



## 微生物“暗物质”研究曙光

杨云锋\*

清华大学环境学院 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室 北京 100084

### Dawn of microbial “Dark Matter” research

YANG Yun-Feng\*

State Key Joint Laboratory of Environment Simulation and Pollution Control, School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China



#### 作者简介:

杨云锋, 清华大学环境学院教授, 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室研究员。1996年获中国科学技术大学生物学学士学位, 2003年获美国爱因斯坦医学院微生物学博士学位。主要研究方向为环境变化与微生物互馈机制、功能微生物检测与资源开发。迄今发表了140余篇SCI论文、多篇中文核心期刊论文和书籍章节, 被引6000余次, 作为第一发明人获两项美国技术专利授权。近五年来作为通信作者在*Nature Climate Change*、*The ISME J*、*Microbiome*和《微生物学通报》等期刊发表了多篇学术论文, 获国家杰出青年科学基金项目资助。现任中国生态学会微生物生态专业委员会副主任、*BMC Microbiology* 副主编、

*Soil Ecology Letters* 副主编、*Applied and Environmental Microbiology* 编委和《微生物学通报》编委。

**摘要:** 微生物是地球上生命的主体之一, 拥有极为丰富多彩的代谢途径, 在很大程度上塑造了使人类宜居的地球。由于绝大部分环境中的微生物无法被分离和培养, 微生物被喻为生命物质中的“暗物质”。近年来, 迅猛发展的基因组学技术有力地推动了微生物“暗物质”的研究, 使我国微生物生态学科发展从“诞生期”和“启蒙期”跨越式发展到“暴发期”, 乐观预测未来可能进入一个具有鲜明特色的“领航期”。

**关键词:** 微生物生态学, 暗物质, 微生物群落

**Keywords:** Microbial ecology, Dark matter, Microbial community

微生物生态学是研究微生物群落与环境之间相互关系和作用的科学<sup>[1]</sup>。微生物群落是地球各圈层之间物质循环和能量交换的枢纽, 在生态安全和宜居环境建设等方面发挥着不可替代的作用。微生物生态学研究的主要目标是解决人们面临的各类环境问题, 同时防止、控制和消除微生物可能对人

类造成的危害<sup>[1]</sup>。

地球上约有 $10^{12}$ 种微生物, 总数约为 $10^{31}$ 个, 超过了动植物的总和。微生物高度复杂, 目前仅识别了约 $10^8$ 种微生物, 仍为“冰山一角”, 因此被形象地比喻为微生物“暗物质”<sup>[2]</sup>。经过国内外学者的艰辛努力, 目前已分离培养了 $10^5$ 余种微生物, 被

\*通信作者: E-mail: yangyf@tsinghua.edu.cn

广泛应用于环境保护、公共卫生、医药、新能源、食品、化工、军工等诸方面。

21 世纪环境、生态和生物科学最大的挑战之一是了解环境介质中的微生物群落, 涵盖水土气、自然与人工生态系统、城市与乡村、室内与室外环境等。2019 年年底出现的新型冠状病毒肺炎引发了全球流行疫情, 造成了世界主要经济体的社会、经济生活停滞, 使得深入揭示病毒在环境中的赋存与传播成为首要命题。然而全球社会可持续发展面临的挑战也极大地推动了微生物生态学的发展, 这些社会与公众需求是学科发展的重要推力。例如, 不断增长的人口对粮食的需求持续促进了土壤肥力和植物生产力研究。全球气候变化及其应对的挑战, 催生了微生物碳循环与固碳微生物学在国内外学界的兴起。环境污染的全球化 and 国际持久性有机污染物公约推动了利用微生物控制环境污染和修复的研究, 并成为全球微生物生态学科的研究重点。科学研究的全球合作和重大国际科学研究计划也推动了微生物生态学的全球化与网络化, 微生物生态学研究已经成为最重要的生命和环境科学前沿之一。

