

<https://doi.org/10.3799/dqkx.2022.836>



# 植物如何登上陆地并改造地球表层系统?

薛进庄<sup>1</sup>, 沈冰<sup>1</sup>, 黄璞<sup>2</sup>

1. 北京大学地球与空间科学学院, 造山带与地壳演化教育部重点实验室, 北京 100871
2. 中国科学院南京地质古生物研究所, 江苏南京 210008

陆地植物作为最重要的初级生产者之一, 是地球系统的关键要素, 是陆地生态系统的基础 (Chapin *et al.*, 2011). 陆地植物起源于奥陶纪中期, 至泥盆纪形成最早的森林 (Wang *et al.*, 2019). 陆地植物的起源和辐射演化是地球生命史中的重大事件, 深刻改变了地球表层系统, 是地球宜居性演化的重要里程碑. 伴随着植物组织器官及类群多样性的演化, 生物物理风化、化学风化及成土作用增强, 陆源物质的搬运和堆积过程、生物地球化学循环等发生重要转变 (薛进庄等, 2022). 植物的登陆演化改变了地表径流和流域产沙量, 并由此改变河流水动力条件、河流形态及其中的沉积物类型及堆积方式 (Gibling and Davies, 2012). 一些研究认为, 志留纪晚期以来陆地植被的发育, 导致了一系列地貌与沉积过程的变化, 如河流景观稳定性的增加、曲流河沉积的广泛发育、具根系古土壤序列的增加、冲积体系中泥岩比例的增加等 (McMahon and Davies, 2018). 植物登陆促进了陆地碳库的扩大, 显著提高了陆地有机碳生产, 也促进了土壤碳库积累; 植物有机碳埋藏造就了人类赖以生存的巨量煤炭资源 (Nelsen *et al.*, 2016). 但是, 目前对一些关键问题的认识还比较有限; 例如, 早期陆地植被的构建、时空演变与地球环境要素变化之间的反馈机制是什么? 早期植物如何参与并改变碳、氮、磷、铝、铁等关键元素的循环过程? 陆地生态系统与地球关键带的其他要素如岩石圈、土壤圈、水圈和大气圈是如何协

同演变的?

## 1 核心思想

陆地植物通过自身的生理活动及其诱导的生物活动, 会显著改变风化作用的速率和产物 (Lucas, 2001), 进而影响沉积区陆源物质的组成和通量变化. 植物根系对土壤中有有机质的含量、团聚体的稳定性以及土壤湿度、渗透率、化学组分等多方面的性质, 都具有重要的影响, 从而制约着化学风化作用和物理侵蚀作用 (Vannoppen *et al.*, 2015). 大陆风化作用是元素从母岩中迁出的核心, 而元素的迁移和聚集成矿, 又受控于地表环境 (如气候) 和沉积体系的变化. 因此, 可将早期陆地植物、土壤及沉积物、元素、地表环境视为紧密联系的端元, 探究各端元之间的相互作用机理是研究植物登陆演化的关键.

以往对于早期陆地植物的研究, 多基于离散的化石点和植物群资料, 大多植物化石仅为植物体的一部分, 以离散组织或器官形式保存 (如茎轴、叶片、孢子囊、管胞等), 因此早期陆地植被的整体面貌仍不清晰, 一些重要支系的起源时间还不清楚 (Donoghue *et al.*, 2021). 而对于早期植物与土壤—沉积物、元素循环及地表环境协同演变的推论, 或基于一些不太确凿的植物演化节点, 或基于一些生物—地质事件在时序上的大致同步性, 因此大多是宏观性的、推断性的, 缺乏生境、区域尺度的地质观

基金项目: 国家自然科学基金项目 (Nos. 42130201, 41722201).

作者简介: 薛进庄 (1981—), 男, 副教授, 博士生导师, 主要从事早期维管植物系统分类、宏观演化等方面的研究. E-mail: pkuxue@pku.edu.cn

引用格式: 薛进庄, 沈冰, 黄璞, 2022. 植物如何登上陆地并改造地球表层系统? 地球科学, 47(10): 3849—3850.

