
亚热带生态所发现土壤微界面有机质层增厚证据

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/10901.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！

长期以来，有机质在土壤和沉积物中长期保护机制被广泛研究。但由于土壤的复杂性，科学家主要基于传统的组分提取方法进行土壤有机质研究，并提出不同的有机质保护机制。在这些稳定性机制中，有机质的物理化学机制和生物保存机制间存在争议。科学家通过生物标志物和同位素追踪技术，发现微生物能产生多种且稳定的有机质，这突出了微生物过程在土壤有机质稳定性中的作用。但研究发现土壤物理化学组分和环境在有机质保存过程中起决定性作用，尤其是长期稳定；通过氯仿熏蒸处理后微生物群落和活性有差异的土壤，其最终矿化速率和空白相同，Kemmitt et al. (2008) 提出“控制阀理论” (regulatory theory)，支持有机质的物理化学控制稳定机制。上述争论的焦点是生物和非生物控制因素控制有机质的生物利用性问题。为调和争论，J. Lehmann and M. Kleber (2015) 提出“土壤连续体概念性模型” (Soil Continuum Model, SCM)：土壤有机质是逐步分解的有机物连续体，各种物理、化学和生物共同决定其保存或矿化。因此，揭示土壤微环境中微生物-有机质-矿物间内在联系和本质，可能是理解土壤有机质生物地球化学循环难题的关键。

目前，学术界关于土壤微观尺度的生物地球化学过程研究很少，且尚缺乏用于土壤微环境构建的研究方法。土壤团聚体是土壤的基本骨架，其表面被认为是微生物-有机质-矿物互作热点区域。在中国科学院亚热带农业生态研究所研究员吴金水和华中科技大学教授刘笔锋的指导下，博士毕业生黄习知和华中科技大学博士李一伟结合微流控图案化微阵列技术，构建包含土壤-微生物互作特点、且在一定尺度上克服土壤微观异质性的土壤点阵芯片技术，结合X-射线光电子能谱实现土-水微观界面过程的动态连续监测 (Huang, SBB, 2017, Huang, *Scientific Report*, 2018)。科研人员研究典型黑土土-水微界面有机质的转化及其溶液微环境动态耦合过程，发现在21天培养过程中，土-水界面有机质在矿物表面的Coating很快达到饱和（4天）；在后期培养过程中，通过氩离子团簇逐层刻蚀分析技术发现在Z轴方向上厚的微生物量碳 (MBC>130nm) 和有机无机复合物 (20nm-130nm) 仍在逐渐增加。这表明土壤有机质积累不是无序的在矿物界面上沉降或吸附固定，而是优先地在已有的有机无机复合物上增厚。随着有机质层增厚，溶液中活性养分（有机碳和铵态氮）减少，胞外酶活性增加，养分可利用性和后期微生物代谢活性（微量热仪）下降。

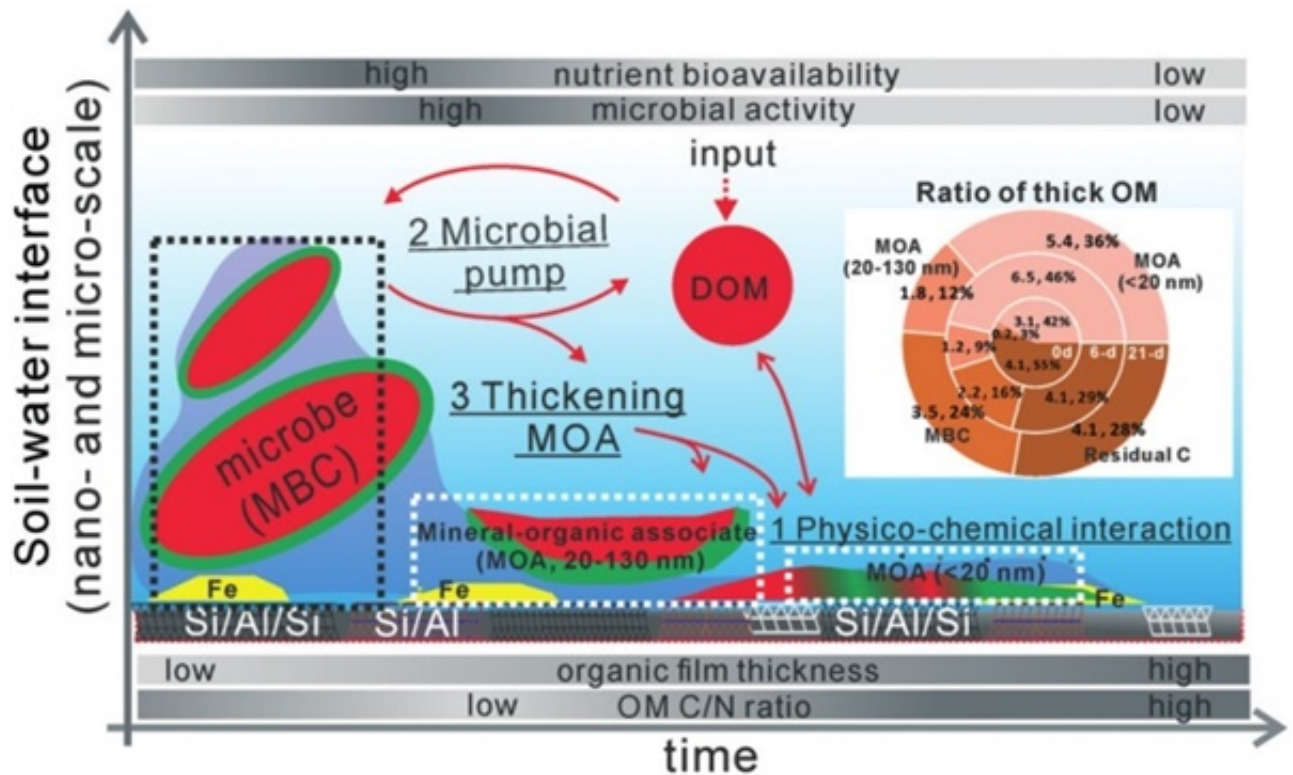
基于微界面连续观察结果，研究人员提出土壤有机质稳定性的固-液耦合生物地球化学机制：微生物介导的有机质转化过程有利于有机-无机复合物多层自组装结构的形成；增厚的有机质层存储可利用态养分，屏蔽内层有机质的降解，限制溶液中微生物代谢，促进有机质的稳定性。该机制耦合物理化学和生物学控制机制，为土壤有机质连续体模型 (Soil continuum model) 提供证据，对Z轴上增加土壤碳固定提出结构性启示。该研究成果是自土壤芯片技术 (SoilChip) 提出以来的第三篇原创性论文，土壤芯片技术为理清土壤多过程耦合的复杂生物地球化学循环提供了研究方法，未来结合同位素示踪技术和界面表征技术，可为认知土壤其他元素或污染物的归趋提供基

于微-纳尺度过程的基础性知识。

相关研究成果以*Direct evidence for thickening nanoscale organic films at soil biogeochemical interfaces and its relevance to organic matter preservation*为题，发表在*Environmental Science: Nano*

上。研究工作得到国家自然科学基金、自然科学基金青年基金、亚热带所开放基金、中国博士后基金的支持。

[论文链接](#)



土-水微界面多过程耦合的有机质循环模型示意图

研究团队单位：亚热带农业生态研究所

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](#)转发