

我国农业微生物资源库建设与运行的几点思考

全拓¹, 彭楠^{2,3,4}, 彭东海^{2,3,4}, 孙明^{2,3,4}, 郑金水^{2,3,4*}

1 华中农业大学, 科学技术发展研究院, 湖北 武汉

2 华中农业大学, 国家肥料微生物种质资源库(湖北), 湖北 武汉

3 华中农业大学, 微生物农药国家工程研究中心, 湖北 武汉

4 华中农业大学, 农业微生物资源发掘与利用全国重点实验室, 湖北 武汉

全拓, 彭楠, 彭东海, 孙明, 郑金水. 我国农业微生物资源库建设与运行的几点思考[J]. 微生物学报, 2025, 65(4): 1684-1694.

QUAN Tuo, PENG Nan, PENG Donghai, SUN Ming, ZHENG Jinshui. Suggestions on the construction and operation of agricultural microbial resource repositories in China[J]. *Acta Microbiologica Sinica*, 2025, 65(4): 1684-1694.

摘 要: 农业微生物资源的保藏和开发利用是实现我国农业绿色发展的重要保障。然而, 目前我国农业微生物资源面临总量不足、表征数据匮乏、保藏通量较低、开发力度较浅以及共享效率不高的问题。建设并运行好新型农业微生物资源库, 可为新型微生物农用产品的创制提供优质资源, 并为农业微生物资源的高水平共享提供有力保障。本文在总结传统微生物资源库建设与运行经验的基础上, 结合新时期科学发展的态势, 提出新型农业微生物资源库建设与运行的几点思考, 供广大资源库建设者和管理者参考。

关键词: 农业微生物资源; 资源库建设与运行; 开放共享

资助项目: 湖北省科技创新人才及服务专项软科学研究项目(2022EDA089); 湖北省教育厅科学研究计划(B2022275); 华中农业大学科技管理研究项目(202306)

This work was supported by the Hubei Science and Technology Innovation Talent and Services Special Soft Science Research Project (2022EDA089), the Scientific Research Program of Education Department of Hubei Province (B2022275), and the Science and Technology Management Research Project of Huazhong Agricultural University (202306).

*Corresponding author. E-mail: jszheng@mail.hzau.edu.cn

Received: 2024-12-13; Accepted: 2025-02-24; Published online: 2025-03-07

Suggestions on the construction and operation of agricultural microbial resource repositories in China

QUAN Tuo¹, PENG Nan^{2,3,4}, PENG Donghai^{2,3,4}, SUN Ming^{2,3,4}, ZHENG Jinshui^{2,3,4*}

1 Academy of Science and Technology Development, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei, China

2 National Collection of Microbial Resource for Fertilizer (Hubei), Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei, China

3 National Engineering Research Center of Microbial Pesticides, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei, China

4 National Key Laboratory of Agricultural Microbiology, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei, China

Abstract: The preservation and utilization of agricultural microbial resources are essential for achieving green and sustainable agricultural development in China. However, the current state of agricultural microbial resources in China is characterized by a limited total volume, insufficient characterization data, low preservation throughput, poor development, and low sharing efficiency. Establishing and operating advanced agricultural microbial resource repositories can provide high-quality resources for the development of innovative microbial agricultural products and ensure robust sharing of agricultural microbial resources. Based on the construction and operation experience of conventional microbial resource repositories and considering the trends of scientific development in the new era, this paper proposes several insights into the construction and operation of new agricultural microbial resource repositories as a reference for resource repository developers and managers.

