

• 序 言 •

唐鸿志 上海交通大学生命科学技术学院/微生物代谢国家重点实验室教授、博士生导师 (2014 年破格晋升)。2012 年 12 月–2013 年 12 月美国麻省理工学院访问学者。研究方向为环境微生物学与合成生物学。目前担任中国微生物学会-环境微生物专业委员会委员兼秘书。中国生物工程学会-合成生物学专业委员会 (筹) 委员。2016 年获得教育部自然科学一等奖 (排名第二), 2013 年获得“明治乳业生命科学奖”。曾获得国家优秀青年基金、上海市曙光学者, 上海市青年科技启明星, 上海市教委“晨光”计划, 上海交通大学“晨星计划”、首届“仲英青年学者”。已在 *PLoS Genet*、*Proc Natl Acad Sci USA*、*mBio*、*Commun Biol*、*Mol Microbiol*、*J Biol Chem*、*Biotechnol Adv*、*Appl Environ Microbiol*、*J Bacteriol* 等 SCI 期刊发表论文 80 篇 (第一/通讯作者 45 篇)。



2019 环境生物技术专刊序言

唐鸿志^{1,2}

1 上海交通大学 微生物代谢国家重点实验室, 上海 200240

2 上海交通大学 代谢与发育科学国际联合实验室, 上海 200240

唐鸿志. 2019 环境生物技术专刊序言. 生物工程学报, 2019, 35(11): 2031–2034.

Tang HZ. Preface for special issue on environmental biotechnology (2019). Chin J Biotech, 2019, 35(11): 2031–2034.

摘要: 环境生物技术, 作为一门由现代生物技术与环境工程相结合的新兴交叉学科, 已经在环境污染治理、环境监测中得到了广泛的应用, 环境友好、高效地处理有机及无机污染, 同时变废为宝生产高值化合物为从根本上解决环境问题提供了希望与支持。本专刊报道了环境生物技术在多环芳烃、抗生素、石油基塑料等环境污染物降解领域的基础与应用研究, 介绍了喹啉、微生物铁载体等分子在生物修复中的应用, 为全面认识环境污染现状、深入开展环境生物技术研究并制定综合治理策略等提供参考。

关键词: 环境生物技术, 污染物, 生物修复, 机制研究

Received: October 22, 2019

Corresponding author: Hongzhi Tang. Tel: +86-21-34204066; E-mail: tanghongzhi@sjtu.edu.cn

Preface for special issue on environmental biotechnology (2019)

Hongzhi Tang^{1,2}

1 State Key Laboratory of Microbial Metabolism, and School of Life Sciences & Biotechnology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China

2 Joint International Research Laboratory of Metabolic & Developmental Sciences, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China

Abstract: Environmental biotechnology, as an emerging interdisciplinary subject combining modern biotechnology and environmental engineering, has been widely used in environmental pollution control and environmental monitoring. Efficient purification of environmental pollution and the production of useful substances have the potential to fundamentally solve environmental problems. In the present special issue, the principle and application of environmental biotechnology in the field of environmental pollutant degradation such as polycyclic aromatic hydrocarbons, antibiotics, and petroleum-based plastics has been summarized. Application of indole, microbial iron carrier and other molecules in bioremediation has been introduced. Hope to give a comprehensive view on basic environmental biotechnology, future research directions and comprehensive governance strategies.

Keywords: environmental biotechnology, pollutants, bioremediation, mechanism research

化合物是人类社会发展的基础,但人工化合物的大规模制造和使用造成了严重的环境污染,成为全球普遍关注的严峻问题。众多的化合物释放到生态环境中后,微生物没有足够的时间和充分的环境条件来“进化”其代谢途径,因此表现出有机化合物的难生物降解性。虽然这类化合物在自然界里存在的浓度低,但由于在生态系统中通过食物链的生物浓缩作用,最终会影响人类的健康,如源于含氯有机化合物的环境荷尔蒙污染正在威胁着包括人类在内的生物生殖体系。因此,为降低污染物对环境的破坏,首先需要开发各种清洁生产工艺、生产环境友好的化合物。与此同时,必须开发减少化学物质在环境中的暴露程度,即化合物的降解或处理技术。随着难降解化合物的污染问题日益严峻,20世纪90年代,难降解化合物污染的生物修复技术的研究和应用日益引人注目,与此同时形成了环境生物技术这一系统的学科领域。

环境生物技术是一门由现代生物技术与环境工程相结合的新兴交叉学科,是生物工程领域新方向,其作为一个人工技术系统直接或间接利用完整的生物体或生物体的某些组成部分或某些机能,建立降低或消除污染物产生的生产工艺,或

