

生物炭基缓释肥的制备及其对土壤理化性质的影响

宋旭燕¹, 罗鹤松², 杨帅², 王东梅²

(1. 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072;

2. 西南交通大学地球科学与环境工程学院, 四川 成都 611756)

摘要:通过淋溶试验分析生物炭热解温度、生物炭与尿素比例、粘结剂含量对生物炭基缓释肥缓释性能的影响,采用土壤培育试验研究生物炭基缓释肥对土壤理化性质的影响。结果表明,600℃下热解而成的生物炭缓释性能优于300℃下热解形成的生物炭;生物炭添加比例和粘结剂含量的增加能提升生物炭基缓释肥的缓释性能;生物炭基缓释肥的加入可降低培育土壤的容重,增大土壤的饱和导水率,提高土壤pH值和土壤有机质含量。

关键词:生物炭;缓释肥;淋溶试验;缓释性能;理化性质;土壤

中图分类号:X53

文献标志码:B

文章编号:1006-2009(2023)01-0048-03

Preparation of Biochar Based Slow-release Fertilizer and Its Effect on Soil Physicochemical Properties

SONG Xu-yan¹, LUO He-song², YANG Shuai², WANG Dong-mei²

(1. Power China Chengdu Engineering Corporation Limited, Chengdu, Sichuan 610072, China; 2. Faculty of Geosciences and Environmental Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 611756, China)

Abstract: The effects of biochar pyrolysis temperature, ratio of biochar to urea and binder content on the slow-release performance of biochar based slow-release fertilizer were analyzed by leaching test, and the effects of biochar based slow-release fertilizer on soil physicochemical properties were studied by soil cultivation experiment. The results showed that the slow-release performance of biochar pyrolyzed at 600℃ was better than that at 300℃. The increase of biochar addition ratio and binder content could improve the slow-release performance of biochar based slow-release fertilizer. The addition of biochar based slow-release fertilizer could reduce the bulk density of cultivated soil, increase saturated water conductivity, pH value and organic matter content of the soil.

Key words: Biochar; Slow-release fertilizer; Leaching test; Slow-release performance; Physicochemical properties; Soils

化肥利用率低不仅带来巨大的经济损失,还导致农业面源的污染,引起土壤酸化、土壤微生物活性降低、土壤板结等问题^[1-2]。研发具有土壤改良功能的新型缓释肥具有一定的现实意义。

生物炭是将生物质在无氧条件下高温热解碳化后得到的物质,具有较大的比表面积和复杂的孔隙结构,能够有效吸附肥料中的养分^[3-5]。与高分子有机物、纳米材料等相比,生物炭具有材料易得、环境友好的特点。将生物炭作为载体制备炭基缓释肥,降低化肥的释放速率,已经获得国内外学者

的广泛认可^[6-8]。Wang等^[9]利用稻壳制备的炭基缓释肥在第10次浸出后尿素仍未完全释放,相较于纯尿素表现出优异的缓释性能。有学者将高浓度的氮和磷嵌入生物炭制成的无包膜磷铵缓释肥,在降低氮素损失的同时提高菠菜的氮肥利用率,其中的生物炭可以积累为有机碳,改善

收稿日期:2022-03-06;修订日期:2022-11-15

基金项目:国家自然科学基金青年基金资助项目(22006121)

作者简介:宋旭燕(1981—),女,四川成都人,高级工程师,硕士,主要从事环境污染治理与评估工作。

沙质土壤^[10]。

今将玉米秸秆通过压片的方式制备生物炭基缓释肥,考察制备条件对其缓释性能的影响,筛选出缓释性能最佳的缓释肥进行土壤培育试验,分析其对土壤理化性质的影响,以期生物炭基缓释肥制备提供理论支撑。

1 试验

1.1 主要仪器与试剂

SP-3500AA 型原子吸收光谱仪,上海光谱仪器有限公司;YP-2 型压片机,上海山岳科学仪器有限公司;pHS-3C⁺ 型酸度计,成都世纪方舟科技有限公司。

供试土壤采自四川省成都市;玉米秸秆产自四川省乐山市;尿素、硫酸、无水乙醇(分析纯),成都市科龙化工试剂厂;凹凸棒土(分析纯),天津市化工三厂有限公司;对二甲氨基苯甲醛(分析纯),天津市大茂化学试剂厂。

