



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

《生物工程学报》·1985年创刊  
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  
执行主编 / 张先恩  
主任 / 陈宏宇  
编辑 / 中国科学院微生物研究所 期刊联合编辑部  
地址 / 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 / 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 / 中国邮政集团公司北京市报刊发行局  
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  
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。

## 目次



Shengwu Gongcheng Xuebao

第38卷第8期(总第284期)

2022年8月25日

## 2681 主编导读

### 综 述

- 2687 NAC转录因子在植物花发育中的作用  
王佳丽, 王鹤冰, 杨慧勤, 胡若琳, 魏大勇, 汤青林, 王志敏
- 2700 植物GLKs生物学功能及分子作用机理研究进展  
沈淑容, 袁俊杰, 许以灵, 马伯军, 陈析丰
- 2713 基于CRISPR/Cas9的激活系统研究进展  
丁霄, 潘转霞, 杨六六, 罗晓丽, 姜南, 竹梦婵, 吴翠翠, 兰刚, 李朋波
- 2725 脱落酸调节植物铁代谢的研究进展  
张淼, 高嘉璐, 邓国伟, 郭长虹, 毕影东, 郭东林
- 2738 白条素研究进展  
陈丽兰, 黄海滨, 卞润恬, 邓祖湖, 高三基, 张慧丽
- 2754 植物适应酸铝胁迫机理的研究进展  
邓晓霞, 李月明, 姚堃姝, 乔婧文, 王竞红, 简吉祥
- 2767 卵泡液细胞外囊泡携带的microRNA对卵泡闭锁影响的研究进展  
王莹, 王晓梅, 赵蕴琦, 吴盛辉, 张涌, 权富生
- 2784 基于植物重组蛋白产量提高的研究进展  
武兆云, 张倩, 郭玉鸽, 杨惠娟, 杨铁钊
- 2798 植物多细胞网络分析研究进展  
施般若, 黄小萍, 付秀荣, 王邦俊
- 2811 c-di-GMP对大肠杆菌生物膜调控的研究进展  
何云江, 贾伟娟, 郝珊珊, 孟庆磊, 陈云娇, 王学理
- 2821 生物被膜: 益生菌肠道定植的新策略  
廖才江, 李会, 王士源, 熊静, 梅翠, 刘丹, 何玉张, 彭练慈, 宋振辉, 陈红伟
- 2840 动物模型在细菌生物被膜研究中的应用与展望  
徐欢, 刘静, 张昭寰, 陶倩, 黄振华, 潘迎捷, 赵勇
- 2857 保护性病毒抗原的筛选策略及其在新型疫苗研发中的应用  
钟代浪, 王涛, 罗瑞, 仇华吉, 孙元

## 动物及兽医生物技术

- 2872 分泌抗PRRSV抗体的猪源单克隆B细胞永生生化方法的建立  
王健, 张婧, 李坤, 孙普, 李国秀, 李骄阳, 曹轶梅, 赵志荀, 袁红, 付元芳, 李平花, 李冬, 刘在新, 卢曾军

## 关于本刊

《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的学术刊物，系北大中文核心、中国科技核心、CSCD核心期刊。主要报道我国生命科学领域科学和技术的新进展和新成果，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、基因芯片等各个方面，涉及工业、农业和医药等诸多领域。刊载的文章90%以上为基金资助论文。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)等国际著名检索机构收录；国内则被中国知网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、中国生物医学文摘、中国生物医学文献数据库等重要检索机构收录。

《生物工程学报》2000年荣获中国科学院优秀期刊二等奖，2003、2005、2008年荣获中国科协优秀论文奖，2008年荣获“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年荣获“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年获中国科协精品科技期刊学术质量提升项目资助，2018年获中国科协中文科技期刊精品建设计划“学术创新引领项目”资助，2019年获中国科技期刊卓越行动计划项目资助。

