

研究发现生物土壤结皮中蓝藻通过运动适应荒漠地表环境变化并实现结皮快速拓展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/33700.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！

研究发现生物土壤结皮中蓝藻通过运动适应荒漠地表环境变化并实现结皮快速拓展

。生物土壤结皮是由藻类、地衣和苔藓等生物类群与土粒形成的生物复合体。生物土壤结皮作为重要的地表覆被，对地表稳定、土壤养分循环及水文过程至关重要。陆生丝状蓝藻通过藻丝缠绕及分泌胞外聚合物（EPS）胶联土粒。陆生丝状蓝藻可通过伴随EPS分泌的滑动运动对环境变化作出趋利避害的响应，因此其运动过程与生物土壤结皮结构的构建、扩张及抵抗沙埋的能力相关。当前，蓝藻在生物土壤结皮内的运动过程及其参与结皮结构构建的机理未被厘清，其主要原因在于缺乏对生物土壤结皮内部特别是生物量的实时观测手段。

中国科学院新疆生态与地理研究所科研团队基于X射线断层扫描显微成像技术（X-ray microCT），通过样本染色处理，突破了生物土壤结皮中有机物成像后对比度低、难以分辨的难点，实现了生物土壤结皮结构与其中蓝藻生物量微米级分辨率的三维成像。同时，基于机器学习技术，团队开发了可精准识别生物土壤结皮X-ray microCT图像如土粒、蓝藻藻丝、EPS、孔隙等不同组分的半自动化图像处理流程，解决了人工图像处理耗时长、依赖肉眼主观判断识别等问题，实现了快速、高精度的图像数据解析。通过上述研究，该团队获得了生物土壤结皮在水分变化以及沙埋下的结构变化、生物量分布变化的*in situ*时间序列图像集，并对其进行了量化解析。

研究发现，湿润后，脱水的以蓝藻为优势物种的生物土壤结皮内部蓝藻生物量尤其是EPS，可几乎瞬间吸水膨胀至干燥体积的4至8倍，从而降低结皮内部孔隙率及其表观水利半径，提升孔隙结构曲折度，并导致藻结皮湿润后饱和水导度下降。相比于地衣或藓类为优势物种的生物土壤结皮，藻结皮无明显可见的连续地上生物量，但结皮层存在由EPS形成的连续结构，因而更易引发地表径流。相对地，膨胀的生物量填充结皮孔隙以及稳定结皮在湿润状态下的结构提升了藻结皮抵抗水蚀的能力。

研究显示，具鞘微鞘藻作为藻结皮优势物种，可利用其分泌的EPS在藻结皮内部形成与其藻丝束共有胶鞘相连接的管状结构，将位于结皮表面下方约300 μm 的*M. vaginatus*藻丝束与结皮表面连通。为在干燥脱水的藻结皮中*M. vaginatus*处于休眠静止状态，在藻结皮复水数分钟内，*M. vaginatus*即可以藻丝束为集体的形式通过管状EPS结构向地表运动。这些EPS管状结构为*M. vaginatus*的滑动运动提供了既有的EPS基质，降低了其滑动成本。EPS作为物理屏障，其内部形成含水量

