



“污染物生物转化与碳中和前沿研究”专题（二）
Special topic on “Frontier Research on Biotransformation of Pollutants and Carbon Neutrality” II
P793-890

DOI: 10.19675/j.cnki.1006-687x.2023.08060

李东, 闫志英, 罗刚, 王雯, 王文国, 王远鹏, 闫震, 周俊, 逯慧杰, 谭周亮. 从低碳污水处理、零碳固废利用到负碳CO₂转化实现碳中和[J]. 应用与环境生物学报, 2023, 29 (4): 793-794

Li D, Yan ZY, Luo G, Wang W, Wang WG, Wang YP, Yan Z, Zhou J, Lu HJ, Tan ZL. From low-carbon wastewater treatment, zero-carbon solid waste utilization to negative-carbon CO₂ conversion, achieving carbon neutrality [J]. Chin J Appl Environ Biol, 2023, 29 (4): 793-794

从低碳污水处理、零碳固废利用到负碳CO₂转化实现碳中和

李东¹ 闫志英¹ 罗刚² 王雯³ 王文国⁴ 王远鹏⁵ 闫震⁶ 周俊⁷ 逯慧杰⁸ 谭周亮¹

¹中国科学院成都生物研究所, 中国科学院环境与应用微生物重点实验室, 环境微生物四川省重点实验室 成都 610041

²复旦大学环境科学与工程系 上海 200433

³中国科学院生态环境研究中心, 中国科学院环境生物技术重点实验室 北京 100085

⁴农业农村部成都沼气科学研究所 成都 610041

⁵厦门大学化学化工学院 厦门 361005

⁶山东大学环境科学与工程学院 青岛 266237

⁷南京工业大学生物与制药工程学院 南京 211816

⁸浙江大学环境与资源学院 杭州 310058

应对全球气候变化已经成为每个国家无法回避的问题。实现碳达峰、碳中和, 是以习近平同志为核心的党中央统筹国内国际两个大局作出的重大战略决策, 是着力解决资源环境约束突出问题、实现中华民族永续发展的必然选择, 是构建人类命运共同体的庄严承诺。碳中和需要低碳、零碳、负碳3个层次的技术才能实现。低碳通过节能减排技术升级减少传统生产过程中的碳排放, 但是仍然有排放; 零碳通过水能、太阳能、风能、生物质能源等的利用实现能源的生产和转化过程, 没有碳排放, 但很难使全过程实现零碳排放; 负碳通过一些新兴前沿技术固定且利用二氧化碳(CO₂), 整个过程不仅没有CO₂排放, 还净消耗CO₂。人类的生产生活活动中, 仅通过经济结构转型、能效提升、发展非化石能源等方式无法在这些生产过程中将CO₂排放降至零, 所以只有通过负碳技术才可能实现“净零”排放, 从而达到碳中和。

《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》要求推进经济社会绿色转型和产业结构深度调整, 尤其要加快构建清洁低碳安全高效的能源体系、提升城乡建设绿色低碳发展质量, 同时也强调加强绿色低碳重大科技攻关和推广应用。在此背景下, 《应用与环境生物学报》特围绕污染物生物治理、资源回收利用、CO₂转化利用等相关科学研究设置专题, 本期“污染物生物转化与碳中和前沿研究”专题(二)包括4篇综述和8篇研究性论文。

在碳减排方面, 本专题围绕污水脱氮, 综述了异养硝化细菌的硝化、反硝化、氨同化、硝酸盐同化等代谢途径及其对脱氮的作用, 并指出了今后的研究方向, 即从分子水平对异养硝化细菌的氮转化功能活性进行验证^[1]。利用微生物电化学系统, 通过调控阳极电势强化氨氧化作用并定向累积亚硝酸

盐, 在此基础上结合厌氧氨氧化构建全程自养脱氮反应体系, 实现了高效低碳的城镇生活污水脱氮^[2-3]。针对特殊气候和地形特点的生物污水处理, 本专题也提供了相应的解决措施, 例如添加低温条件下具有异养硝化-好氧反硝化能力的假单胞菌属(*Pseudomonas*)和马赛菌属(*Massilia*), 包括在低温下具有好氧反硝化聚磷功能的韩国假单胞菌(*Pseudomonas koreensis*), 从而提高了低温条件下生活污水脱氮除磷的效果, 为我国寒冷地区污水处理微生物菌剂的开发和应用提供了理论支撑^[4]。采用无动力级联生物滤池设计, 实现了山区村镇生活污水的低成本净化^[5]。为替代传统污水处理反硝化过程需要添加葡萄糖等碳源, 筛选蛋白质、淀粉、纤维素和脂肪高效降解菌株并制备菌剂, 以厨余垃圾为原料, 定向水解并将水解液作为生活污水处理碳源, 从而降低了污水脱氮除磷处理成本^[6]。

