

# 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)

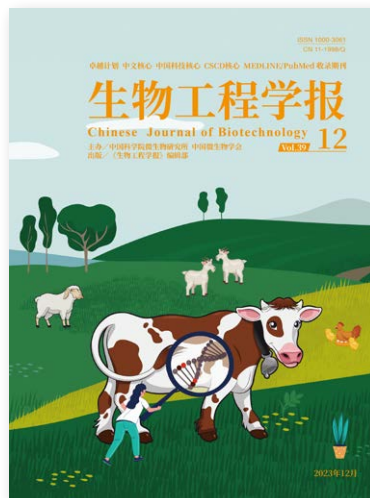
**编辑部** / 电话: 010-64807509  
E-mail: cjb@im.ac.cn  
**出版部** / 电话: 010-64806142  
E-mail: chuban@im.ac.cn  
**编 务** / 电话: 010-64807327  
E-mail: bianwu@im.ac.cn  
**广告部** / 电话: 010-64807336  
E-mail: gg@im.ac.cn  
**发行部** / 电话: 010-64807336  
E-mail: bjb@im.ac.cn  
**新媒体部** / 电话: 010-64807144  
E-mail: 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12期(卷终)(总第300期)

2023年12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](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)

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

**Distributed by** / Beijing Bureau for Distribution of

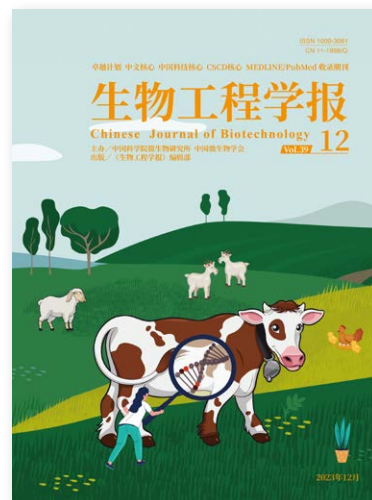
Newspapers and Journals

**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. 12 (The End)

25 December 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](mailto:cjb@im.ac.cn)).



## 4751 导读

## 综述

## 4759 细胞免疫应答评价方法的研究进展

陆战豪, 罗瑞, 王涛, 钟代浪, 仇华吉, 孙元

## 4773 猪肺炎支原体感染诱导的固有免疫应答研究进展

赖加翠, 何佳蔚, 丁红雷

## 动物及兽医生物技术

4784 CHO细胞表达重组猪干扰素- $\gamma$ 及其抗病毒活性

王凌云, 郝荣增, 杨洋, 李亚军, 卢炳州, 毛玉涵, 张越, 龚真莉, 刘艳红, 齐萌, 茹毅, 郑海学

## 4796 非洲猪瘟病毒I226R蛋白抑制cGAS-STING通路介导的天然免疫应答

李亚波, 姜慧聪, 赵雨娜, 范文辉, 焦鹏涛, 孙蕾, 罗廷荣, 刘文军

## 4809 猪繁殖与呼吸综合征病毒GP5和M蛋白的真核表达及免疫原性评价

姜慧聪, 林润山, 李亚波, 赵雨娜, 焦鹏涛, 罗廷荣, 刘文军

## 4824 猪流行性腹泻病毒非结构蛋白nsp9互作宿主蛋白对病毒复制的影响

施朱桂, 吴佳瑜, 朱雅, 周继勇, 胡伯里

## 4837 不同粒径口蹄疫病毒样颗粒-ZIF-8复合物诱导小鼠的体液免疫效果分析

李家俊, 王俊, 张韵, 滕志东, 董虎, 郭慧琛, 孙世琪

## 4849 口蹄疫病毒样颗粒诱导表达型载体的构建及其BHK-21细胞池的筛获

谭书桢, 董虎, 孙世琪, 郭慧琛

4861 牛病毒性腹泻病毒E<sup>ms</sup>蛋白的中华仓鼠卵巢细胞表达及免疫原性分析

李亚军, 茹毅, 郝荣增, 秦晓东, 卢炳州, 杨洋, 刘华南, 张越, 龚真莉, 刘艳红, 余四九, 郑海学

## 4874 基于可见光测定的山羊支原体山羊肺炎亚种抗原定量

葛家振, 高鹏程, 田彤彤, 吴晓妮, 李倩倩, 田可昕, 宋国栋, 郑福英, 储岳峰

- 4887 miR-23b-3p通过靶向*PDE4B*基因调控山羊肌内前体脂肪细胞的分化  
张力懿, 李鑫, 许晴, 黄心竹, 李艳艳, 刘伟, 王友利, 林亚秋
- 4901 *BLOC1S1*促进山羊精原干细胞增殖  