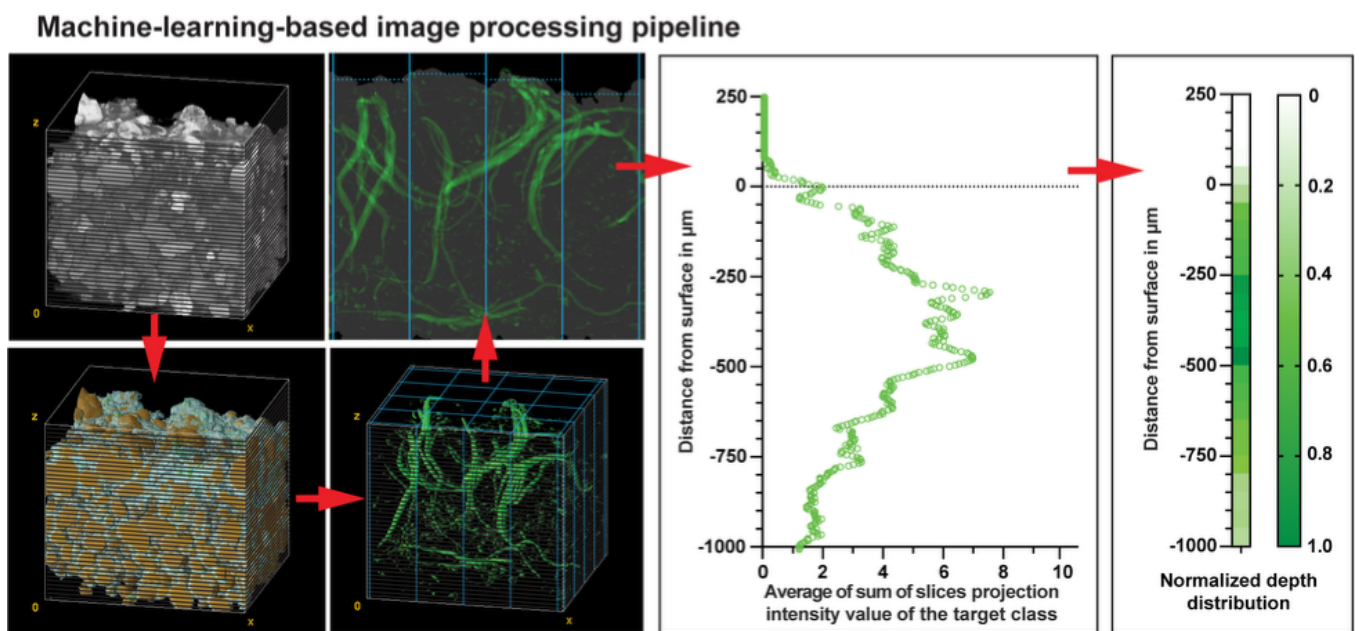
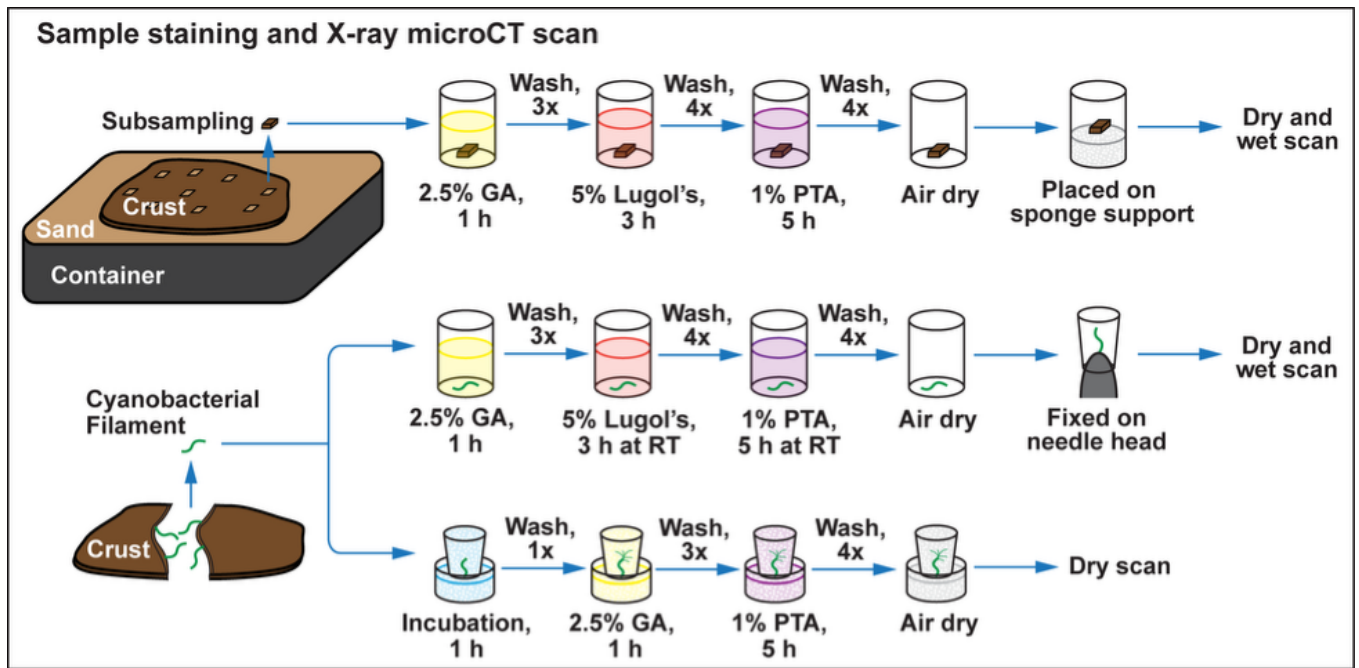
的梯度并对藻丝运动进行导向，使其在藻结皮湿润期间向地表运动以及在干燥时反向返回结皮内部。EPS管状结构更大的水力半径可协助蓝藻在小降雨事件和降雨初期获取水分，并通过其保水功能增加蓝藻响应干燥的时长，使荒漠蓝藻可在更加干旱环境中生存。

研究发现，沙埋后，即使在湿润状态下，藻结皮表面已存在的EPS不足以稳固固定新沉积的土粒，原因或是土粒与已存在的EPS接触面积有限，无法产生足够的胶合力。而沙埋后持续数小时湿润可使原本聚集成束的藻丝在沙埋层内通过运动进行扩散，除藻丝缠绕外，藻丝为达成在新沉积土粒表面的滑动运动所分泌的EPS，增大了藻丝与土粒的胶合面积，在沙埋层内形成单根藻丝相互连接并通过EPS胶联的土粒-藻丝三维网络结构，从而稳固固定土粒并向上扩张结皮结构。