本刊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。

- 2883 非洲猪瘟病毒内囊膜蛋白p17与宿主互作蛋白的初步鉴定  
钟桂芳, 邓婷娟, 徐康, 倪温碧, 王裴, 胡伯里, 周继勇
- 2891 猪圆环病毒2型通过外泌体miR-125a-5p靶向*Bcl-2*诱导淋巴细胞凋亡  
段滇宁, 沈华伟, 潘艳敏, 冯睿, 张霖, 陆灵光, 刘建奎, 邱龙新, 陈洪博
- 2902 乙型肝炎病毒DNA初免-蛋白加强策略在小鼠模型上的免疫效应评价  
于瑞明, 田占成, 高闪电, 独军政, 关贵全, 殷宏
- 2912 基于*Cre/loxP*系统的睾丸组织特异性敲除*Elovl4*基因小鼠模型的构建及敲除效率检测  
杨仕赛, 赵瑄, 王雨虹, 郑红梅, 甘婷, 朱贵明
- 2928 鸡*Foxp3*结构预测及组织表达谱分析  
常贺, 高辉, 王永强, 高丽, 曹红, 李晓齐, 郑世军
- 2939 过表达山羊*ATF3*抑制肌内前体脂肪细胞分化  
王重洋, 罗成, 张浩, 李鑫, 李艳艳, 熊燕, 王友利, 林亚秋
- 2948 应用高效体积排阻色谱偶联多角度激光散射鉴定猪圆环病毒2型灭活疫苗及病毒样颗粒疫苗抗原  
徐嫫, 杨延丽, 邹兴启, 李翠, 朱元源, 秦义娴, 李琰, 盛亚男, 刘业兵, 彭国瑞, 徐小艾, 张松平, 赵启祖
- 2959 山羊*ST13*基因的克隆及表达特性分析  
王瑞龙, 李艳艳, 林亚秋, 陈定双, 盛雪晴, 赵楠, 刘伟

## 农业生物技术

- 2974 茄子*TCP*基因家族全基因组的鉴定与分析  
杨婷, 黎成, 申佳瑜, 庄彬贤, 温永仙
- 2989 花生小GTP结合蛋白基因*AhRabG3f*启动子的盐胁迫响应元件分析  
杜国宁, 相杰, 林顺钰, 孔祥远, 武秀玲, 管学东, 朱虹, 王晶珊, 乔利仙, 隋炯明, 赵春梅
- 2999 扁果草叶绿体基因组特征分析  
热伊汉古丽·图尔迪, 慕丽红, 田新民
- 3014 紫苏溶血磷脂酸酰基转移酶基因的克隆与功能分析  
周雅莉, 黄旭升, 郝月茹, 蔡桂萍, 史先飞, 李润植, 王计平
- 3029 芥菜*BjuWRKY75*基因表达及其与开花整合子*BjuFT*互作  
冯俊杰, 王远达, 邓琴霖, 翟海涛, 叶旭, 魏大勇, 王志敏, 汤青林

## 生物技术与方法

- 3041 基于人ANP32A蛋白的C型流感病毒聚合酶纯化及PB2蛋白单克隆抗体的高效制备  
屈玉杏, 郭兴, 韩佳岐, 张振宇, 王晓钧
- 3049 Hi-Meth: 特定位点DNA甲基化高通量检测平台  
李慧颖, 刘庆, 郭旻, 王克剑, 严长杰, 王春
- 3062 溶藻弧菌*VcrV*基因缺失株的构建及生物学特性  
彭新亮, 简纪常, 丁熹
- 3076 *Mstn*基因干扰通过上调基因*Cpt1b*促进肌间脂肪的 $\beta$ 氧化  
郭亚男, 杨茹艳, 张芷毓, 包都兰, 孙莹, 杨磊, 李光鹏, 高丽

## 高校生物学教学

- 3090 后疫情时代“人体及动物生理学”教学体系创新与实践  
路宏朝, 程佳, 马海东, 王杨科, 党利红, 张涛
- 3099 “微生物学”全英文课程的建设改革与思考  
罗远婵, 张晓彦, 王启要, 黄娇芳, 胡凤仙, 高淑红, 叶蕊芳, 左鹏, 庄英萍, 吴辉

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** / ZHANG Xian-En

**Director** / CHEN Hongyu

**Edited by** / United Editorial Office for Journals,

Institute of Microbiology, Chinese Academy of

Sciences

**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](mailto: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)

**Published by** / Science Press

Add: 16 Donghuangchenggen North Street,

Beijing 100717, China

Tel: +86-10-64034563

E-mail: [journal@mail.sciencep.com](mailto:journal@mail.sciencep.com)

**Printed by** / Beijing Kexin Printing Co., LTD

**Oversea distributed by** / China International

Book Trading Corporation

## Copyright

© 2022 by the Institute of Microbiology, the Chinese Academy of Sciences and the Chinese Society for Microbiology

