



活性污泥微生物组：去除污浊，只留清淡

刘双江^{*1} 王爱杰²

1 中国科学院微生物研究所 北京 100101

2 中国科学院生态环境研究中心 北京 100085

Activated Sludge Microbiome: remove pollutants for clean water

LIU Shuang-Jiang^{*1} WANG Ai-Jie²

1 Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China



刘双江，博士，中国科学院微生物研究所研究员，2000年入选中国科学院“百人计划”，2007年获得“国家杰出青年基金”资助，2010年获得全国优秀科技工作者称号。任中国生物工程学会副理事长，中国微生物学会环境微生物专业委员会副主任，Asian Network of Research Resource Centers 主席。现任 *Applied and Environmental Microbiology* 和 *Archives of Microbiology* 的 Editor、国内外多个杂志的编委。从事环境微生物学研究，主要研究方向包括污染物的微生物代谢、微生物趋化、微生物分离培养和鉴定、活性污泥和肠道微生物组。主持多项国家自然科学基金面上、重点及国际(地区)合作与交流项目，科技部“863”、“973”项目/课题，以及中国科学院重点部署项目、对外合作重点项目等。在 *PNAS*、*Cell Report*、*mBio*、*ACS Synthetic Biology*、*Journal of Biological Chemistry*、*Molecular Microbiology*、*Environmental Microbiology*、*Journal Bacteriology*、*Applied and Environmental Microbiology*、*Microbiology-SGM* 等刊物发表 SCI 收录论文 100 余篇，主编《Microbe and the Environment》(英文)专著一部。



王爱杰，2000年博士毕业于哈尔滨工业大学环境工程专业。2011年入选教育部长江学者奖励计划特聘教授，2012年获得国家杰出青年科学基金，2015年入选国际水协会(IWA)会士，2016年入选国家万人计划科技创新领军人才，2018年入选中国发明协会会士。目前，担任高浓度废水处理技术国家工程实验室副主任，中国科学院环境生物技术重点实验室主任，中国科学院环境微生物技术联合实验室主任。兼任国际水协会厌氧专家委员会主席，国际水协会废水资源化专家委员会常务理事，国际水协会中国厌氧分会副主席，中国环境科学学会国际交流合作工作委员会委员，美国俄克拉荷马大学兼职教授，*Environmental Research* 主编，*Blue-Green Systems* 和 *Environmental Science & Ecotechnology* 执行主编，*BMC Microbiology* 和《环境工程学报》副主编。长期从事水环境污染控制理论与技术研究，围绕着水中特征污染物和常规污染物深度削减及协同去除，自主研发了系列生物过程主导的核心工艺和优化集成系统，实现了大规模工程化应用和污水资源的再生利用。第一作者或通讯作者发表 SCI 收录论文 200 余篇；申请和授权发明专利 80 余项；第一完成人获国家科技二等奖 1 项。

*通信作者：E-mail: liusj@im.ac.cn

摘要: 活性污泥法诞生一百多年来,在污水处理特别是城市污水处理中发挥了不可替代的作用。活性污泥微生物是去除污染物包括新型有机和无机污染物的关键角色,活性污泥微生物组为微生物分离培养、功能鉴定和生态互作等方面的研究带来新的活力。

关键词: 活性污泥微生物组, 污水处理厂, 微生物生态学, 微生物菌群

Keywords: Activated sludge microbiome, Wastewater treatment plant, Microbial ecology, Microbial community

生命——浮出海洋爬向陆地,人类——走出丛林落户城阙。创造人类文明的过程,究竟是人改造自然的结果,还是人与自然和谐的历史,在我们看来,是说不清的。但有一点是客观事实:对于人类而言,自然界中的微生物,亦敌亦友。病原微生物损害身体;有益微生物促进健康、保护环境。活性污泥微生物,是有益微生物,清除污染、保护环境。活性污泥微生物组,是生活在污水处理反应器中的一群有益微生物,它们降解和转化污水中的有机和无机污染物,甚至灭杀病原微生物,还水以清澈,给人以愉悦。

当人类的祖先定居城中并成群结社围成了一个社区之后,随之而来的问题是人类排泄物和生活污水的处理问题。19 世纪初,人类开始设计化粪池处理人类排泄物;20 世纪初,出现真正意义上的活性污泥法处理城市生活污水。这是人类文明的进步,也是人类不断认知自然界微生物的结果。一百多年来,活性污泥法不断改进和优化,形成了诸多的污水处理工艺类型。然而,一百多年来,人们的生活方式有了很大的变化,生活污水中污染物的种类也不断增加,个人护理日用品、抗生素、纳米材料等都是生活污水中的新型污染物,对城市污水的处理提出了更高的要求,也为活性污泥法的发展提供了新机遇。不仅仅是城市生活污水,活性污泥法还应用在工农业生产废水、食品化工废水等的处理。无论哪种工艺类型,其中降解和去除污染物的主角,都是活性污泥中的微生物。

微生物种类繁多、功能多样、适应环境能力强。不同微生物之间互相作用,或协同、或拮抗、或和平共处。活性污泥中有多少种微生物?曾经认为,活性污泥中 15%的微生物已经被分离培养^[1],然而最新的研究表明,全球城市污水处理厂活性污泥中有数亿种微生物(物种),但能够在实验室培养的物种数量仅有 0.001%,即还有 99.999%的活性污泥微生物物种没有被分离培养^[2],这对于认识活性污泥微生物在污水处理中的功能和作用形成了巨大的挑战。微生物组学技术为揭示活性污泥中微生物菌群的组成、结构和功能提供了新的技术平台和新视角,中国科学院 2018 年启动了“人体与环境健康微生物组的共性技术研究”项目,其中,活性污泥微生物组是重要的研究内容。近期,科技部公布的合成生物学专项重点研发计划申报指南中,人工合成活性污泥菌群等列为专题研究内容。可以预期,这些研究项目和研究计划的实施,将使人类对活性污泥及其微生物菌群的认知,提升到一个新的高度,为未来城市污水和工业废水的资源化打下坚实的基础。值此重要时刻,《微生物学通报》特别组织了这期活性污泥微生物组主题刊。

有幸成为本期主题刊的特邀主编,为从事环境保护特别是水处理微生物学研究和实践应用的同行们服务。本期刊出 21 篇关于活性污泥的文章,包括研究论文和综述文章,涵盖活性污泥微生物组成结构、其与污水处理厂工艺参数和环境因素的互作和变化。这些文章仅仅是我国从事相关研究和实践应用的一小部分,希望通过这样一个小小的主题刊,散射出我们认知活性污泥微生物组的一角,引出更多真知灼见。由于能力和水平有限,主题刊中一定有许多疏忽和遗漏之处,望同仁们多多包涵。

REFERENCES

- [1] Amann RI, Ludwig W, Schleifer KH. Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation[J]. *Microbiological Reviews*, 1995, 59(1): 143-169
- [2] Wu LW, Ning DL, Zhang B, et al. Global diversity and biogeography of bacterial communities in wastewater treatment plants[J]. *Nature Microbiology*, 2019, 4(7): 1183-1195