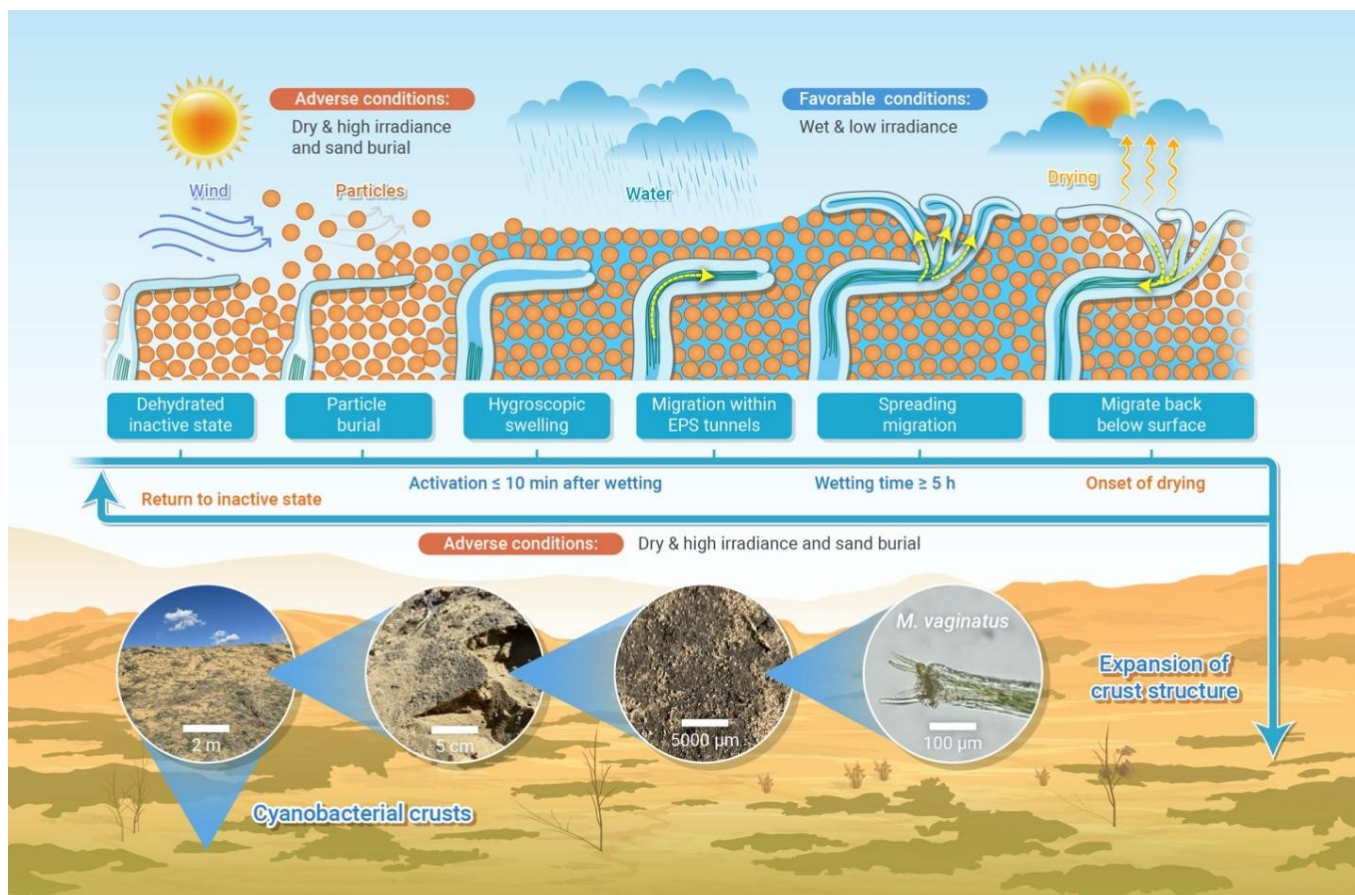
结果表明，生物土壤结皮中的丝状蓝藻可在降水后迅速恢复滑动运动，但短时间湿润不足以支撑藻结皮扩张或散沙固定。因此，在自然条件下，藻结皮的扩张主要依靠较长时长的湿润窗口，如温带荒漠的融雪期以及持续数小时的降雨事件。相比于地衣和苔藓，蓝藻可通过在基质内的滑动运动响应沙埋并快速扩张结皮结构。上述结皮结构扩张过程除垂直扩张外，亦可适用于藻结皮的水平横向扩张。因此，在基于人工藻结皮地表修复技术应用方面，该研究发现在接种蓝藻后保持数小时湿润可促进结皮结构快速形成。

相关研究成果发表在《创新》（*The Innovation*）上。研究工作得到新疆维吾尔自治区“天山英才”培养计划等的支持。

[论文链接](#)



样本染色处理与X射线断层扫描成像以及基于机器学习的图像集量化解析



陆生丝状蓝藻主导荒漠藻结皮扩张的过程

研究团队单位：新疆生态与地理研究所

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](https://www.iikx.com/)转发