Keywords: agricultural microbial resource; construction and operation of resource repositories; opening and sharing

农业微生物是指与农业生产、农产品加工、农业生态环境保护等相关的应用微生物, 其产业涵盖微生物农药、微生物肥料、微生物兽药、微生物饲料、微生物环境修复剂、食用菌等多种形式^[1]。我国农业生产面临效益低下、食品安全问题突出和环境污染严重等挑战, 农业微生物的开发与利用对解决这些问题至关重要^[2]。开发与利用高效微生物肥料和农药, 可显著减少化肥和化学农药的使用, 推动农业绿色发展。开发和利用微生物兽药、益生菌和抗菌肽等微生物产品, 可提高饲料转化率, 促进畜禽健康, 显著缓解“人畜争粮”的矛盾, 保障食品安全。

同时, 微生物产品在修复重金属污染土壤、实现废弃物资源化方面 also 具有重要价值^[3-4]。此外, 微生物蛋白还可直接食用或作为饲料添加, 是重要的替代蛋白^[5]。因此, 农业微生物的开发与利用对于保障国家粮食安全、推动农业绿色发展、实现农业环境保护和污染修复、为农业产业提供替代蛋白和新资源等方面至关重要, 而作为农业微生物产业的源头, 农业微生物资源的战略价值非常重要。

虽然我国自然微生物资源丰富, 但开发和利用尚不足^[3]。我国是最大的微生物菌种资源进口国, 许多高性能种质主要依赖进口。例如:

我国广泛种植的双孢蘑菇(*Agaricus bisporus*)品种有 87% 被美国控制^[6]；我国益生菌核心菌种自主率不足 10%^[7]。此外，我国尚未进行全国范围内的农业微生物资源多样性调查，对资源的总量与多样性缺乏系统的评估^[3]；对农业微生物种质和基因资源的开发利用能力不足，导致从资源到产品的转化效率低下。例如，我国的专利菌株发放率仅为 3.3%，远低于世界先进水平^[3]。这些问题严重制约了我国农业微生物产业的发展，使得我国农业微生物核心种质和关键技术存在落后于人、受制于人的重大风险。

“向植物、动物、微生物要热量和蛋白”的提出，为农业绿色发展和结构调整指明了方向。农业微生物资源已被提升至国家重大战略资源体系，农业微生物重大新品种创制列入国家急需的科技前沿攻关领域。一系列的政策举措强调了农业微生物在推动农业绿色发展、保障国家粮食安全中的关键作用，为农业微生物资源的开发与利用提供了强有力的政策支持。

1 我国农业微生物资源库建设运行现状

1.1 我国农业微生物资源库概况

农业微生物种质资源库作为农业微生物资源的专业保护与利用机构，可为农业微生物资源的开发利用提供源头资源，是农业微生物产业链的核心环节。正是在这一背景下，农业农村部在全国范围内，依托农业微生物研究优势单位，先后启动了两批国家级农业微生物种质资源库建设^[8-9]。截至 2024 年底，已经初步确定了 27 个不同类型的种质资源库^[8-9]，包括依托于中国农业科学院农业资源与农业区划研究所建设的 1 个长期库——国家农业微生物种质资源库，以及 26 个专业种质资源库，涵盖肥

料微生物、植保微生物、饲料微生物和食用菌等，初步建立了我国农业微生物种质资源保护体系(表 1)。与此同时，2024 年 7 月，教育部正式批复由华中农业大学负责建设农业微生物资源库。

1.2 我国农业微生物资源库建设与运行中存在的问题

世界上运行较好的微生物种质资源库中在资源总量、开放共享和信息化管理方面均表现突出。例如，美国农业研究菌种保藏中心(Northern Regional Research Laboratory, NRRL)保藏的农业微生物资源总量超过 10 万株^[10]，荷兰微生物菌种保藏中心(Centraalbureau voor Schimmelcultures, CBS)的保藏量达 13 万株，其中真菌超过 10 万株^[11]。在开放共享方面，美国典型培养物保藏中心(The American Type Culture Collection, ATCC)在全球 150 个国家建立了分支机构，共享菌种发表论文超过 160 万篇^[12]；德国微生物和细胞培养物保藏中心(Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, DMSZ)为全球 80 多个国家的 10 000 多位科研人员提供过共享服务，相关专利超过 20 000 份^[13]。在信息化管理方面，欧美发达国家已实现种质资源的数字化和网络化管理，构建了完善的信息化系统和在线平台，用户可便捷获取资源并促进国际交流^[11-13]。我国农业微生物种质资源库在微生物资源的收集、保护与利用方面一直发挥着至关重要的作用，极大地推动了我国农业微生物的教学、科研和产业化发展。在国家政策的大力支持下，经过新一轮建设，我国已初步形成了以 1 个长期库和多个专业库为代表的农业微生物资源保护和利用体系。然而，在实际的建设运行过程中，仍存在问题，极大地影响了资源库的可持续运行。首先，农业微生物资源的挖掘利用能力较弱，

