm，生物质炭添加的量越大，其本身电导率对土壤电导率的增加效果也会越大。研究表明，生物质炭加入土壤后，能够有效地改善土壤的容重，使土壤持水量和导水性增加^[19-20]。该研究表明生物质炭可以使土壤的含水率增加，并且在一定的

范围内，土壤含水量随生物质炭添加量的增加而上升。

生物质炭的添加可以明显提高土壤中碳含量^[21]。Laird等^[22]在施肥相同的情况下，分别向土壤中加入0.5、10、20 g/kg的生物质炭，结果发现土壤有机质含量随生物质炭加入量的增加而上升。该次试验与上述结论一致，说明生物质炭可以使土壤的有机质含量增加，并且在一定的范围内，土壤有机质随生物质炭添加量的增加而上升。

生物质炭由于其表面含有大量的—COH、—COOH和—OH等含氧的官能团，可以有效地吸附土壤中的重金属，所以在重金属污染的土壤修复方面前景非常广阔^[23]。从该研究可以看出，生物质炭对土壤中的有效镉进行吸附，使有效镉的浓度下降，并且生物质炭添加的含量越高，其吸附效果越好。然而生物质炭对不同质地土壤中有效镉的含量表现为与沙粒含量呈正相关，而与黏粒含量呈负相关。这也表明土壤黏粒与生物质炭对土壤中镉的吸附具有协同互作效应。

参考文献

- [1] 潘逸凡,杨敏,董达,等. 生物质炭对土壤氮素循环的影响及其机理研究进展[J]. 应用生态学报, 2013, 24(9): 2666-2673.
- [2] ANTAL M J, GRONLI M. The art, science, and technology of charcoal production [J]. Industrial and engineering chemistry research, 2003, 42(8): 1619-1640.
- [3] 孙鹭, SHAABAN M, 何志龙, 等. 生物质炭对茶园土壤改良及茶叶品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2017(6): 9-14.
- [4] DING Y, LIU Y G, LIU S B, et al. Biochar to improve soil fertility: A review [J]. Agronomy for sustainable development, 2016, 36(2): 1-18.
- [5] ROGOVSKA N, LAIRD D, CRUSE R M, et al. Germination tests for assessing biochar quality [J]. Journal of environmental quality, 2012, 41(4): 1014-1022.
- [6] 韩召强, 陈效民, 曲成闯, 等. 生物质炭施用对潮土理化性状、酶活性及黄瓜产量的影响[J]. 水土保持学报, 2017, 31(6): 272-278.
- [7] 张小凯, 何丽芝, 陆扣萍, 等. 生物质炭修复重金属及有机物污染土壤的研究进展[J]. 土壤, 2013, 45(6): 970-977.
- [8] 赵青青, 王海波, 史静. 生物质炭对Cd污染土壤根际微团聚体Cd形态转化的影响[J]. 环境科学研究, 2018, 31(3): 555-561.
- [9] 环境保护部和国土资源部. 全国土壤污染状况调查公报[R]. 北京: 环境保护部, 2014.
- [10] 曾咏梅, 毛昆明, 李永梅. 土壤中镉污染的危害及其防治对策[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(3): 360-365.
- [11] 吴克宁, 赵瑞. 土壤质地分类及其在我国应用探讨[J]. 土壤学报, 2019(1): 1-17.
- [12] 钱宝, 刘凌, 肖潇. 土壤有机质测定方法对比分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2011, 39(1): 34-38.
- [13] 韩剑宏, 李艳伟, 姚卫华, 等. 玉米秸秆和污泥共热解制备的生物质炭及其对盐碱土壤理化性质的影响[J]. 水土保持通报, 2017, 37(4): 92-98, 105.
- [14] 徐慧洁, 杨静慧, 刘艳军, 等. 盐胁迫对野生樱桃幼苗生长的影响及其耐盐性分析[J]. 中国南方果树, 2014, 43(3): 39-42.
- [15] 张继旭, 张继光, 张忠锋, 等. 秸秆生物炭对烤烟生长发育、土壤有机碳及酶活性的影响[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(5): 16-21.
- [16] LONG A H, NAJAR G R, GANIE M A, et al. Biochar for sustainable soil health: A review of prospects and concerns[J]. Pedosphere, 2015, 25(5): 639-653.
- [17] 郭茜, 陆扣萍, 胡国涛, 等. 死猪炭和竹炭对菜地土壤理化性质和蔬菜产量的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2017, 34(2): 244-252.
- [18] 吕一丹, 屈忠义. 生物炭肥料对河套灌区耕层土壤肥力及含水率影响的研究[J]. 节水灌溉, 2015(3): 18-21.
- [19] 赵青青, 陈蕾伊, 史静. 生物质炭对重金属土壤环境行为及影响机制研究进展[J]. 环境科学导刊, 2017, 36(2): 12-18.
- [20] 王丹丹, 郑纪勇, 颜永毫, 等. 生物炭对宁南山区土壤持水性能影响的定位研究[J]. 水土保持学报, 2013, 27(2): 101-104.
- [21] 章明奎, BAYOU W D, 唐红娟. 生物质炭对土壤有机质活性的影响[J]. 水土保持学报, 2012, 26(2): 127-131, 137.
- [22] LAIRD D A, FAEMING P, DAVIS D D. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil[J]. Geoderma, 2010, 158(3/4): 443-449.
- [23] 徐艳, 史高琦, 王曙光. 生物炭在土壤污染修复中的应用[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(26): 120-122, 146.