

- 8 Ai Y, Meng F, Xu Y. Hybridization dominance of kinetics in recombinant ATH-1376 obtained via protoplast fusion between *Aspergillus niger* and *Trichoderma reesei*. *Chin J Biotechnol.* 1997, 13(3): 161—167
- 9 Khattab AA, Bazaraa WA. Screening, mutagenesis and protoplast fusion of *Aspergillus niger* for the enhancement of extracellular glucose oxidase production. *J Ind Microbiol Biotechnol.* 2005, 32(7): 289—294
- 10 Kirimura K, Sato T, Nakanishi N, et al. Breeding of starch-utilizing and itaconic-acid-producing koji molds by interspecific protoplast fusion between *Aspergillus terreus* and *Aspergillus ussami*. *Appl Microbiol Biotechnol.* 1997, 47: 127—131
- 11 蔡晶晶,李季伦. 土曲霉产生洛伐他汀的研究. *微生物学杂志*, 2000, 20(4): 1—4
- 12 Suh JH, Shin C S. Physiological analysis on novel coculture of *Monascus* sp. J101 with *Saccharomyces cerevisiae*. *FEMS Microbiol Lett.* 2000, 190: 241—245
- 13 周东坡,平文祥,孙剑秋,等. 通过灭活原生质体融合选育啤酒酵母新菌株. *微生物学报*, 1999, 39(5): 454—460

## 含 S, N, O-杂环的难降解有毒有机污染物微生物降解机理和技术研究取得重要进展

在国家自然科学基金的连续资助下,山东大学微生物技术国家重点实验室许平教授及其合作者系统地研究了环境中含 S, N, O-杂环的有毒难降解有机污染物的微生物降解机理和技术.通过 5 年多的积累,在化石燃料生物脱有机硫、含 S, N, O-杂环的有毒难降解有机污染物的微生物降解和杂环联合降解的基因工程菌的构建等方面取得了系列重要成果.2005—2006 年在环境和环境微生物领域国际上最有影响的两大刊物 *Environ. Sci. Technol.* (ES&T)和 *Appl. Environ. Microbiol.* (A&EM)上连续发表论文 7 篇,并应邀在著名刊物 *Trends in Microbiol.* (TiM)上撰写含 S, N, O-杂环有毒有机污染物微生物降解的综述论文(Xu P, Yu B, Li FL, Cai XF, Ma CQ, *Microbial degradation of sulfur, nitrogen and oxygen heterocycles*, *Trends Microbiol.* 2006, 14(9): 398—405).

孤对电子有毒难降解有机污染物(如化石燃料中的有机硫和有机氮、二噁英、农药、染料等)引起的环境污染已成为 21 世纪影响人类生存与健康的重大问题.用现有的化学和物理方法较难处理这类污染物,因此研究新的有效控制有毒难降解有机污染物的方法已成为国际上十分关注的重要课题.利用微生物技术降解这些有机污染物已成为最有应用潜力、研究最活跃的领域之一.许平教授及其合作者紧紧围绕含 S, N, O-杂环化合物难降解的关键科学难题,利用我国丰富的特殊微生物与基因资源,在充分认识有机污染物和微生物降解(途径)特性的基础上,系统地研究了微生物降解有毒有机污染物的机理和技术,为促进我国环境毒物微生物降解研究走在世界前沿做出了贡献.课题组在以下 3 个方面取得了一系列重要进展.

1. 含 S, N, O-杂环有毒难降解有机污染物的微生物降解机理.孤对电子杂环(S, N, O-杂环)有机污染物是一大类非常难处理的有机污染物.微生物在漫长的地质年代中进化出丰富的生物多样性,理论上任何环境中存在的有毒物都可以被微生物降解和转化.课题组在全国广泛收集了大量特殊微生物资源,从微生物代谢中间物化学检测和基因水平上深入研究了硫、氮、氧杂环降解的微生物代谢途径,提出了一条重要的硫专一性代谢补充途径(4SM 途径).在实验室实现了汽油、原油的微生物脱硫和有机氮降解技术,为石油炼制的清洁生产提供了一种新的途径.