1.2 生物炭基缓释肥制备

将采集的玉米秸秆制备成热解温度为 300 °C 和 600 °C 的两种生物炭,装入自封袋中备用^[11]。将固态尿素和制备的玉米秸秆生物炭分别研磨过筛(60 目),按质量比为 1:1、1:1.5、1.5:1 的比例置于烧杯中(保证两者的质量和为 2 g),分别按质量分数 7% 和 14% 两种比例添加粘结剂(凹凸棒土)。加入 100 μL 去离子水,适当搅拌后全部倒入压片机,压片成型。

1.3 缓释肥淋溶试验

为探究制备条件对生物炭基缓释肥缓释性能的影响,对上述 7 组不同类型生物炭基缓释肥通过自制 PVC 管进行淋溶试验^[12]。每日向淋溶装置上方加入 100 mL 去离子水,在 PVC 管下方用 250 mL 烧杯接淋出液。经过 8 h 完全淋溶后,取出各组下层淋出液,测定其尿素含量,直至淋出液中尿素达到添加量的 95%,即终止淋溶试验。纯尿素作为对照也进行上述试验,并在第 1 天就全部释放到淋出液中。

1.4 土壤培育试验

经缓释肥淋溶试验后,选出缓释性能最好的生物炭基缓释肥用于土壤培育试验。试验分 3 组进行,每组培育 3 份样品,第 1 组为原始土壤(CK),第 2 组为加入 2 g 尿素的混合土样(NF),第 3 组为加入 2 g 所选出的生物炭基缓释肥的混合土样

(BF)。培育期间,保持土壤含水率在 60% 左右,培育 7 d 后测定土壤容重、土壤饱和导水率、土壤 pH 值、土壤有机质含量。

1.5 测定方法

淋出液中尿素采用对二甲氨基苯甲醛显色分光光度法测定^[13];土壤 pH 值采用 pHS-3C⁺ 型 pH 计测定;土壤容重采用经典环刀法测定^[14];土壤饱和导水率采用环刀法测定^[15];土壤有机质含量采用灼烧法测定^[16]。

2 结果与讨论

2.1 生物炭热解温度对缓释性能的影响

当生物炭与尿素比例为 1:1、粘结剂质量分数为 7% 时,分别考察生物炭不同热解温度对缓释肥缓释性能的影响。试验表明,300 °C 的生物炭基缓释肥在第 1 天尿素释放速率达到了 50%;第 2 天—第 3 天 300 °C 组尿素析出速率更快,600 °C 组尿素释放率较为平缓;第 4 天—第 5 天 300 °C 组尿素析出速率急剧下降,到第 5 天尿素累计析出率达到 96%,而 600 °C 组依然有少量尿素释放。说明 300 °C 的生物炭基缓释肥缓释性能较差,而 600 °C 的生物炭基缓释肥缓释性能较好,且试验期间尿素释放量更加缓和。这可能是由于 600 °C 下热解的生物炭拥有更大的比表面积和更加完善的孔隙结构,有利于吸附表面的尿素^[17-18]。

2.2 粘结剂含量对缓释性能的影响

控制热解温度为 600 °C、生物炭与尿素比例为 1.5:1 时,分别考察不同粘结剂含量对缓释肥缓释性能的影响,见图 1。

由图 1 可见,淋溶试验前 5 d,14% 的粘结剂添加组的尿素累计析出率始终低于 7% 的粘结剂组,在第 6 天时,两组尿素的总析出率均达到 95% 左右。表明 14% 粘结剂组的尿素释放量前期相对较

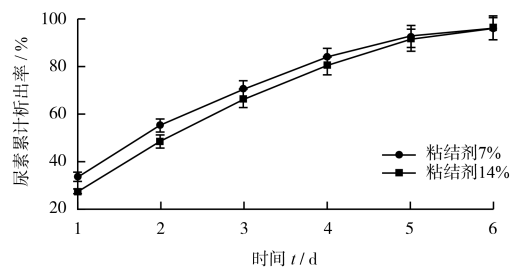


图 1 不同粘结剂比例对缓释性能的影响

Fig. 1 Effect of different binder proportion

少,后期尿素释放量相对较多,尿素释放量更加均匀和缓和。故粘结剂添加质量分数为14%的生物炭基缓释肥缓释性能相对更好。

2.3 生物炭与尿素比例对缓释性能的影响

控制热解温度为600℃,分别考察不同含量粘结剂条件下,生物炭与尿素不同配比对缓释肥缓释性能的影响。试验表明,当粘结剂质量分数为7%时,在第1天时,3个组的尿素析出量有明显的差异,随生物炭比例增加,尿素析出率由46%减少至34%。在持续的淋溶试验中,由生物炭高比例制备的炭基缓释肥尿素累计析出率曲线始终保持在下方。这说明生物炭比例越高,尿素的析出速率越平缓,所制得生物炭基缓释肥的缓释性能越好。当粘结剂质量分数为14%时,整体变化趋势与前者基本相同。由此可以初步得出结论,随着生物炭含量的增大,生物炭基缓释肥的缓释性能将得到提升,这也与张伟^[12]的研究结果相一致。