迄今为止, 我国微生物生态学科的发展可以分为三个阶段。改革开放之前为“诞生期”, 科研工作者进行了大量的自发性探索工作, 但由于与国际学术界的严重壁垒, 影响力主要限于国内。1978–2008 年为“启蒙期”, 通过与国际前沿研究频繁交流, 引入了全球气候变暖、生物多样性锐减、生态系统退化环境等前沿问题研究, 关于生态系统结构、功能和弹性等原理和理论, 在解决环境问题中发挥的作用日益受到重视。以中国科学院为首的多个国内科研机构开始建设长期野外生态学基础研究平台。在 2008 年以后, 我国微生物生态学研究进入“暴发期”, 目前我国微生物生态学学术论文发表的数量稳居世界前三。但是总体上学术影响力仍然逊于欧美国家, 特别是与排在首位的美国相比差距依然很大。

随着“把论文写到祖国大地上”、反“唯论文、唯职称、唯学历、唯奖项”等重要理念的逐渐落实, 我国微生物生态学研究范畴和深度不断提升。研究方向逐渐向人类健康、环境生态、公共卫生、农业

科学、生物医学、生物多样性保育、动物学、海洋生物学、生物修复等领域转变, 研究对象已走出国门, 拓展至全球海陆空; 更加注重和强化了科学发现与机理认识, 以及新技术的应用和多学科的交叉; 通过重大项目联合攻关, 产生了一批多过程、多尺度、多技术的综合研究; 利用大数据的理念和技术对环境中微生物群落数据进行采集、整合、存储和分析, 应用于环境系统模拟、动态评估和科学预测, 初步实现了在大时空尺度上监测和管理微生物所介导的宏观生态过程和效应。

可以预测, 未来我国微生物生态学科发展将出现一个崭新的“领航期”阶段。在国际上, 从概念、科技、数据、资源等多方面引领学科发展; 在国内, 重视与社会经济发展和技术进步的有机结合, 更好地服务城乡居民需求。本期“微生物生态学主题刊”集成了最新的相关进展, 在微生物群落的组成、结构、功能和研究技术等多个方面<sup>[3-6]</sup>提供了新的视角。这些成果从不同角度进行了有益探索, 有望很好地促进我国微生物生态学科的发展。

## REFERENCES

- [1] Antwis RE, Griffiths SM, Harrison XA, et al. Fifty important research questions in microbial ecology[J]. *Fems Microbiology Ecology*, 2017, 93(5). DOI: 10.1093/femsec/fix044
- [2] Lok C. Mining the microbial dark matter[J]. *Nature*, 2015, 522: 270-273
- [3] Liu HY, LIU M, Yuan Y. Composition of Fe(III)-reducing bacteria from marine sediments and characteristics of dissimilatory iron reduction coupled to hydrogen production[J]. *Microbiology China*, 2020, 47(9): 2711-2719  
刘洪艳, 刘森, 袁媛. 海洋沉积物中铁还原细菌组成及异化铁还原与产氢性质分析[J]. *微生物学通报*, 2020, 47(9): 2711-2719
- [4] Yu YY, Li MS, Yin WP, et al. Soil bacterial community composition and diversity of typical permafrost in Greater Khingan Mountains[J]. *Microbiology China*, 2020, 47(9): 2759-2770  
余炎炎, 李梦莎, 尹伟平, 等. 大兴安岭典型永久冻土土壤细菌群落组成和多样性[J]. *微生物学通报*, 2020, 47(9): 2759-2770
- [5] Peng YP, Zeng WM. Diversity of microbial community in acid mine drainage from Zijinshan Copper mine[J]. *Microbiology China*, 2020, 47(9): 2887-2896  
彭筠萍, 曾伟民. 紫金山铜矿酸性矿山废水微生物群落多样性[J]. *微生物学通报*, 2020, 47(9): 2887-2896
- [6] Wu YN, Feng K, Li SZ, et al. *In-silico* evaluation and improvement on 16S-18S-ITS primers for amplicon high-throughput sequencing[J]. *Microbiology China*, 2020, 47(9): 2897-2912  
吴悦妮, 冯凯, 厉舒祯, 等. 16S-18S-ITS 扩增子高通量测序引物的生物信息学评估和改进[J]. *微生物学通报*, 2020, 47(9): 2897-2912