表1 国家级农业微生物种质资源库名单

Table 1 List of national collection of microbial resources of China

Number	Collection name	Construction supporting institution
1	国家农业微生物种质资源库 National Collection of Microbial Resource	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 The Institute of Agricultural Resources and Regional Planning of Chinese Academy of Agricultural Sciences
2	国家食用菌种质资源库(吉林) National Collection of Edible Fungi (Jilin)	吉林农业大学 Jilin Agricultural University
3	国家食用菌种质资源库(上海) National Collection of Edible Fungi (Shanghai)	上海市农业科学院 Shanghai Academy of Agricultural Sciences
4	国家食用菌种质资源库(贵州) National Collection of Edible Fungi (Guizhou)	贵州省农业科学院 Guizhou Academy of Agricultural Sciences
5	国家食用菌种质资源库(云南) National Collection of Edible Fungi (Yunnan)	云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所 Biotechnology and Germplasm Resources Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences
6	国家肥料微生物种质资源库(湖北) National Collection of Microbial Resource for Fertilizer (Hubei)	华中农业大学 Huazhong Agricultural University
7	国家肥料微生物种质资源库(海南) National Collection of Microbial Resource for Fertilizer (Hainan)	中国热带农业科学院环境与植物保护研究所 Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences
8	国家饲料微生物种质资源库(北京) National Collection of Microbial Resource for Feed (Beijing)	中国农业科学院北京畜牧兽医研究所 Institute of Animal Science of Chinese Academy of Agricultural Sciences
9	国家饲料微生物种质资源库(内蒙古) National Collection of Microbial Resource for Feed (Inner Mongolia)	内蒙古农业大学 Inner Mongolia Agricultural University
10	国家植保微生物种质资源库(河北) National Collection of Microbial Resource for Plant Protection (Hebei)	河北省农林科学院植物保护研究所 Plant Protection Institute, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences
11	国家植保微生物种质资源库(湖北) National Collection of Microbial Resource for Plant Protection (Hubei)	湖北省农业科学院 Hubei Academy of Agricultural Sciences
12	国家植保微生物种质资源库(山东) National Collection of Microbial Resource for Plant Protection (Shandong)	山东农业大学 Shandong Agricultural University
13	国家植保微生物种质资源库(安徽) National Collection of Microbial Resource for Plant Protection (Anhui)	安徽农业大学 Anhui Agricultural University

(待续)

(续表 1)

