



文章栏目：学术短评

DOI 10.12030/j.cjee.202206019

中图分类号 X502

文献标识码 A

马义兵. 废弃生物质资源化利用：污泥炭-土壤系统中磷、硫形态演化及碳足迹研究新进展[J]. 环境工程学报, 2022, 16(7): 2109-2110.
[MA Yibing. Utilization of waste biomass: New progress in phosphorus and sulfur speciation evolution and carbon footprint in sewage sludge biochar-soil system[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2022, 16(7): 2109-2110.]

废弃生物质资源化利用：污泥炭-土壤系统中磷、硫形态演化及碳足迹研究新进展

马义兵[✉]

澳门科技大学澳门环境研究院, 澳门 999078

磷是污泥资源化利用中备受关注的营养元素, 其直接影响污泥中重金属赋存形态及生物有效性。硫为高活性元素, 在调节环境微生物活动、有机固废中氧化还原反应、重金属生物有效性等方面发挥着重要作用。因此, 探明废弃生物质中磷、硫在热解处理-土地利用过程中形态转化规律是实现废弃生物质无害化处理及资源化利用的关键(图 1)。中国科学院生态环境研究中心刘振刚研究员团队应用多种先进分析技术发现^[1-3]: 污泥中的磷以磷酸铁(Fe-P)形态为主, 在热解过程中 Fe-P、有机磷会转化为更为稳定、类似羟基磷灰石结构的化合物; 硫则被还原为 S²⁻并与污泥中重金属等阳离子形成稳定的硫化物; 在污泥生物炭进入土壤后的老化过程中, 污泥生物炭中被钝化的

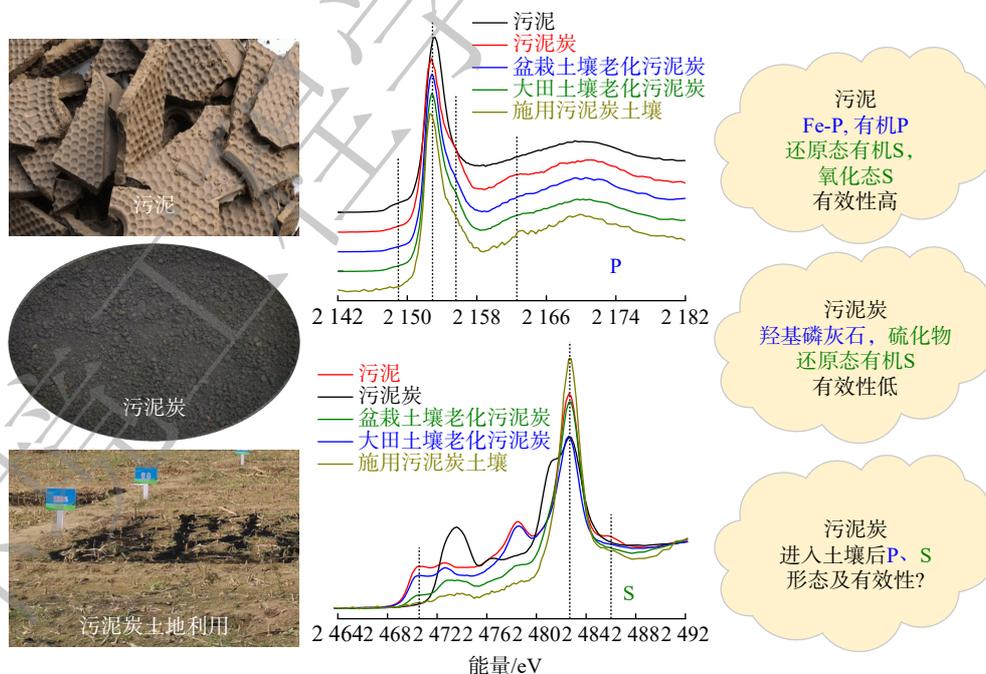


图 1 污泥炭-土壤系统中磷、硫形态演化

Fig. 1 Speciation evolution of phosphorus (P) and sulfur (S) in sewage sludge biochar-soil system

收稿日期: 2022-06-06; 录用日期: 2022-06-07

作者简介: 马义兵 (1957—), 男, 博士, 教授, ybma@must.edu.mo; ✉通信作者

磷又逐渐转化为有效性相对较高的形态(弱结合态 Ca-P),而硫化物逐渐被氧化、转化成无机硫酸盐形态。磷、硫的以上形态改变显著降低了污泥中重金属的有效态含量和环境风险。由于对氧化还原环境的响应不同,污泥生物炭中的硫在盆栽和大田土壤中亦呈现明显不同的形态变化特征。该研究结果可为揭示磷、硫及重金属等在盆栽、大田试验中的不同环境行为机制提供直接证据。

