

黄土高原藓类生物结皮对表层土壤水分运动参数的影响

孙福海¹, 肖波^{2*}, 李胜龙¹, 王芳芳¹

(1. 中国农业大学土地科学与技术学院, 农业农村部华北耕地保育重点实验室, 北京 100193; 2. 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, 杨凌 712100)

摘要: 生物结皮普遍存在于干旱和半干旱地区土壤表层, 对土壤水分有重要影响。为了进一步探究生物结皮对表层土壤水力学特性和水分运动过程的影响, 该研究以黄土高原风沙土和黄绵土上发育的藓结皮为研究对象, 通过野外采样与室内试验相结合, 测定了藓结皮覆盖土壤和无结皮土壤的 Boltzmann 变换参数、土壤水分扩散率、入渗过程、比水容量和非饱和导水率, 对比分析了有无藓结皮覆盖对表层土壤水分运动参数的影响。结果表明: 藓结皮覆盖抑制了表层土壤水分的扩散, 藓结皮覆盖土壤的 Boltzmann 变换参数和水分扩散率分别比无结皮土壤降低 7.9%~27.3%和 99.2%~99.6%; 藓结皮覆盖后表层土壤渗透性显著降低, 其水分入渗参数(初始入渗率、稳定入渗率、平均入渗率、累积入渗量)和非饱和导水率分别降低了 17.1%~55.4%和 84.8%~92.3%; 藓结皮显著提升了表层土壤的持水和供水能力, 藓结皮层的水分常数(田间持水量、萎蔫系数、重力水含量、有效水含量和易利用水含量)比无结皮土壤高 40.9%~1 233.3%, 土壤水吸力在 100 kPa 时的比水容量比无结皮土壤高 7.4%~1 540.5%; 相比黄绵土, 藓结皮覆盖对风沙土的渗透性影响较小, 而对土壤持水和供水性的影响较大。综上, 黄土高原藓结皮覆盖降低了土壤渗透性, 同时显著提高了表层土壤的水分有效性, 这可能导致土壤表层在雨后截留较多水分, 进而使土壤水分分布趋于浅层化, 并改变该地区的土壤水分有效性和植物水分利用策略。

关键词: 土壤; 入渗; 结皮; 水分扩散率; 水力特性; 比水容量

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.14.009

中图分类号: S152.7; S157.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2021)-14-0079-10

孙福海, 肖波, 李胜龙, 等. 黄土高原藓类生物结皮对表层土壤水分运动参数的影响[J]. 农业工程学报, 2021, 37(14): 79-88. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.14.009 http://www.tcsae.org

Sun Fuhai, Xiao Bo, Li Shenglong, et al. Effects of moss-dominated biocrusts on surface soil-water movement parameters in the Chinese Loess Plateau[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2021, 37(14): 79-88. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.14.009 http://www.tcsae.org

0 引言

黄土高原作为典型的生态环境脆弱区, 水蚀、风蚀作用强烈, 地形复杂, 气候多样, 降雨集中, 局部植被退化^[1], 加上不合理的农耕开垦利用, 使得该区成为世界上水土流失最为严重的地区之一^[2]。为了控制和治理这种状况, 自 20 世纪 90 年代以来开展退耕还林(草)工程, 区域生态环境逐步改善, 地表覆被显著增加^[1], 为生物结皮的广泛发育奠定了良好基础^[3]。

生物结皮是由藻类、地衣、苔藓以及微生物与下层土壤颗粒胶结形成的复合层次^[4]。作为地表特殊的微自然景观, 它能显著影响表层土壤物化和生物学特性, 提升表土养分含量, 对降水入渗、水分再分配和土壤物质循环产生极大影响^[5-6]。在干旱和半干旱地区, 土壤水分是

制约植物生长的主要生态因子, 也是植被群落结构和生态系统功能的重要限制因素^[7-8]。土壤渗透性(土壤水分入渗过程、土壤水分扩散率、非饱和导水率等)和土壤水分特征曲线是表征土壤水分运动能力的关键参数^[9], 决定了水分在土壤中的渗透速度和分布状况。上述参数均受到土壤质地、结构、容重和有机质含量的影响^[10]。因此, 明确生物结皮对土壤水分运动参数的影响对了解该地区的水分再分布尤为重要。

国内外学者针对生物结皮渗透特性已展开了一定研究, 但受结皮特殊属性的影响, 研究结果仍存在争议^[11-13]。一方面, 生物结皮增加了地表粗糙度, 其藓株有助于捕获更多的降尘, 增加了土壤中细颗粒物质的含量, 降低了土壤中非毛管孔隙度, 进而降低土壤导水能力^[6,14]; 而 Jiang 等^[15]则认为生物结皮提高了表层土壤的大孔隙含量, 且植物体的间隙为水流下渗提供了良好的通道, 进而提高了土壤导水率。此外, Williams 等^[16]通过对比生物结皮破坏前后的土壤入渗速率, 发现两者并无显著差异。综上, 由于土壤质地(砂土、砂质壤土、粉质壤土等)、生物结皮类型(地衣、藻结皮、藓结皮等)、测定方法(积水入渗、负压入渗、模拟降雨等)、处理方法(踩踏、火烧、去除结皮等)以及研究区域的气候(高温干旱地区、干旱半干旱地区、高寒地区等)均存在差

收稿日期: 2021-01-19 修订日期: 2021-06-10

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(42077010); 中国科学院“西部之光”人才培养引进计划(2019); 中央高校基本科研业务费专项资金(2021TC038); 中国农业大学 2115 人才工程(1191-00109011)。

作者简介: 孙福海, 博士生, 研究方向为土壤物理与水土保持。

Email: sunfh@cau.edu.cn

*通信作者: 肖波, 博士, 副教授, 博士生导师, 研究方向为土壤物理与水土保持。Email: xiaobo@cau.edu.cn