



生物工程学报

卓越计划 中文核心 中国科技核心 CSCD核心期刊

《生物工程学报》·1985年2月创刊
月刊·每月25日出版

主管 / 中国科学院
主办 / 中国科学院微生物研究所
中国微生物学会
主编 / 邓子新 院士
执行主编 / 李寅
主任 / 陈宏宇
出版编辑 / 《生物工程学报》编辑部
(北京朝阳区北辰西路1号院3号
中国科学院微生物研究所B401
邮编: 100101)

编辑部 / 电话: 010-64807509
E-mail: cjb@im.ac.cn
出版部 / 电话: 010-64806142
E-mail: chuban@im.ac.cn
编 务 / 电话: 010-64807327
E-mail: bianwu@im.ac.cn
广告部 / 电话: 010-64807336
E-mail: gg@im.ac.cn
发行部 / 电话: 010-64807336
E-mail: bjb@im.ac.cn
新媒体部 / 电话: 010-64807144
E-mail: j.media@im.ac.cn
网 址 / <http://journals.im.ac.cn/cjbcn>

出版方 / 科学出版社
地 址 / 北京东黄城根北街16号

印 刷 / 北京科信印刷有限公司
国内总发行 / 北京市报刊发行局
(北京市丰台区莲花池东路126号)
国内邮发代号 / 82-13
订购处 / 全国各地邮局
海外总发行 / 中国国际图书贸易集团有限公司
(北京399信箱, 邮编: 100048)
海外发行代号 / M5608
广告发布登记 / 京朝市监广登字20200002号
每期定价 / 120.00元
ISSN 1000-3061
CN 11-1998/Q
CODEN SGXUED

版权声明

我联合编辑部编辑出版有《生物工程学报》《微生物学报》《菌物学报》和《微生物学通报》四种期刊, 凡向本编辑部投稿, 均视为同意在本编辑部网站及CNKI等全文数据库出版, 所付稿酬包含网络出版稿酬。本刊文责自负, 版权所有, 未经许可, 不得转载使用。



Shengwu Gongcheng Xuebao

第39卷第2期 (总第290期)

2023年2月25日

《生物工程学报》是由中国科协批准, 中国科学院主管, 中国科学院微生物研究所和中国微生物学会共同主办的综合性学术期刊, 系北大中文核心、中国科技核心、CSCD核心期刊。主要报道我国生物工程领域的新进展和新成果, 刊登的内容包括: 基因工程、细胞工程、组织工程、酶工程、蛋白质工程、发酵工程、生物制药、生物反应器、基因芯片等, 涉及工业、农业和医药等诸多领域。刊载的文章90%以上为项目资助论文。本刊已被美国化学文摘CA、美国医学索引MEDLINE/PubMed、俄罗斯文摘AJ、日本科学技术社数据库JST、波兰哥白尼索引IC、荷兰Scopus、荷兰医学文摘EMBASE、美国的乌利希期刊指南(网络版)(Ulrichsweb)、世界卫生组织西太平洋地区医学索引(WPRIM)、中国知网CNKI、中国科学引文数据库CSCD、中国科技论文统计与分析数据库CSTPC、中国生物学文摘、中国生物医学文献数据库等国内外重要检索机构收录。

《生物工程学报》2000年获中国科学院优秀期刊二等奖, 2003、2005、2008年获中国科协优秀论文奖, 2008年获“中国精品科技期刊”称号, 2012和2013连续两年被评为“中国国际影响力优秀学术期刊”, 2012年获“中国百种杰出学术期刊”称号, 2014年入选300种“第3届中国精品科技期刊”, 为“中国精品科技期刊顶尖学术论文(F5000)”项目来源期刊, 2015-2018连续4年荣获中国科学院科学出版基金科技期刊排行榜三等奖, 2015-2017年和2018年分别获中国科协精品科技期刊学术质量提升项目和中文科技期刊精品建设计划“学术创新引领项目”资助, 2019-2023年获中国科技期刊卓越行动计划项目资助。

虽然取得了一些成绩, 但成为最受欢迎、最具学术影响力的期刊将永远是我们追求的目标。为此, 我们将积极关注生物工程领域的最新研究动态, 努力吸引更多优秀稿件。期待《生物工程学报》在大家的帮助下取得更大的进步。

Chinese Journal of Biotechnology

Chinese Journal of Biotechnology

Monthly • Started in 1985

Administration / Chinese Academy of Sciences

Sponsored by / Institute of Microbiology,

Chinese Academy of Sciences;