# CONTENTS



Shengwu Gongcheng Xuebao

Vol. 38 No. 8  
25 August 2022

**2681** Briefing and introduction by Editor-in-Chief

## Reviews

- 2687** The role of NAC transcription factors in flower development in plants  
WANG Jiali, WANG Hebing, YANG Huiqin, HU Ruolin, WEI Dayong, TANG Qinglin, WANG Zhimin
- 2700** Biological function and molecular mechanism of the transcription factor GLKs in plants: a review  
SHEN Shurong, YUAN Junjie, XU Yiling, MA Bojun, CHEN Xifeng
- 2713** Advances of CRISPR/Cas9 activation system  
DING Xiao, PAN Zhuaxia, YANG Liuliu, LUO Xiaoli, JIANG Nan, ZHU Mengjie, WU Cuicui, LAN Gang, LI Pengbo
- 2725** Regulation of plant iron homeostasis by abscisic acid: a review  
ZHANG Miao, GAO Jialu, DENG Guowei, GUO Changhong, BI Yingdong, GUO Donglin
- 2738** Advances in albicidin  
CHEN Lilan, HUANG Haibin, BIAN Runtian, DENG Zuhu, GAO Sanji, ZHANG Huili
- 2754** Advances in the mechanism of plant adaptation to acid aluminum stress  
DENG Xiaoxia, LI Yueming, YAO Kunshu, QIAO Jingwen, WANG Jinghong, LIN Jixiang
- 2767** Progress in the effect of microRNA carried by extracellular vesicles in follicular fluid on follicular atresia  
WANG Ying, WANG Xiaomei, ZHAO Yunqi, WU Shenghui, ZHANG Yong, QUAN Fusheng
- 2784** Improving the production of plant-based recombinant protein: a review  
WU Zhaoyun, ZHANG Qian, GUO Yuge, YANG Huijuan, YANG Tiezhaohao
- 2798** Advances in the plant multicellular network analysis  
SHI Bore, HUANG Xiaoping, FU Xiurong, WANG Bangjun
- 2811** Research progress of c-di-GMP in the regulation of *Escherichia coli* biofilm  
HE Yunjiang, JIA Weijuan, CHI Shanshan, MENG Qinglei, CHEN Yunjiao, WANG Xueli
- 2821** Bacterial biofilms: novel strategies for intestinal colonization by probiotics  
LIAO Caijiang, LI Hui, WANG Shiyuan, XIONG Jing, MEI Cui, LIU Dan, HE Yuzhang, PENG Lianci, SONG Zhenhui, CHEN Hongwei
- 2840** Animal models in bacterial biofilm research: a review  
XU Huan, LIU Jing, ZHANG Zhaohuan, TAO Qian, HUANG Zhenhua, PAN Yingjie, ZHAO Yong
- 2857** Strategies for screening protective viral antigens and their applications in the development of novel vaccines  
ZHONG Dailang, WANG Tao, LUO Rui, Qiu Hua-Ji, SUN Yuan



## 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 Viniti, 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](mailto:cjb@im.ac.cn)).