者能够高效净化环境污染以及同时生产有用物质。生物技术在处理环境污染物方面具有速度快、消耗低、效率高、成本低、反应条件温和以及无二次污染等显著优点,为从根本上解决环境问题提供了希望。目前生物技术应用用于环境保护中主要是利用微生物,少部分利用植物作为环境污染控制的生物。生物技术已是环境保护中应用最广的、最为重要的单项技术,其在水污染控制、大气污染治理、有毒有害物质的降解、清洁能源的开发、废物资源化、环境监测、污染环境的修复和污染严重的工业企业的清洁生产等环境保护的各个方面发挥着极为重要的作用。应用环境生物技术处理污染物时,最终产物大都是无毒无害的、稳定的物质,如二氧化碳、水和氮气。利用生物方法处理污染物通常能一步到位,避免了污染物的多次转移,因此它是一种消除污染安全而彻底的方法。特别是现代生物技术,尤其是基因工程、细胞工程和酶工程等生物技术的飞速发展和应用,大大强化了上述环境生物处理过程,使生物处理具有更高的效率、更低的成本和更好的专一性,为生物技术在环境保护中的应用展示了更为广阔的前景。在此背景下,《生物工程学报》

推出“环境生物技术”专刊,以集中体现本领域的发展动态和研究进展。本专刊共收录 13 篇文章,涵盖聚焦于环境因素的微生物群落分析,难降解污染物,如多环芳烃、抗生素、石油基塑料等的研究现状、降解机制,微生物铁载体和吡啶等分子在环境污染修复中的应用,且变废为宝、资源化再利用等方面,较为系统地展示了环境生物技术的研究进展和发展趋势。

微生物群落分析对极端环境的微生物资源的挖掘有巨大的推动作用。近些年来,不依赖于培养的微生物群落分析方法如 16S rRNA 基因克隆文库、扩增子测序、宏基因组测序以及宏转录组测序技术等已广泛用于极端环境的微生物多样性、群落结构和功能分析。中国科学院微生物研究所刘双江、姜成英研究员团队采用高通量测序技术分析了云南蒙自某矿区酸矿水坑不同微环境和周边溪水的原核微生物多样性及群落结构差异,探究了影响群落结构的主要因素,进而分析了菌群的分布和适应性及重要功能。旨在更全面地了解酸性矿山排水的形成和发展规律及其中的铁、硫等元素生物地球化学循环,为酸性矿山排水的治理和修复以及微生物浸矿提供科学依据和理论指导。

多环芳烃、木质纤维素因其复杂的结构和物理性质,成为了环境生物技术修复的典型污染物。其中多环芳烃因为其潜在的致畸性、致癌性和基因毒性,被美国环保局和欧共体同时确定为优先控制的污染物,在本专刊中,上海交通大学唐鸿志教授团队从降解途径、降解基因、调控机制等角度对低分子量多环芳烃,主要是萘、蒽、菲、芴的降解研究进展进行了介绍。而木质纤维素的高效降解需要多种微生物的协同作用,黑龙江八一农垦大学王伟东教授团队从酶、纯培养菌株和复合菌群三个方面综述了木质纤维素微生物降解研究进展,着重介绍了组学技术在解析复合菌群作用机理方面的现状和应用前景。

同样作为典型环境污染物的还有“白色污染”——塑料。合成塑料,包括聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚苯乙烯 (PS)、聚氯乙烯 (PVC)、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)、聚氨酯 (PUR) 等,因其高分子量、高疏水性及高化学键能的特点难以被微生物降解,从而在环境中长期存在和累积,“白色污染”已经成为一个全球性问题。上海交通大学特聘教授周宁一团队从微生物资源及相关酶学研究方面综述了聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚氨酯、聚对苯二甲酸乙二醇酯和聚氯乙烯这 6 种石油基塑料的生物降解的研究现状,为进一步开展塑料生物降解研究,寻找高效的塑料降解菌株资源以及进一步在遗传、分子和生化水平研究塑料生物降解机理研究,从而最终实现合成塑料的彻底降解和高值化利用提供了借鉴。除此之外,另有两篇综述分别就混合在塑料中的一类有机化合物邻苯二甲酸酯 (Phthalates esters, PAEs)、溴代阻燃剂多溴联苯醚 (PBDEs) 的降解展开了讨论。浙江大学吕镇梅教授团队对近年来国内外在 PAEs 的结构及分类、毒理学效应、在环境中的污染状况、细菌降解的菌株多样性、降解途径及分子机制等方面的相关研究进行总结与回顾,以期为解决 PAEs 的污染问题提供一些参考。深圳大学李猛教授团队从 PBDEs 微生物降解的角度出发,分别阐释了好氧条件和厌氧条件下细菌降解 PBDEs 的代谢途径研究进展,并结合原位降解研究推断古菌的降解潜能,比较分析了多种降解途径的特性和综合因素,同时对 PBDEs 降解微生物未来的研究趋势和 PBDEs 降解体系设计应用进行了展望。另一种阻燃剂有机磷酸酯的降解也在中国农业科学院研究生院闫艳春教授团队的努力下取得了突破性进展。通过持续逐级富集,该团队从北京某垃圾处理厂渗透液中富集到一个混合菌群 (编号为 YC-BJ1),并在降解特性、底物谱以及物种组成多样性 3 个方面对其进行了