Number	Collection name	Construction supporting institution
14	国家农业环境微生物种质资源库(广东) National Collection of Microbial Resource for Agricultural Environment (Guangdong)	广东省农业科学院农业资源与环境研究所 Institute of Agricultural Resources and Environment, Guangdong Academy of Agricultural Sciences
15	国家农业环境微生物种质资源库(四川) National Collection of Microbial Resource for Agricultural Environment (Sichuan)	农业农村部沼气科学研究所 Biogas Institute of Ministry of Agriculture and Rural Affairs
16	国家农业环境微生物种质资源库(广西) National Collection of Microbial Resource for Agricultural Environment (Guangxi)	广西壮族自治区农业科学院 Guangxi Academy of Agricultural Sciences
17	国家农业环境微生物种质资源库(山东) National Collection of Microbial Resource for Agricultural Environment (Shandong)	中国农业科学院烟草研究所 Tobacco Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences
18	国家畜禽水产微生物种质资源库(北京) National Collection of Microbial Resource for Animal Husbandry and Aquaculture (Beijing)	中国农业科学院饲料研究所 Institute of Feed Research of Chinese Academy of Agricultural Sciences
19	国家农业专利与模式微生物种质资源库(广东) National Collection of Microbial Resource for Agricultural Patent and Type species (Guangdong)	广东省科学院微生物研究所 Institute of Microbiology, Guangdong Academy of Sciences
20	国家食用菌种质资源库(黑龙江) National Collection of Edible Fungi (Heilongjiang)	黑龙江省科学院微生物研究所 Institute of Microbiology, Heilongjiang Academy of Sciences
21	国家食用菌种质资源库(福建) National Collection of Edible Fungi (Fujian)	福建省农业科学院食用菌研究所 Institute of Edible Fungi, Fujian Academy of Agricultural Sciences
22	国家肥料微生物种质资源库(陕西) National Collection of Microbial Resource for Fertilizer (Shaanxi)	西北农林科技大学 Northwest A&F University
23	国家肥料微生物种质资源库(天津) National Collection of Microbial Resource for Fertilizer (Tianjin)	天津农学院 Tianjin Agricultural University
24	国家植保微生物种质资源库(北京) National Collection of Microbial Resource for Plant Protection (Beijing)	北京市农林科学院 Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences
25	国家植保微生物种质资源库(湖南) National Collection of Microbial Resource for Plant Protection (Hunan)	湖南省微生物研究院、湖南省农业科学院植物保护研究所 Hunan Institute of Microbiology; Institute of Plant Protection, Hunan Academy of Agricultural Sciences
26	国家农业环境微生物种质资源库(辽宁) National Collection of Microbial Resource for Agricultural Environment (Liaoning)	沈阳农业大学 Shenyang Agricultural University
27	国家农业环境微生物种质资源库(江苏) National Collection of Microbial Resource for Agricultural Environment (Jiangsu)	南京农业大学 Nanjing Agricultural University

传统农业微生物种质资源库功能较为单一, 以保藏为主, 从资源保藏到开发的全链条路径不够畅通, 作为农业微生物产业发展基石的核心地位未能充分体现^[14]。其次, 资源库的自我造血能力不足, 运行经费主要依赖政府拨款, 以及实体资源共享和微生物鉴定等技术服务费用, 导致部分资源库因经费不足而运行困难。第三, 与国际大型资源库相比, 我国农业微生物资源保藏较为分散, 种质资源分布在多个规模较小的保藏中心, 超过 50% 的微生物资源分散存放在保藏条件和水平参差不齐的科研院所和高校^[3]。第四, 我国资源库的主动共享意愿不强, 共享程度不足, 农业微生物共享水平远远落后于 ATCC、DMSZ 等国际大型微生物资源库^[12-13]。最后, 我国资源库信息管理系统建设尚不完善, 信息化水平较低, 影响了资源的保存和利用效率。例如, 农业农村部新批复的 27 个种质资源库中, 大部分甚至尚无官方网站。

2 我国农业微生物资源库建设与运行的几点思考

基于上述问题和农业微生物资源的具体特征, 针对我国农业微生物核心种源不足、表征数据不全、开发利用效率不高、开放共享水平较低等问题, 我们提出以下几点思考(图 1), 供广大农业微生物资源库建设与运行者参考。

2.1 深耕源头资源发掘和利用, 强化资源库开发能力

2.1.1 提升资源的发掘能力, 确保源头资源自主可控

建立农业微生物资源发掘平台, 开发基于微流控技术^[15]、流式细胞仪^[16]和高通量测序等技术的高通量资源发掘技术, 实现农业微生物有益资源的高通量分离、培养与表征, 建立大型农业微生物实体资源库。针对农业生态系统的特点, 重点发掘具有潜力的功能性微生物资

