

EJSS 东北地理所李禄军团队揭示冻融循环下秸秆还田加剧黑土碳损失的调控机制

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/42765.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

EJSS 东北地理所李禄军团队揭示冻融循环下秸秆还田加剧黑土碳损失的调控机制。



土壤冻融循环是温度周期性波动驱动的土壤水文热力过程，广泛作用于北半球半数以上的陆地生态系统，是调控寒区、季节冻土区土壤碳循环的关键环境因子。冻结和解冻过程会改变土壤团聚结构、微生物活性与生理状态等，进而深刻影响土壤有机碳（SOC）的矿化与稳定过程。在我国东北黑土区，秋季秸秆还田与季节性冻融周期在时间上存在重叠，这种同步性可能通过触发土壤激发效应（PE）加速土壤原有有机碳的分解，对黑土碳库稳定性构成潜在威胁。尽管已有研究观测到冻融引起的CO₂排放特征规律，但在秸秆还田背景下，冻融循环对SOC矿化、激发效应及微生物碳利用效率（CUE）的影响仍缺乏系统量化，田间水分条件与长期施肥历史如何调控上述过程，其作用机制尚不明确。针对这一科学问题，研究团队以东北典型黑土为研究对象，通过室内控温模拟冻融情景的培养实验，系统解析了不同水分条件（60%与80%田间持水量）和施肥历史（长期施用化肥与化肥+秸秆还田）的调控作用，定量区分了秸秆源与土壤原有有机质源的CO₂排放，计算了土壤PE强度与微生物CUE的影响，并结合土壤化学计量特征、胞外酶活性解析了内在调控机制。

研究表明，冻融循环处理显著增加总CO₂、秸秆源CO₂及SOC源CO₂累积排放量（ $p < 0.05$ ）。其中，在80%田间持水量条件下，SOC源CO₂排放与PE增强更为明显，表明较高的土壤水分会加剧冻融对土壤原有有机质的分解作用。从长期施肥历史来看，长期单施化肥处理后SOC源CO₂排放量显著高于化肥配施秸秆处理，说明长期秸秆还田配施化肥有助于缓解土壤原有有机碳的矿化，提升碳库稳定性。

微生物碳利用效率对冻融的响应受土壤水分调控，呈现出完全相反的模式：在60%田间持水量条件下，冻融循环提升了微生物CUE；而在80%高水分条件下，微生物CUE显著降低（ $p < 0.01$ ），这一结果反映了微生物的生理权衡策略：高水分冻融会对微生物细胞造成更强的损伤与胁迫，存活的微生物需将更多碳分配用于维持基础代谢，而非生物量的同化合成，最终导致碳利用效率下降。