扫描二维码，关注  
《生物工程学报》  
微信公众号，获得  
最新投审稿信息及  
阅读体验。



## Animal and Veterinary Biotechnology

- 2872** A method for immortalizing swine monoclonal B cells secreting anti-PRRSV antibodies  
WANG Jian, ZHANG Jing, LI Kun, SUN Pu, LI Guoxiu, LI Jiaoyang, CAO Yimei, ZHAO Zhixun, YUAN Hong, FU Yuanfang, LI Pinghua, LI Dong, LIU Zaixin, LU Zengjun
- 2883** Identification of host proteins interacting with African swine fever virus inner envelope protein p17  
ZHONG Guifang, DENG Tingjuan, XU Kang, NI Wenbi, WANG Pei, HU Boli, ZHOU Jiyong
- 2891** Porcine circovirus type 2 induces apoptosis by exosomal miR-125a-5p targeting *Bcl-2* in porcine lymphocytes  
DUAN Dianning, SHEN Huawei, PAN Yanmin, FENG Rui, ZHANG Lin, LU Lingguang, LIU Jiankui, QIU Longxin, CHEN Hongbo
- 2902** Using mouse model to evaluate the immune effect of DNA prime-protein boost strategies targeting Japanese encephalitis virus  
YU Ruiming, TIAN Zhancheng, GAO Shandian, DU Junzheng, GUAN Guiquan, YIN Hong
- 2912** Construction of a testis *Elov14* gene knockout mouse model based on *Cre/loxP* system  
YANG Shisai, ZHAO Xuan, WANG Yuhong, ZHENG Hongmei, GAN Ting, ZHU Guiming
- 2928** Analysis of the structure of chicken *Foxp3* and its expression profile in tissues  
CHANG He, GAO Hui, WANG Yongqiang, GAO Li, CAO Hong, LI Xiaoqi, ZHENG Shijun
- 2939** Overexpression of *ATF3* inhibits the differentiation of goat intramuscular preadipocytes  
WANG Chongyang, LUO Cheng, ZHANG Hao, LI Xin, LI Yanyan, XIONG Yan, WANG Youli, LIN Yaqui
- 2948** Characterization of the antigens in inactivated porcine circovirus type 2 vaccines and virus-like particle vaccines by high-performance size-exclusion chromatography coupled with multi-angle laser light scattering  
XU Yuan, YANG Yanli, ZOU Xingqi, LI Cui, ZHU Yuanyuan, QIN Yixian, LI Yan, SHENG Yanan, LIU Yebing, PENG Guorui, XU Xiaoi, ZHANG Songping, ZHAO Qizu
- 2959** Cloning and expression characteristic analysis of goat *ST13* gene  
WANG Ruilong, LI Yanyan, LIN Yaqui, CHEN Dingshuang, SHENG Xueqing, ZHAO Nan, LIU Wei

## Agricultural Biotechnology

- 2974** Genome-wide identification and analysis of the *TCP* gene family in eggplant (*Solanum melongena* L.)  
YANG Ting, LI Cheng, SHEN Jiayu, ZHUANG Binxian, WEN Yongxian
- 2989** Analysis of the salt-stress responsive element of the promoter of peanut small GTP binding protein gene *AhRabG3f*  
DU Guoning, XIANG Jie, LIN Shunyu, KONG Xiangyuan, WU Xiuling, GUAN Xuedong, ZHU Hong, WANG Jingshan, QIAO Lixian, SUI Jiongming, ZHAO Chunmei
- 2999** Characteristics of the chloroplast genome of *Isopyrum anemonoides*  
TURDI Rayhangul, MU Lihong, TIAN Xinmin
- 3014** Cloning and functional characterization of a lysophosphatidic acid acyltransferase gene from *Perilla frutescens*  
ZHOU Yali, HUANG Xusheng, HAO Yueru, CAI Guiping, SHI Xianfei, LI Runzhi, WANG Jiping
- 3029** Expression of *Brassica juncea* *BjuWRKY75* and its interactions with flowering integrator *BjuFT*  
FENG Junjie, WANG Yuanda, DENG Qinlin, ZHAI Haitao, YE Xu, WEI Dayong, WANG Zhimin, TANG Qinglin

## Methods in Biotechnology

- 3041** Purification of influenza C virus polymerase based on huANP32A protein and efficient preparation of monoclonal antibody targeting PB2 protein  
QU Yuxing, GUO Xing, HAN Jiaqi, ZHANG Zhenyu, WANG Xiaojun
- 3049** Hi-Meth: a platform for high-throughput detection of site-specific DNA methylation  
LI Huiying, LIU Qing, GUO Min, WANG Kejian, YAN Changjie, WANG Chun
- 3062** Construction of *VcrV*-deleted mutant of *Vibrio alginolyticus* and its biological characteristics  
PENG Xinliang, JIAN Jichang, DING Yu
- 3076** *Mstn* knockdown promotes intramuscular fatty acid metabolism by  $\beta$  oxidation via the up-regulation of *Cpt1b*  
GUO Yanan, YANG Ruyan, ZHANG Zhiyu, BAO Dulan, SUN Ying, YANG Lei, LI Guangpeng, GAO Li

## Education

- 3090** Exploration and practice of the teaching system for "Human and Animal Physiology" in post pandemic era  
LU Hongzhao, CHENG Jia, MA Haidong, WANG Yangke, DANG Lihong, ZHANG Tao
- 3099** Reform and reflection of teaching microbiology in English  
LUO Yuanchan, ZHANG Xiaoyan, WANG Qiyao, HUANG Jiaofang, HU Fengxian, GAO Shuhong, YE Ruifang, ZUO Peng, ZHUANG Yingping, WU Hui