

生物炭施用方式及用量对土壤水分入渗与蒸发的影响

李帅霖¹, 王霞¹, 王朔², 张永旺¹, 王杉杉¹, 上官周平^{1*}

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 杨陵 712100;
2. 西藏农牧科学院蔬菜研究所, 拉萨 850032)

摘要: 研究生物炭施用方式及用量对土壤水分入渗、蒸发特性的影响, 可为旱区农业与生态建设中应用生物炭改良土壤水文特性提供科学依据与技术支持。该文采用室内土柱模拟方法, 研究了 3 种生物炭施用方式 A (施在表层 0~10 cm)、B (施在下层 >10~20 cm) 和 C (施在耕层 0~20 cm) 和 4 种质量添加比例 (0、1%、2% 和 4%) 对土壤水分湿润峰、累积入渗量及蒸发的影响。结果表明: 生物炭对土壤水分入渗、蒸发的影响受施用方式和用量的共同制约。与对照 (不施生物炭) 相比, A 与 C 施用方式在 1% 和 2% 用量均可以减缓湿润峰运移速度, 而较高用量 (4%) 可以促进湿润峰运移; B 施用方式 2% 用量明显促进湿润峰运移, 1% 与 4% 用量无明显影响; 以入渗时间 50 min 为例, A4% 能显著增加累积入渗量, 增量达对照的 10.63% ($P < 0.05$), 而 B1%、A1%、C2%、C1%、C4% 可显著降低累积入渗量 ($P < 0.05$), 减少量分别达对照的 13.90%、12.46%、8.49%、5.32%、4.66%, 其余处理与对照相比差异不显著。在同一施用方式下, 除 C2% 和 C1% 外, 各处理累积入渗量均随生物炭用量增加而呈上升趋势。各处理土壤湿润峰运移距离与时间之间呈幂函数关系, 且累积入渗量与时间关系可用 Kostiakov 入渗经验公式描述, Philip 入渗模型可用于描述耕层 (0~20 cm) 混合生物炭土壤累积入渗量变化过程。各处理 35d 累积蒸发量与对照相比差异不显著。A4% 可显著增加耕层土壤入渗能力, 在改良质地较黏土壤入渗性能时, 在土壤表层添加较高用量 (4%) 生物炭效果较好。

关键词: 土壤; 水分; 蒸发; 生物炭; 入渗; 旱地

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.14.019

中图分类号: S152.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2016)-14-0135-10

李帅霖, 王霞, 王朔, 张永旺, 王杉杉, 上官周平. 生物炭施用方式及用量对土壤水分入渗与蒸发的影响[J]. 农业工程学报, 2016, 32(14): 135-144. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.14.019 <http://www.tcsae.org>
Li Shuailin, Wang Xia, Wang Shuo, Zhang Yongwang, Wang Shanshan, Shanguan Zhouping. Effects of application patterns and amount of biochar on water infiltration and evaporation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(14): 135-144. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.14.019 <http://www.tcsae.org>

0 引言

中国旱作农业综合生产能力主要受降雨稀少、蒸发能力强、土壤保水能力差等因素制约, 发展以充分利用有限降水为中心的保育蓄水关键技术才能不断提高农田生产潜力。水分入渗与蒸发是农田土壤水分循环的重要环节, 入渗过程决定着土壤对降雨和灌溉水的有效利用程度, 也影响着地表径流和土壤水蚀过程^[1], 减少无效蒸发可以提高植物水分利用效率^[2], 优化水分资源利用。因此, 采取有效措施持续改善土壤入渗、蒸发特性是提高土壤蓄水保墒能力, 促进旱地作物高产稳产, 实现旱作农业可持续发展的有效途径。

生物炭是生物有机材料 (生物质) 在缺氧或无氧环境中经热裂解后产生的固体产物^[3], 生物炭以其良好的解

剖结构和理化性质, 广泛的材料来源和广阔的产业化发展前景, 成为当今农业、能源与环境等领域的研究热点^[4-6]。生物炭具有高度发达的孔隙结构和巨大的比表面积, 表面含有 (或可吸附) 多种有机官能团, 具有较强的离子吸附交换能力, 这些独特的理化性质使其可作为一种新型土壤改良剂施入土壤^[7], 起到增大土壤孔隙度^[8-9], 降低土壤容重^[10-13], 改变土壤团聚体特性等作用^[14-16], 然而生物炭对土壤持水力的影响与土壤质地和生物炭自身特性紧密相关。Tryon 等^[17]在研究生物炭对不同质地土壤水分影响时发现生物炭可增加沙土土壤有效水, 而黏质土壤有效水含量会随着生物炭的添加而减少。Lim 等^[18]向 4 种不同质地土壤 (粗砂土, 细砂土, 壤土和黏土) 中分别添加 4 种生物炭 (硬木粒, 硬木片, 燕麦壳和木屑), 发现生物炭可以降低砂质土饱和和导水率, 但可以增加壤土和黏土的导水能力。Liang 等^[19]在中国华北平原地区通过连续 3 a 田间试验发现添加生物炭可以显著增加石灰质土壤持水力。在中国半干旱地区, 王丹丹等^[20]发现生物炭可显著提高土壤持水性能, 且与生物炭添加量呈正相关关系; 而齐瑞鹏等^[21]通过土柱模拟试验发现生物炭降低沙土入渗能力, 但可明显增加壤土入渗能力。添加生物炭土壤的水力特性变化是土壤与生物炭综合作

收稿日期: 2016-03-01 修订日期: 2016-04-20

基金项目: 国家科技支撑计划课题 (2015BAD22B01)。

作者简介: 李帅霖, 男, 河北廊坊人, 主要从事生物炭改良旱作农田环境效应研究。杨陵 中国科学院水利部水土保持研究所, 712100。

Email: lishuailin007@163.com

*通信作者: 上官周平, 男, 研究员, 博士生导师, 主要从事土壤-植物水分生态, 区域农业发展等方面的研究。杨陵 中国科学院水利部水土保持研究所, 712100。Email: shangguan@ms.iswc.ac.cn