万仕成, 张梦菲, 陈文博, 韩苗, 杨栋慧, 王聪亮, 吴文萍, 王瑜琪, 李娜, 朱海鲸, Ahmed Hamed Arisha, 华进联
- 4915 基于N蛋白单克隆抗体的小反刍兽疫病毒抗体检测胶体金试纸条的研制  
董帅, 孟卫芹, 莫玲, 陈金龙, 石竞楠, 杨哲, 李通, 徐倩倩, 沈志强, 刘建钊, 王金良
- 4927 不同碳源诱导下牦牛瘤胃厌氧真菌*Orpinomyces* sp. YF3的产酶机制  
杜雪儿, 周琳琳, 张帆, 李永, 赵聪聪, 王腊梅, 姚军虎, 曹阳春
- 4939 牛源致病性蜡样芽孢杆菌溶血素BL亚基的原核表达及其生物学活性分析  
陈云娇, 何云江, 孟庆磊, 刘志林, 张鑫, 贾泽林, 崔佳宇, 王学理
- 4950 家蚕蜕皮液羧肽酶A的表征及免疫荧光定位分析  
张育浩, 程悦静, 杨领振, 王清浪, 龚竞, 侯勇

## 农业生物技术

- 4965 苹果*PDHB-1*基因家族的鉴定与表达分析  
杨菁华, 高举, 李文芳, 刘骥, 霍嘉兴, 任振硕, 李龙, 陈佰鸿, 毛娟, 马宗桓
- 4982 家蚕*BmAKR*基因家族的鉴定及在蚕卵中的表达分析  
龚竞, 张伟, 王清浪, 朱子健, 庞家欣, 侯勇
- 4996 昆虫*TMED*基因进化及家蚕*TMED*基因表达模式分析  
王春阳, 郭雨, 李海银, 陈萍

## 高校生物学教学

- 5014 “一流本科教育”背景下生物制药混合式教学模式的改革探索  
蔡文涛, 雷骏雨, 董衍明, 梁继超, 赵晶, 李路军, 陈勇

4751 Briefing and introduction

## Reviews

4759 Advances in methodologies for evaluating cell-mediated immune responses

LU Zhanhao, LUO Rui, WANG Tao, ZHONG Dailang, QIU Hua-Ji, SUN Yuan

4773 Advances in innate immune responses induced by *Mycoplasma hyopneumoniae* infection

LAI Jiacui, HE Jiawei, DING Honglei

## Animal and Veterinary Biotechnology

4784 Recombinant porcine interferon-gamma expressed in CHO cells and its antiviral activity

WANG Lingyun, HAO Rongzeng, YANG Yang, LI Yajun, LU Bingzhou, MAO Yuhan, ZHANG Yue, GONG Zhenli, LIU Yanhong, QI Meng, RU Yi, ZHENG Haixue

4796 The I226R protein of African swine fever virus inhibits the cGAS-STING-mediated innate immune response

LI Yabo, LOU Huicong, ZHAO Yuna, FAN Wenhui, JIAO Pengtao, SUN Lei, LUO Tingrong, LIU Wenjun

4809 Eukaryotic expression of GP5 and M protein of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and immunogenicity evaluation

LOU Huicong, LIN Runshan, LI Yabo, ZHAO Yuna, JIAO Pengtao, LUO Tingrong, LIU Wenjun

4824 Effects of host proteins interacting with non-structural protein nsp9 of porcine epidemic diarrhea virus on viral replication