Citation: Xue Jinzhuang, Shen Bing, Huang Pu, 2022. How did Plants Invade the Land and Alter the Earth's Surface? *Earth Science*, 47(10): 3849—3850.

测及成因机理的探讨. 未来需要通过从基因、物种、植物群落到陆地生态系统等多个层次的研究, 进一步揭示植物登陆的过程与机制, 从微观、生境、区域到全球多个空间尺度, 进一步研究植物登陆对地球环境的影响.

## 2 科学价值

(1) 依据化石记录和分子生物学新证据, 揭示早期陆地植被主要支系及关键性状在微观、生境、区域、全球多个空间尺度的演化规律, 可增进人们对植物登陆演化的认识, 为地球系统模型模拟提供更为可靠的时间节点; (2) 揭示早期陆地植物在成土作用、沉积—地貌过程、成矿等方面的效应, 对于深入认识陆地植被的地表环境和资源效应具有重要意义; (3) 植物登陆不仅关乎植物本身的演化, 而更重要的是带来陆地生态系统的变革, 即生物圈陆地化事件; 揭示生物在陆地生境的繁衍发展以及它们与地表环境的协同演变过程, 是认识地球系统演变规律的前提和基础.

## 3 发展前景

通过对全球不同板块奥陶纪至晚古生代植物化石开展古植物学研究, 增进人们对植物登陆演化过程的认识, 修订关键支系及关键性状起源和演化的时间表, 深入揭示不同登陆演化阶段的植被类型以及其中的植物支系及其特征; 通过模型方法, 模拟不同登陆阶段全球或区域尺度气候—植被面貌. 运用多种元素、同位素地球化学耦合分析, 揭示陆地植被演化驱动的大陆风化及元素循环过程的演变, 揭示不同植被条件下陆源物质的运移规律. 整合古植被、古环境、大陆风化等信息参数, 优化地球系统模型, 模拟不同阶段的陆地植被与地表其他圈层的相互作用, 揭示植物登陆进程中的环境资源效应.

## 参考文献

- Chapin, F.S., III Pamela, A., Matson, P.A., et al., 2011. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology—Second Edition. Springer, New York.
- Donoghue, P.C.J., Harrison, C.J., Paps, J., et al., 2021. The Evolutionary Emergence of Land Plants. *Current Biology: CB*, 31(19): R1281—R1298. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.07.038>
- Gibling, M.R., Davies, N.S., 2012. Palaeozoic Landscapes Shaped by Plant Evolution. *Nature Geoscience*, 5(2): 99—105. <https://doi.org/10.1038/ngeo1376>
- Lucas, Y., 2001. The Role of Plants in Controlling Rates and Products of Weathering: Importance of Biological Pumping. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 29(1): 135—163. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.29.1.135>
- McMahon, W.J., Davies, N.S., 2018. Evolution of Alluvial Mudrock Forced by Early Land Plants. *Science*, 359(6379): 1022—1024. <https://doi.org/10.1126/science.aan4660>
- Nelsen, M.P., DiMichele, W.A., Peters, S.E., et al., 2016. Delayed Fungal Evolution did not Cause the Paleozoic Peak in Coal Production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(9): 2442—2447. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517943113>
- Vannoppen, W., Vanmaercke, M., de Baets, S., et al., 2015. A Review of the Mechanical Effects of Plant Roots on Concentrated Flow Erosion Rates. *Earth-Science Reviews*, 150: 666—678. <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2015.08.011>
- Wang, D.M., Qin, M., Liu, L., et al., 2019. The most Extensive Devonian Fossil Forest with Small Lycopside Trees Bearing the Earliest Stigmarian Roots. *Current Biology*, 29(16): 2604—2615. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.06.053>
- 薛进庄, 李炳鑫, 王嘉树, 等, 2022. 早期维管植物辐射演化与长时间尺度水循环的耦合. *科学通报*, <https://doi.org/10.1360/TB-2022-0718>