

帽儿山地区四种典型树种凋落叶片生物炭碳组分与理化性质探究

王立轩, 杨光*

(东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 森林火灾对东北林区乃至整个北方森林碳汇功能产生严重威胁, 使用地表可燃物制备生物炭是从森林角度积极响应我国碳中和战略的重要途径。将兴安落叶松 (*Larix gmelini*)、樟子松 (*Pinus sylvestris*)、蒙古栎 (*Quercus mongolica*) 和水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*) 的新鲜凋落物通过慢速热解法制得 60 种生物炭。表征不同制备条件下四类生物炭理化性质和碳组分的变化情况, 阐述其化学组成、有机结构和碳组分分布特征等对制备条件的响应, 探寻生物炭性质的形成机制。结果表明: 1) 热解温度是改变生物炭理化性质的主导因素, 保留时间对各理化性质影响不明显。随热解温度升高, 四类生物炭纤维素、半纤维素和木质素等植源大分子结构依次热解, 向芳香化稳定结构转变, 导致生物炭产率、H/C、N/C、O/C 原子比、表面官能团丰富度和数量、易氧化碳含量和溶解性有机碳含量下降; 其灰分、半衰期和稳定性碳含量增加, 导致高温制得生物炭碱性和环境稳定性增强。在生物炭活性结构消弭过程中, 伴随 N、P 等元素转化为无机形态并在较高温度下损失、芳香溶解性有机质生成并在高温下热解、更多孔隙生成并在高温下坍塌等热力学进程, 故 400℃ 左右获得的生物炭具备较高速效氮磷含量、可溶性总盐含量、阳离子交换量以及可溶性有机质芳香程度、聚合程度占比。2) 四类生物炭产率、灰分含量、主要元素含量、官能团种类和相对含量、阳离子交换量、碳组分及其随热解温度的变化趋势大体相似。兴安落叶松和樟子松生物炭具备较高碳含量和稳定性碳含量; 蒙古栎和水曲柳生物炭具备较高灰分含量、速效磷含量、可溶性有机碳含量。樟子松生物炭阳离子交换量较低; 兴安落叶松可溶性有机质组分光谱特征与其他三类生物炭存在明显差异。3) 400℃ 热解制得四类凋落叶片生物炭尤其是蒙古栎具备最高速效氮磷含量和阳离子交换量 ($0.1450 \text{ Cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$), 其具备一定养分提供能力和良好的污染物阳离子吸附潜力, 具备土壤生物炭肥料和土壤改良剂的应用前景。300-400℃ 制得的水曲柳生物炭具有较高可溶性有机碳含量 ($30.44\text{-}95.93 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 具备较好的生物可利用性以及与环境有机质交互的能力。针叶凋落物生物炭中稳定性碳含量较高, 600℃ 制得兴安落叶松生物炭具备较强固碳能力 ($160\text{-}180 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$), 具备良好固碳材料应用前景。热解温度和生物炭类别是生物炭碳组分、理化性质和应用前景的主导因素。使用凋落物制备生物炭是降低森林地表可燃物载量, 提升森林固碳能力和经济、生态价值的重要新型途径。