SHI Zhugui, WU Jiayu, ZHU Ya, ZHOU Jiyong, HU Boli

4837 Evaluation of the humoral immunity in mice induced by foot-and-mouth disease virus-like particles-ZIF-8 complexes with different sizes

LI Jiajun, WANG Jun, ZHANG Yun, TENG Zhidong, DONG Hu, GUO Huichen, SUN Shiqi

4849 Construction of foot-and-mouth disease virus like particles- induced expression vectors and screening of BHK-21 cell pools

TAN Shuzhen, DONG Hu, SUN Shiqi, GUO Huichen

4861 Bovine viral diarrhea virus E<sup>ms</sup> protein expressed in Chinese hamster ovary cells and its immunogenicity analysis

LI Yajun, RU Yi, HAO Rongzeng, QIN Xiaodong, LU Bingzhou, YANG Yang, LIU Huanan, ZHANG Yue, GONG Zhenli, LIU Yanhong, YU Sijiu, ZHENG Haixue

4874 Quantification of antigen of *Mycoplasma capricolum* subsp. *capripneumoniae* by optical assay

GE Jiazhen, GAO Pengcheng, TIAN Tongtong, WU Xiaoni, LI Qianqian, TIAN Kexin, SONG Guodong, ZHENG Fuying, CHU Yuefeng

**4887** miR-23b-3p regulates the differentiation of goat intramuscular preadipocytes by targeting the *PDE4B* gene

ZHANG Liyi, LI Xin, XU Qing, HUANG Xinzhu, LI Yanyan, LIU Wei, WANG Youli, LIN Yaqui

**4901** *BLOC1S1* promotes proliferation of goat spermatogonial stem cells

WAN Shicheng, ZHANG Mengfei, CHEN Wenbo, HAN Miao, YANG Donghui, WANG Congliang, WU Wenping, WANG Yuqi, LI Na, ZHU Haijing, Ahmed Hamed Arisha, HUA Jinlian

**4915** Preparation of colloidal gold test strips for the detection of antibodies to peste des petits ruminants based on monoclonal antibodies to N protein

DONG Shuai, MENG Weiqin, MO Ling, CHEN Jinlong, SHI Jingnan, YANG Zhe, LI Tong, XU Qianqian, SHEN Zhiqiang, LIU Jianchai, WANG Jinliang

**4927** Enzyme production mechanism of anaerobic fungus *Orpinomyces* sp. YF3 in yak rumen induced by different carbon source

DU Xue'er, ZHOU Linlin, ZHANG Fan, LI Yong, ZHAO Congcong, WANG Lamei, YAO Junhu, CAO Yangchun

**4939** Prokaryotic expression and biological activities of the hemolysin BL subunit of a pathogenic *Bacillus cereus* of cattle origin

CHEN Yunjiao, HE Yunjiang, MENG Qinglei, LIU Zhilin, ZHANG Xin, JIA Zelin, CUI Jiayu, WANG Xueli

**4950** Characterization and immunofluorescence localization analysis of carboxypeptidase A in molt fluid of silkworm

ZHANG Yuhao, CHENG Yuejing, YANG Lingzhen, WANG Qinglang, GONG Jing, HOU Yong

## Agricultural Biotechnology

**4965** Identification and expression analysis of apple *PDHB-1* gene family

YANG Jinghua, GAO Ju, LI Wenfang, LIU Ji, HUO Jiaying, REN Zhenshuo, LI Long, CHEN Baihong, MAO Juan, MA Zonghuan

**4982** Genome-wide identification of the *BmAkr* gene family in the silkworm (*Bombyx mori*) and their expression analysis in diapause eggs and nondiapause eggs

GONG Jing, ZHANG Wei, WANG Qinglang, ZHU Zijian, PANG Jiabin, HOU Yong

**4996** Analyzing the evolution of insect *TMED* gene and the expression pattern of silkworm *TMED* gene

WANG Chunyang, GUO Yu, LI Haiyin, CHEN Ping

## Education

**5014** Reform and exploration of biopharmaceutics blended teaching in the context of "first-class undergraduate education"

CAI Wentao, LEI Junyu, DONG Yanming, LIANG Jichao, ZHAO Jing, LI Lujun, CHEN Yong