定性鉴定。YC-BJ1 混合菌群出色的环境适应能力, 高效的降解能力为有机磷阻燃剂的降解及其环境污染生物修复提供了微生物资源, 并为其降解机理的探索提供了有力支持。

近年来随着畜牧业、水产养殖业以及医疗行业的快速发展, 21 世纪新型环境污染物的开始引起广泛的关注, 其中抗生素、药品与个人护理用品 (Pharmaceuticals and personal care products, PPCPs) 更是重中之重。兰州大学刘璞副教授、李祥楷教授团队概括了近 10 年来抗生素降解菌株和菌群对抗生素的去除情况, 综述了应用微生物菌群处理抗生素残留的技术方法, 同时对未来利用微生物修复法减少环境中抗生素残留进行了展望。作为一类新兴环境微污染物, PPCPs 的生物降解研究已展开了大量的工作并取得了较大进展。深圳大学李菊英副教授团队总结概括了目前国内外 PPCPs 生物降解方法、功能菌种类、PPCPs 的生物降解特性及产物组成与降解途径等, 分析了 PPCPs 微生物降解机理, 以期对新型污染物 PPCPs 的降解研究提供新的切入点。

如前所述, 环境生物技术能在污染物修复领域得到广泛的应用不仅因为其能高效地净化环境污染, 更令科学家们欣喜的是可以变废为宝。因此, 如何利用环境生物技术使有害物质转变为有用物质, 是目前乃至将来很长一段时间内人类广泛关注的热点。在本专刊中, 首先有一篇综述对利用活性污泥菌群混合培养合成聚羟基脂肪酸酯 (PHA) 进行了讨论。济南大学李强教授团队综合介绍了对利用剩余污泥合成 PHA 的可行性、影响剩余污泥水解酸化的因素、污泥菌群富集驯化合成 PHA 及其机制等方面的研究进展, 并展望了混合培养合成 PHA 的研究前景。随后, 大连理工大学曲媛媛教授团队在纳米金银合金合成领域展示了重要研究成果, 研究利用真菌 *Mariannaea* sp. HJ 胞内提取

物合成纳米金银合金, 考察了不同的金银离子浓度比例对生物合成纳米金银合金特性的影响, 此外通过透射电子显微镜、X 射线衍射光谱等技术证明真菌 *Mariannaea* sp. HJ 能够合成分散性较好的纳米金银合金, 在催化还原硝基芳烃污染物方面具有潜在的应用价值。

除此之外, 本专刊还对一些新型的信号分子或者转运元件在环境生物技术中发挥的作用进行了综述。研究发现, 吡啶不仅可以调节微生物的毒性、耐药性、生物膜形成以及群感效应等生理生化行为, 调控植物生长发育和防御系统的形成过程, 还能够影响动物的肠道炎症、细胞氧化压力及荷尔蒙分泌等生理健康。因此吡啶在微生物代谢、动物健康和植物生长等多个方面扮演了重要角色, 具有重要的生物学及生态学双重意义。大连理工大学曲媛媛教授团队综述了吡啶从生物代谢到信号传递的研究历史, 及其在微生物种内或种间以及微生物-动植物之间跨界的信号传导与调控作用的研究进展, 旨在为揭示复杂环境中吡啶生物代谢及信号调控的生物学意义与生态学机制提供重要的理论指导。铁载体是微生物在胞内低铁浓度下分泌的螯合铁的物质, 可分为儿茶酚盐类、氧羟酸盐类、羧酸盐类三大类。近年来铁载体在石油污染修复、重金属污染修复和纸浆生物漂白等领域得到了广泛应用。浙江大学胡宝兰教授团队从铁载体的分类及其转运调控机制, 以及铁载体在环境污染治理与修复中的应用等多方面进行了介绍, 并展望了铁载体今后的应用前景。

本专刊涉及了环境生物技术的多方面内容, 然而对于目前环境生物技术领域的诸多进展、存在的问题以及未来的研究方向仍不全面。谨希望本专刊的出版能够为环境生物技术的发展提供新的思路, 吸引更多力量来共同推动生物技术领域的研究, 为人类科研事业作出更大的贡献。

(本文责编 陈宏宇)