

大兴安岭冻土区森林土壤有机碳矿化及驱动因素研究

仇亭懿^{1,3,4} 徐志伟^{1,3,4} 张心昱² 潘军晓² 郭蒙¹ 王忠强¹ 刘莎莎^{1,3,4} 王升忠^{1,3,4}

(1. 东北师范大学地理科学学院 长白山地理过程与生态安全教育部重点实验室, 长春 130024; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 生态系统网络观测与模拟重点实验室, 北京 100101; 3. 东北师范大学泥炭沼泽研究所, 长白山湿地与生态吉林省联合重点实验室, 长春 130024; 4. 东北师范大学国家环境保护湿地生态与植被恢复重点实验室, 长春 130024)

摘要:【目的】研究大兴安岭冻土区森林土壤有机碳(SOC)矿化动态并探究其对气候变暖响应的综合驱动因素, 为准确评估我国中高纬度冻土区碳收支、进行碳库管理提供有效参考, 同时为在全球气候变暖背景下提高模型对冻土碳-气候反馈的预测能力提供科学依据。【方法】本研究以大兴安岭冻土区森林土壤为研究对象, 沿纬度梯度自南向北采集大兴安岭冻土区腐殖质层(A层)和淀积层(B层)森林土壤, 在5℃和15℃下开展为期30天的室内微宇宙培养实验, 计算SOC矿化速率及矿化温度敏感性(Q_{10}), 并测定土壤主要理化性质、SOC化学抗性、团聚体对SOC的物理保护、微生物特性等相关指标。【结果】(1)土壤室内微宇宙培养实验结果表明, 各纬度梯度森林SOC矿化速率均随着温度的升高而升高, A层SOC矿化速率均高于B层。在A层中, 位于较高纬度的S8(51.48°N)、S11(52.18°N)、S14(52.91°N)SOC矿化速率相对较高, 表明较高纬度冻土区森林A层土壤具有更强的矿化潜力;(2)A层SOC矿化 Q_{10} 沿纬度变化范围为1.01~2.14, B层SOC矿化 Q_{10} 沿纬度变化范围为1.19~2.07。双因素方差分析结果表明, 纬度、土壤发生层及其交互作用均对 Q_{10} 产生显著影响($P<0.001$)。其中, 位于较低纬度的S3(48.72°N)、S5(50.68°N)具有更高 Q_{10} 。在多数样点, B层SOC矿化 Q_{10} 显著高于A层, 这表明B层土壤对气候变化的响应更为敏感;(3)随机森林结果显示, 土壤含水率(SWC)、土壤碳氮比(C/N)、pH值、颗粒态有机碳(POC)、微生物群落 β 多样性、碳循环关键微生物种群(子囊菌门、放线菌门)丰度对A层SOC矿化 Q_{10} 在纬度梯度上变化影响显著($P<0.05$), 是其主要控制因子; 土壤芳香碳含量对B层SOC矿化 Q_{10} 在纬度梯度上变化的影响最大(13.26%), 其次为土壤pH值(8.05%)与SWC(8.04%), 这三者均对B层SOC矿化 Q_{10} 有显著影响($P<0.05$)。【结论】SWC、pH值以及SOC质量是大兴安岭冻土区森林SOC矿化 Q_{10} 沿纬度变化的重要驱动因子, 且微生物特性对 Q_{10} 的影响同样不容忽视。

关键词: 冻土; 有机碳矿化; 温度敏感性; 物理保护; 微生物特性; 化学抗性