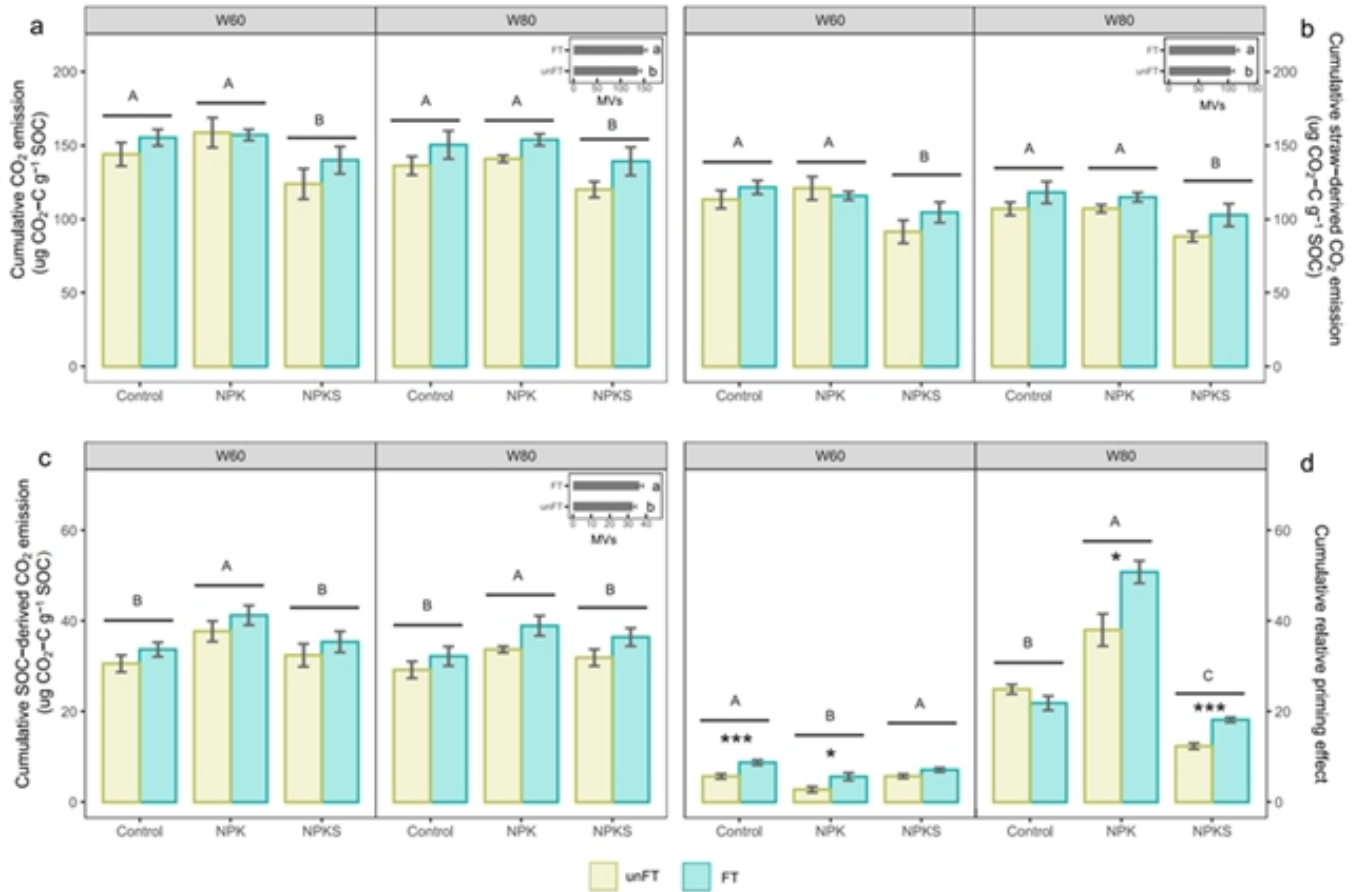


图1 冻融循环的累积CO₂总排放量 (a)、累积秸秆来源CO₂排放量 (b)、累积土壤有机碳来源CO₂排放量 (c) 和累积激发效应 (d) 的变化

进一步研究发现，冻融循环下秸秆诱导的土壤PE受微生物CUE与胞外酶化学计量特征的协同调控。具体来说：PE与微生物CUE呈显著负相关，与BG/(NAG+LAP)酶活性比值呈显著正相关。此外，冻融循环后微生物CUE的下降与土壤可利用资源-微生物量之间的C:N失衡密切相关。上述结果表明，冻融循环引发的C:N化学计量失衡促使微生物提高碳获取酶的分配比例，通过增强对固有SOC的共代谢分解，同时降低微生物的碳同化效率，共同驱动了土壤PE上升。