在碳零排方面, 本专题围绕厌氧消化产沼气、好氧堆肥、黑水虻(*Hermetia illucens* L.)转化、微生物油脂生产等有机废弃物资源化利用, 总结了水热炭促进厌氧消化生物强化产沼气的研究进展, 梳理了水热炭促进厌氧消化的机理, 包括为微生物生长提供空间载体, 提高微生物代谢水平, 并刺激体系内部直接种间电子传递^[7]; 考察了沼液酸化预处理促进油菜秸秆产甲烷的能力^[8]; 分析了好氧堆肥处理厨余垃圾面临的关键性问题, 深入剖析了添加微生物菌剂和调节环境参数(自由空域、含水率、颗粒粒径、通风量等)两类优化方法促进堆肥腐熟的优缺点及改进方向^[9]; 利用紫外-可见光光谱及三维荧光光谱, 对厨余垃圾黑水虻生物转化产物中溶解性有机物的官能团、胡敏酸含量等的分析, 证明了黑水虻生物转化能够促进厨余垃圾腐殖化和稳定化^[10]; 以圆红冬孢酵母(*Rhodotorula*

toruloides)为产油菌种,研究其对餐厨垃圾蛋白质酸水解产物(氨基酸)的吸收和产油性能,为餐厨垃圾的高值化利用提供了参考^[11]。

在碳减排方面,本专题围绕第三代生物炼制,即微生物固定利用CO₂,针对低效的电子传递制约了CO₂生物转化效率的瓶颈,聚焦半导体纳米材料介导作用,总结了半导体纳米材料自身性质、半导体纳米材料-非光合微生物复合体系的构建方式,综述了半导体纳米材料介导微生物将CO₂还原为乙酸、甲烷和聚β-羟基丁酸酯等高价值化合物的过程,提出了半导体纳米材料介导微生物固定CO₂的未来研究方向^[12]。

本专题报道的论文成果将为污水减污降碳处理、生物质废弃物零排放资源化利用、CO₂负排放转化利用提供新思路,

但如果要实现碳中和的宏伟目标,生物环保和生物制造业还需要朝着碳减排的方向发展。

(1)在污水和废水处理方面,革新传统氨氮/硝氮—氮气的脱氮模式,构建氨氮/硝氮—蛋白质的新模式,实现污水中氮资源的回收利用,从而源头减少合成氨厂的温室气体排放。

(2)在城乡生物质废弃物资源化利用方面,创新物质能量极限利用理论,实现废弃物到目标产品的定向转化,减少副产物温室气体CO₂的生成。

(3)在第三代生物炼制方面,发展合成生物学,融合化学、材料、信息等技术手段,理性创制高效菌种、精准调控发酵过程,提高CO₂的生物转化效率。

参考文献 [References]

- 1 亢宗静, 胡露星, 蔡凯, 张岚, 李致同, 熊旭梅, 蒋先军. 异养硝化细菌硝化途径及氮转化功能研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2023, 29 (4): 811-820
- 2 王振, 余昕洁, 孙一波, 王宁, 平腊梅, 潘玲阳, 储刚. 生物电化学系统中阳极氨氧化作用强化及亚硝酸盐累积特性[J]. 应用与环境生物学报, 2023, 29 (4): 875-882
- 3 王振, 王宁, 高磊, 平腊梅, 赵子健, 潘玲阳, 储刚. 基于电极氨氧化的全程自养脱氮工艺的运行性能[J]. 应用与环境生物学报, 2023, 29 (4): 883-890
- 4 倪千涵, 马涛, 陈滢, 刘敏. 低温下复合菌剂处理生活污水效果对比[J]. 应用与环境生物学报, 2023, 29 (4): 829-835
- 5 谢秀红, 韩阳, 黄美玉, 肖乾颖, 董志新, 朱波. 无动力级联生物滤池对山区村镇生活污水的净化与微生物群落特征[J]. 应用与环境生物学报, 2023, 29 (4): 843-852
- 6 王正江, 桂许维, 李振轮. 厨余好氧水解高效菌剂复配及污水处理应用[J]. 应用与环境生物学报, 2023, 29 (4): 836-842
- 7 蒋涛阳, 史志坚, 张士成, 罗刚. 水热炭增强厌氧消化产沼气研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2023, 29 (4): 803-810
- 8 李杨, 马旭光, 王锐, 赵涛, 江滔, 常佳丽, 陈茂霞, 茹婧, 唐琼. 沼液酸化预处理时间对油菜秸秆理化性质和产甲烷特性的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2023, 29 (4): 867-874
- 9 乔如陆, 王凌霄, 孙玉鑫, 李国学, 常瑞雪, 李季, 李彦明. 厨余垃圾好氧堆肥技术及优化策略研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2023, 29 (4): 821-828
- 10 陶兴华, 王先哲, 马景津, 黄恩, 沈建林, 金维正, 张志剑. 黑水虻转化厨余垃圾过程中物料理化性质及溶解性有机质光谱学特征[J]. 应用与环境生物学报, 2023, 29 (4): 860-866
- 11 曾宇, 张永奎, 李盼禹, 谢通慧. 餐厨垃圾蛋白质酸水解及产油微生物圆红冬孢酵母的氨基酸吸收[J]. 应用与环境生物学报, 2023, 29 (4): 853-859
- 12 伊晓峰, 吴见平, 王远鹏. 半导体纳米材料介导微生物固定CO₂研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2023, 29 (4): 795-802