Chinese Society for Microbiology

Editor-in-Chief / DENG Zixin

Executive Editor-in-Chief / LI Yin

Director / CHEN Hongyu

Published and Edited by / Editorial Office of

Chinese Journal of Biotechnology

Address / B401, Institute of Microbiology,

Chinese Academy of Sciences,

No. 1 Beichen West Road, Chaoyang District,

Beijing 100101, China

Tel: +86-10-64807509

E-mail: cjb@im.ac.cn

<http://journals.im.ac.cn/cjbcn> (Chinese)

[https://www.sciencedirect.com/journal/](https://www.sciencedirect.com/journal/chinese-journal-of-biotechnology)

[chinese-journal-of-biotechnology](https://www.sciencedirect.com/journal/chinese-journal-of-biotechnology) (English)

Printed by / Beijing Kexin Printing Co., LTD

Distributed by / Beijing Bureau for Distribution of
Newspapers and Journals

Oversea distributed by / China International
Book Trading Corporation

Copyright

© 2023 by the Institute of Microbiology, the Chinese Academy of Sciences and the Chinese Society for Microbiology



Shengwu Gongcheng Xuebao

Vol. 39 No. 2
25 February 2023

About

Founded in 1985, Chinese Journal of Biotechnology is the official journal of the Institute of Microbiology, the Chinese Academy of Sciences and the Chinese Society for Microbiology. Chinese Journal of Biotechnology is an international, peer-reviewed journal that publishes original papers and reviews on all aspects of Biotechnology, such as genetic engineering, cell engineering, enzyme engineering, biochemical engineering, tissue engineering, biochips, bioinformatics, bioreactor, and so on. The journal is indexed/abstracted in various important citation resources such as Chemistry Abstracts, MEDLINE/PubMed, AJ of Vinitri, JST, Scopus, Center for Agriculture and Bioscience International, EMBASE, Ulrichsweb, WPRIM, CNKI, CSCD, CSTPC, Chinese Biological Digest.

Aimed at promoting the scientific exchanges between China and other parts of the world, Chinese Journal of Biotechnology has cooperated with Elsevier to publish online English edition from 2006 to 2008 (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/18722075>). The online English edition, launched on the ScienceDirect, provides original English papers and some translated articles selected from the corresponding issue of Chinese edition.

We welcome submissions from all over the world. Please feel free to contact us (Tel: +86-10-64807509; E-mail: cjb@im.ac.cn).