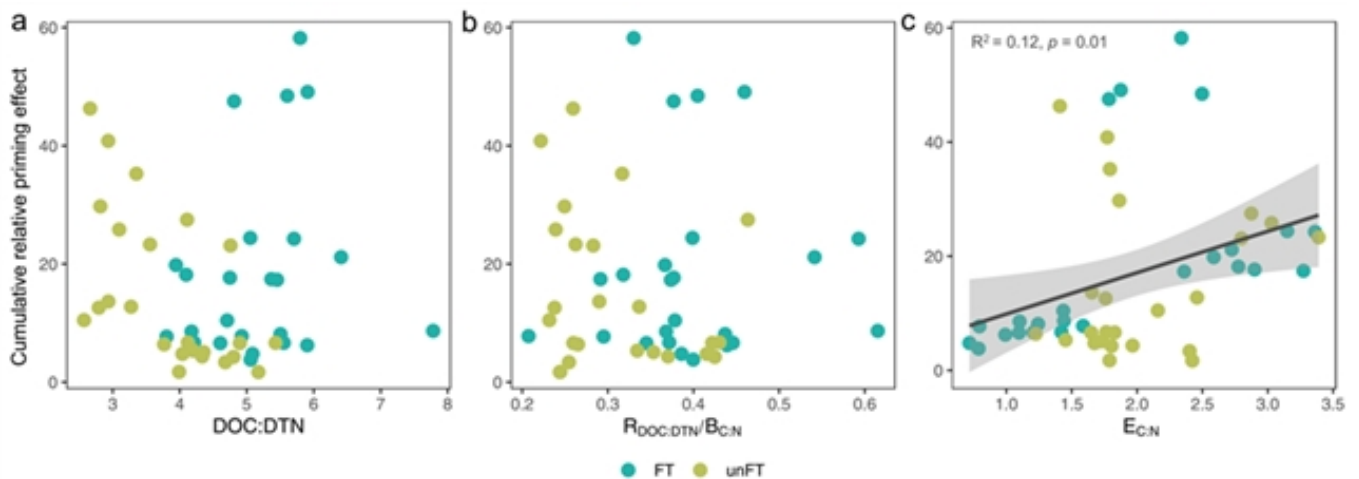


图2 累积激发效应与DOC:DTN (a) 、 C:N失衡 (b) 和BG/(NAG+ LAP) (c) 之间的关系

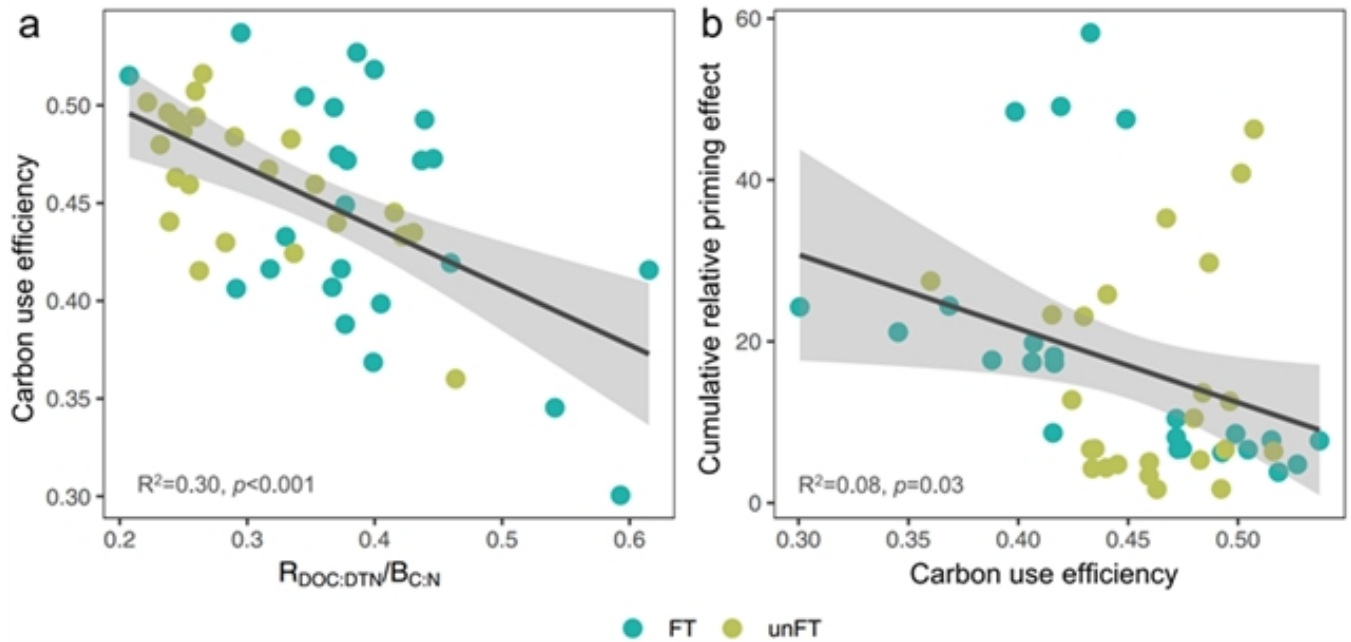


图3 微生物碳利用效率与C:N失衡 (a) 及累积激发效应 (b) 之间的关系

该研究强调秸秆还田后的冻融循环通过增加SOC矿化和抑制微生物碳同化加剧土壤碳损失，而土壤水分状况与长期施肥历史通过调控微生物生理约束和酶介导的化学计量比来调节上述影响。研究成果以Freeze-thaw Cycles Effects on Straw-induced Soil Organic Carbon Priming in a Mollisol are Mediated by Soil Moisture and Fertilization History为题发表在土壤学经典期刊European Journal of Soil Science。论文第一作者为刘明慧副研究员，通讯作者为李禄军研究员，合作者包括何朋助理研究员和隋跃宇研究员。研究得到了国家自然科学基金面上项目、区域创新发展联合基金集成项目等联合资助。

期刊简介：



European Journal of Soil Science是一本国际期刊，发表土壤科学领域的优秀论文，以促进对自然和管理环境中从分子到大陆尺度的土壤物理、化学和生物过程及其相互作用的理论和机制理解。

来源：European Journal of Soil Science

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发