2.4 生物炭基缓释肥对土壤理化性质的影响

从淋溶试验的结果分析可知,热解温度为600℃,生物炭与尿素比例为1.5:1,粘结剂为14%的生物炭基缓释肥缓释性能最好,故选用这种生物炭基缓释肥加入原始土壤中进行培育试验。培育1周后,测定各组土壤的容重、饱和导水率、pH值和有机质含量,结果见表1。

表1 不同处理下土壤的理化性质
Table 1 Soil physicochemical properties under different treatments

组别	容重 ρ_b / ($g \cdot cm^{-3}$)	饱和导水率 K_s / ($cm \cdot min^{-1}$)	pH值	有机质质量 m/g
CK	1.132	0.004 1	6.17	4.55
NF	1.133	0.004 2	6.27	4.64
BF	1.064	0.005 4	6.71	5.25

由表1可知,添加了纯尿素的NF组的土壤容重、饱和导水率与背景对照CK组基本相同,加入了自制缓释肥的BF组土壤容重较CK组降低了6%,饱和导水率增加了32%,表明加入纯化肥对土壤容重和饱和导水率几乎没有影响,加入生物炭基缓释肥能够减小土壤容重,增大土壤饱和导水率。与CK组相比,NF组的pH值、有机质含量变化很小,而加入了生物炭基缓释肥的土样pH值有明显的上升,土壤从酸性土壤变为中性土壤(pH值为6.5~7.5),并且有机质含量增加了0.7g,增

幅约为15%。造成这种变化的原因是生物炭有较多的碱性基团,进入土壤后能与土壤中的酸性物质发生中和,进而提高土壤的pH值^[19],同时生物炭添加到土壤中也提高土壤对有机质的吸持能力,进一步增加了土壤中有机质的含量^[20]。

3 结语

通过试验,考察生物炭热解温度、生物炭与尿素比例及粘结剂含量对生物炭基缓释肥缓释性能的影响。结果表明,600℃下热解而成的生物炭,其缓释性能明显优于300℃下热解形成的生物炭,粘结剂的最佳添加量为14%,随着生物炭比例的增加,生物炭基缓释肥的缓释性能有明显的增加趋势。相较于普通化肥,研究制得的生物炭基缓释肥具有降低土壤容重、增大土壤的饱和导水率、改善土壤的pH值、增加土壤有机质的作用,这对土质改良具有一定作用。

[参考文献]

- [1] DONG D, WANG C, VAN ZWIETEN L, et al. An effective bio-char-based slow-release fertilizer for reducing nitrogen loss in paddy fields[J]. *Journal of Soils and Sediments*, 2019, 20(8): 3027-3040.
- [2] LIU J, YANG Y, GAO B, et al. Bio-based elastic polyurethane for controlled-release urea fertilizer: Fabrication, properties, swelling and nitrogen release characteristics[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 209: 528-537.
- [3] 陈凌源, 何海霞, 鄢心雨, 等. 炭负载膨润土对河岸土铜迁移的影响模拟[J]. *环境监测管理与技术*, 2021, 33(5): 68-71.
- [4] 赵泽州, 王晓玲, 李鸿博, 等. 生物质炭基肥缓释性能及对土壤改良的研究进展[J]. *植物营养与肥料学报*, 2021, 27(5): 886-897.
- [5] LEHMANN J, GAUNT J, RONDON M, et al. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems: a review[J]. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2006, 11(2): 403-427.
- [6] WANG B, MA Y, LEE X, et al. Environmental-friendly coal gangue-biochar composites reclaiming phosphate from water as a slow-release fertilizer[J]. *The Science of the Total Environment*, 2021, 758: 143664.
- [7] AN X, WU Z, QIN H, et al. Integrated co-pyrolysis and coating for the synthesis of a new coated biochar-based fertilizer with enhanced slow-release performance[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 283: 124642.
- [8] 罗唯叶, 朱靖宜, 陈涛, 等. 生物炭修复与改良矿区重金属污染土壤的研究进展[J]. *环境监测管理与技术*, 2021, 33(4): 8-12.

(下转第63页)