定量分析污泥热解处理-土地利用系统中的碳足迹以探明影响污泥炭处理过程中固碳减排的关键因素,是当前碳中和背景下推进污泥无害化处理及资源化利用的重要条件。该研究团队运用生命周期评价方法,对污泥热解及其土地利用全过程中的碳足迹和关键影响因素进行了量化和敏感性分析(图2)。结果表明:相对于污泥厌氧发酵、填埋、焚烧等传统方式,污泥热解-土地利用处理对碳排放的消减率可达53%以上,碳减排优势显著;污泥含水率、脱水处理、土地利用类型等因素/过程均可对系统碳平衡产生显著影响。

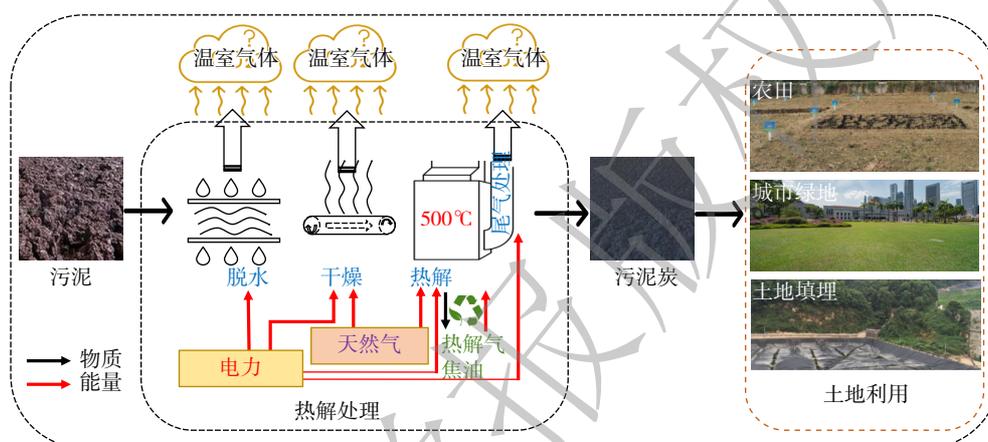


图2 污泥炭-土壤系统中碳足迹分析

Fig. 2 Carbon footprint analysis of sewage sludge biochar-soil system

上述研究通过阐明热解生物炭-土地系统中典型元素形态演化规律、碳足迹及其关键影响因素,提升了废弃生物质中磷、硫及重金属在环境中生物有效性及其风险的认识,并证实了热解处理污泥在固碳减排方面的可行性。相关研究结果为污泥无害化处置、污泥热解管理和优化,以及污泥炭资源化利用提供了重要参考。仍需指出的是,对于影响污泥生物炭土地利用的重要因素及其长期环境行为,还需进一步开展系统研究。如重金属在污泥炭-土地系统中形态转化和长期归趋行为,以及污泥生物炭土地利用中关键限制因素和使用条件^[4]等,从而进一步推动废弃生物质无害化处理及资源化利用。

原文作者

罗磊(1977—),中国科学院生态环境研究中心副研究员。研究方向:基于同步辐射光谱技术开展碳、磷、硫及持久性污染物的环境界面过程、有机固废资源化利用及环境风险等方面的研究。

刘振刚(1978—),中国科学院生态环境研究中心研究员,中国科学院大学岗位教授,博士生导师。研究工作围绕有机固废污染控制与资源化利用,重点开展典型废弃生物质高效循环利用、面向能源与环境的生物碳材料制备与应用、危险固废无害化及资源化技术研发等工作。

参考文献

- [1] CHENG Y, LUO L, LV J T, et al. Copper speciation evolution in swine manure induced by pyrolysis[J]. *Environmental Science & Technology*, 2020, 54(14): 9008-9014.
- [2] SUN H, LUO L, WANG J X, et al. Speciation evolution of phosphorus and sulfur derived from sewage sludge biochar in soil: ageing effects[J]. *Environmental Science & Technology*, 2022, 56(10), 10: 6639-6646.
- [3] SUN H, LUO L, WANG D, et al. Carbon balance analysis of sewage sludge biochar-to-soil system[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 358: 132057.
- [4] LI Q, LI J M, CUI X L, et al. On-farm assessment of biosolids effects on nitrogen and phosphorus accumulation in soils[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2012, 11(9): 1545-1554.

(责任编辑:靳炜)