395 导读

综述

399 基于CRISPR-Cas9基因编辑技术在作物中的应用
殷文晶, 陈振概, 黄佳慧, 叶涵斐, 芦涛, 路梅, 饶玉春

425 植物苯丙烷代谢及其对重金属胁迫的响应研究进展
葛文佳, 辛建攀, 田如男

446 Bt Cry毒素抗虫模拟物靶向创新设计
徐重新, 刘媛, 张霄, 刘贤金

459 病虫害RNAi技术中的外源RNA递送策略
龚流娥, 应淑敏, 张雅芬, 王教瑜, 孙国昌

472 流式细胞术的发展及在植物研究中的应用
陈林, 宋丽

488 黄河流域微塑料污染现状及防治策略
刘赞, 孙中亮, 史良, 王强

500 微塑料与土壤环境中微生物互作研究进展
梁榕, 孙飞虎, 张弛, 张瑞芳, 王红, 王鑫鑫

516 β -烟酰胺单核苷酸的生理活性与合成研究进展
陈宇娴, 周楚然, 黄建忠, 陶勇, 柯崇裕, 杨欣伟

农业生物技术

537 芥菜WOX基因家族的全基因组鉴定与分析
阳文龙, 徐楚, 韩嘉琪, 张晓辉, 宋江萍, 贾会霞, 王海平

552 大白菜NHX基因家族的鉴定与表达分析
王雪花, 韩佳, 马济中, 杨曦婷, 满华丽, 乔亚丽, 高雪琴, 胡琳莉

566 绿豆VrWOX基因家族鉴定及表达分析
郭旭, 张慧莹, 王铮, 李帅

586 沉默GmATG10导致大豆免疫反应的激活
周涛, 叶梅燕, 刘天瑶, 兰胡娇, Hashimi Said Masoud, 郭威, 刘建中

603 ACC氧化酶基因AhACOs对花生耐盐性的影响
黄建斌, 周文杰, 房磊, 孙明明, 李鑫, 李晶晶, 李晓婷, 唐艳艳, 姜德锋, 朱虹, 隋炯明, 乔利仙

- 614 番木瓜果糖-2,6-二磷酸酶*CpF2KP*基因克隆和蛋白表达纯化
左丽萍, 曾秋霞, 赵晓兵, 杨丽媛, 徐良伟, 赖娟, 岳晶晶
- 625 资阳香橙砧木*CjSPL*基因家族鉴定及表达模式分析
彭洪娴, 邱洁雅, 惠秋玲, 徐媛媛, 淳长品, 凌丽俐, 曹立, 何义仲, 彭良志, 付行政
- 640 核桃*JrGI*基因克隆及表达分析
袁星, 刘金明, 郭彩华, 亢超, 张中荣, 全绍文, 牛建新
- 653 比利时杜鹃花黄烷酮3-羟化酶基因克隆及功能分析
蒋宝鑫, 吴泽航, 杨国霞, 吕思佳, 贾永红, 吴月燕, 周若一, 谢晓鸿
- 670 红锥叶绿体基因组特征及系统发育分析
薛光宇, 邓智文, 朱雪萍, 吴俊多, 董诗涛, 谢先金, 曾冀
- 685 草菇*VvLaeA*调控球孢白僵菌的生长发育
陈金峰
- 695 水杨酸对铜胁迫下菊芋的生理调控及根系FTIR分析
艾金祥, 葛杰克, 张子仪, 陈文倩, 梁嘉怡, 王馨怡, 吴巧缘, 余婕, 叶怡彤, 周天逸, 粟金怡, 李文文, 吴玉环, 刘鹏
- 713 水稻胚乳过表达*VIT1/VIT2*对Fe和Cd积累的影响
贺依琦, 刘冬, 史玉皎, 郭宝, 周琳, 罗劲松, 张振华
- 724 森林草莓*SUN*基因家族的鉴定及其对逆境的响应
余瑶, 王紫瑶, 许以灵, 马伯军, 陈析丰
- 741 贝莱斯芽孢杆菌*Bv-303*对水稻白叶枯病菌的拮抗活性及其应用
刘霞, 陆喆晓, 马紫程, 余婷婷, 陈浩天, 王璐, 陈析丰

高校生物学教学

- 755 应用型人才培养视角下的生物工程类专业“生产实习”课程教学改革与实践
董彬, 王君, 吴涛, 刘滨, 宿志伟, 赵丽萍, 张韩杰, 吴信明, 付石军, 刘南南, 孙春龙, 姚志刚
- 769 基于生产工艺管理的生物工程综合性实验设计
宫长斌, 曹飞, 贾红华, 陈可泉, 李干禄, 何冰芳
- 780 生物化学与分子生物学本研教学一体化探索与实践
史金铭, 滕春波, 隋广超, 薛哲勇, 张旸, 宋兴舜, 李晓岩

395 Briefing and introduction

Reviews

- 399 Application of CRISPR-Cas9 gene editing technology in crop breeding
YIN Wenjing, CHEN Zhengai, HUANG Jiahui, YE Hanfei, LU Tao, LU Mei, RAO Yuchun
- 425 Phenylpropanoid pathway in plants and its role in response to heavy metal stress: a review
GE Wenjia, XIN Jianpan, TIAN Runan
- 446 Targeted innovative design of Bt Cry toxin insecticidal mimics
XU Chongxin, LIU Yuan, ZHANG Xiao, LIU Xianjin
- 459 Strategies for exogenous RNA delivery in RNAi-mediated pest management
GONG Liu'e, YING Shumin, ZHANG Yafen, WANG Jiaoyu, SUN Guochang
- 472 Development of flow cytometry and its application in plant research
CHEN Lin, SONG Li
- 488 Microplastics pollution in the Yellow River basin: current status and control strategy
LIU Zan, SUN Zhongliang, SHI Liang, WANG Qiang
- 500 Interaction between microplastics and microorganisms in soil environment: a review
LIANG Rong, SUN Feihu, ZHANG Chi, ZHANG Ruifang, WANG Hong, WANG Xinxin
- 516 Advances in physiological activities and synthesis of β -nicotinamide mononucleotide
CHEN Yuxian, ZHOU Churan, HUANG Jianzhong, TAO Yong, KE Chongrong, YANG Xinwei