2. 有机污染物(S, N-杂环)微生物降解和资源化.化石燃料中的有机硫、有机氮和烟草中的有机氮烟碱化合物含量最高可以超过 10%,这些化合物一方面是环境污染物(毒物),另一方面也是宝贵的资源.课题组研究了有机硫微生物降解代谢的高值中间体(硫杂环的表面活性剂)和尼古丁微生物代谢的高值羟基有机氮的微生物转化技术,为环境污染物废弃资源高值化提供了新的技术.(下转第 550 页)

- events. *J Meteor Soc Japan*, 1996, 74: 49—62
- 4 Zhang R, Sumi A, Kimoto M. A diagnostic study of the impact of El Niño on the precipitation in China. *Adv Atmos Sci*, 1999, 16: 229—241
- 5 Lu R. Interannual variability of the summertime North Pacific subtropical high and its relation to atmospheric convection over the warm pool. *J Meteor Soc Japan*, 2001, 79: 771—783
- 6 Lu R, Dong B. Westward extension of North Pacific subtropical high in summer. *J Meteor Soc Japan*, 2001, 79: 1229—1241
- 7 薛峰, 何卷雄. 南半球环流变化对西太平洋副高东西振荡的影响. *科学通报*, 2005, 50: 1660—1662
- 8 Zhang J, Yu S. Diagnostic study on the relationship between the assembling of low frequency waves in the Pacific ocean and the abnormality of the subtropical high. *Adv Atmos Sci*, 1998, 15: 247—257
- 9 Sun S, Ying M. Subtropical high anomalies over the western Pacific and its relations to the Asian monsoon and SST anomaly. *Adv Atmos Sci*, 1999, 16: 559—568
- 10 陈月娟, 张弘, 周任君, 等. 西太平洋副热带高压的强度和位置与亚洲地表温度之关系. *大气科学*, 2001, 25: 515—522
- 11 慕巧珍, 王绍武, 朱锦红, 等. 近百年夏季西太平洋副热带高压的变化. *大气科学*, 2001, 25: 787—797
- 12 Lu R, Li Y, Dong B. External and internal summer atmospheric variability in the western North Pacific and East Asia. *J Meteor Soc Japan*, 2006, 84: 447—462
- 13 Lu R. Indices of the summertime western North Pacific subtropical high. *Adv Atmos Sci*, 2002, 19: 1004—1028
- 14 Yang H, Sun S. Longitudinal displacement of the subtropical high in the western Pacific in summer and its influence. *Adv Atmos Sci*, 2003, 20: 921—933
- 15 Yang H, Sun S. The characteristics of longitudinal movement of the subtropical high in the western Pacific in pre-rainy season in South China. *Adv Atmos Sci*, 2005, 22: 392—400
- 16 Wu R, Kinter III JL, Kirtman BP. Discrepancy of interdecadal changes in the Asian region among the NCEP-NCAR reanalysis, objective analyses, and observations. *J Climate*, 2005, 18: 3048—3067
- 17 Wang H. The weakening of the Asian monsoon circulation after the end of 1970's. *Adv Atmos Sci*, 2001, 18: 376—386
- 18 占瑞芬, 李建平, 何金海. 北半球副热带高压双脊线的统计特征. *科学通报*, 2005, 50: 2022—2026

(上接第541页)

3. 有毒难降解有机污染物(S, N, O-杂环)微生物降解的基因工程技术. 首次成功地构建出可耐受高浓度有机溶剂的脱硫工程菌和可将有机硫、有机氮代谢途径组合在一起的基因工程菌, 研究了石油中有机硫和有机氮化合物的联合降解技术; 利用硫氮微生物组合代谢的基因工程微生物技术, 研究了有机硫、有机氮、有机氧环境毒物微生物转化联合脱毒技术, 为有效利用微生物技术脱除有毒有机污染物和生物转化提供了新思路.

(供稿: 王春霞)