Agricultural Biotechnology

- 537 Genome-wide identification and characterization of the *WOX* gene family in *Brassica juncea*
YANG Wenlong, XU Chu, HAN Jiaqi, ZHANG Xiaohui, SONG Jiangping, JIA Huixia, WANG Haiping
- 552 Identification and expression analysis of *NHX* gene family in Chinese cabbage
WANG Xuehua, HAN Jia, MA Jizhong, YANG Xiting, MAN Huali, QIAO Yali, GAO Xueqin, HU Linli
- 566 Molecular characterization and transcriptional analysis of *VrWOX* genes in mungbean [*Vigna radiate* (L.) Wilczek]
GUO Xu, ZHANG Huiying, WANG Zheng, LI Shuai
- 586 Silencing *GmATG10* results in activation of immune responses in soybean
ZHOU Tao, YE Meiyuan, LIU Tianyao, LAN Hujiao, HASHIMI Said Masoud, GUO Wei, LIU Jianzhong
- 603 Effect of ACC oxidase gene *AhACOs* on salt tolerance of peanut
HUANG Jianbin, ZHOU Wenjie, FANG Lei, SUN Mingming, LI Xin, LI Jingjing, LI Xiaoting, TANG Yanyan, JIANG Defeng, ZHU Hong, SUI Jiongming, QIAO Lixian

- 614** Cloning, expression and purification of fructose-2,6-bisphosphatase gene *CpF2KP* in papaya
ZUO Liping, ZENG Qiuxia, ZHAO Xiaobing, YANG Liyuan, XU Liangwei, LAI Juan, YUE Jingjing
- 625** Identification of *CjSPL* gene family in Ziyang Xiangcheng rootstock and expression pattern analysis
PENG Hongxian, QIU Jieya, HUI Qiuling, XU Yuanyuan, CHUN Changpin, LING Lili, CAO Li, HE Yizhong, PENG Liangzhi, FU Xingzheng
- 640** Cloning and expression analysis of *JrGI* gene in walnut
YUAN Xing, LIU Jinming, GUO Caihua, KANG Chao, ZHANG Zhongrong, QUAN Shaowen, NIU Jianxin
- 653** Cloning and functional analysis of flavanone 3-hydroxylase gene in *Rhododendron hybridum* Hort.
JIANG Baoxin, WU Zehang, YANG Guoxia, LÜ Sijia, JIA Yonghong, WU Yueyan, ZHOU Ruoyi, XIE Xiaohong
- 670** Chloroplast genomic characterization and phylogenetic analysis of *Castanopsis hystrix*
XUE Guangyu, DENG Zhiwen, ZHU Xueping, WU Junduo, DONG Shitao, XIE Xianjin, ZENG Ji
- 685** Effect of VvLaeA on the growth and development of *Beauveria bassiana*
CHEN Jinfeng
- 695** Physiological regulation of salicylic acid on *Helianthus tubeosus* upon copper stress and root FTIR analysis
AI Jinxiang, GE Jieke, ZHANG Ziyi, CHEN Wenqian, LIANG Jiayi, WANG Xinyi, WU Qiaoyuan, YU Jie, YE Yitong, ZHOU Tianyi, SU Jinyi, LI Wenwen, WU Yuhuan, LIU Peng
- 713** Effect of VIT1/VIT2 overexpression on Fe and Cd accumulation in rice endosperm
HE Yiqi, LIU Dong, SHI Yujiao, GUO Bao, ZHOU Lin, LUO Jinsong, ZHANG Zhenhua
- 724** Genome-wide identification of *SUN* gene family in *Fragaria vesca* and stresses-response analysis
YU Yao, WANG Ziyao, XU Yiling, MA Bojun, CHEN Xifeng
- 741** Antagonistic activity and application of *Bacillus velezensis* strain Bv-303 against rice bacterial-blight disease caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*
LIU Xia, LU Zhexiao, MA Zicheng, YU Tingting, CHEN Haotian, WANG Lu, CHEN Xifeng

Education

- 755** Teaching reform and practice of 'Production Internship' course for biotechnology specialty from the perspective of training application-oriented talents
DONG Bin, WANG Jun, WU Tao, LIU Bin, SU Zhiwei, ZHAO Liping, ZHANG Hanjie, WU Xinming, FU Shijun, LIU Nannan, SUN Chunlong, YAO Zhigang
- 769** Engineering and process management-based design of Comprehensive Biotechnology Experiment course
GONG Changbin, CAO Fei, JIA Honghua, CHEN Kequan, LI Ganlu, HE Bingfang
- 780** Practices of integrating the undergraduate and graduate teaching of Biochemistry and Molecular Biology
SHI Jinming, TENG Chunbo, SUI Guangchao, XUE Zheyong, ZHANG Yang, SONG Xingshun, LI Xiaoyan