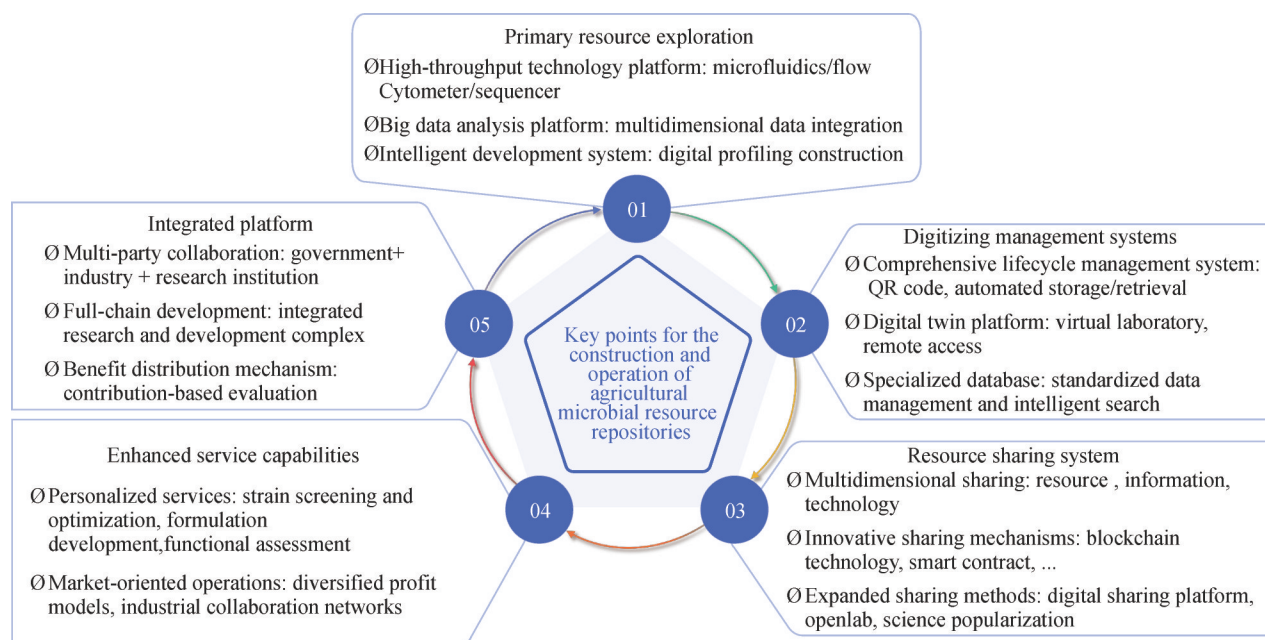


图1 我国农业微生物资源库建设与运行要点框架图

Figure 1 Key framework diagram for the construction and operation agricultural microbial resource repository in China.

源, 尤其是能够在农业生态系统中发挥重要作用的资源, 如抗病、杀虫、促进植物生长、环境修复和防控动物疫病等功能的微生物。通过技术创新和精准筛选, 优先发现适应性强、抗逆性高的优质微生物资源, 从而确保源头资源的自主可控与可持续利用。

2.1.2 强化农业微生物大数据分析, 支撑信息资源深度挖掘

建立农业微生物大数据平台, 整合基因组数据、表型数据和环境信息组数据等多维数据, 通过数据标签化和标准化处理, 打破数据壁垒, 实现不同科研机构、产业界和资源库之间的数据互通与共享。借助大数据分析工具, 推动资源的深度挖掘和多模态数据分析, 支撑资源的开发与利用。通过建立数据驱动的决策支持机制, 为微生物资源的商业化应用、优质菌种的筛选与应用提供科学依据和预测模型。

2.1.3 实现农业微生物智能化分析, 支持资源的高效率开发与利用

建立农业微生物智能化表征平台, 融合高通量实验测试数据与组学数据, 通过大数据和人工智能技术, 自动化评估微生物资源的功能特性与应用潜力。具体内容包括: 建立功能特性表征系统, 对微生物的代谢物、功能基因和生理指标等进行高通量测定, 形成微生物资源的“数字画像”; 同时, 利用人工智能分析技术进行资源智能化评价, 筛选出具有科研潜力和商业化价值的菌株; 此外, 构建智能化筛选与合成生物学平台, 助力高价值菌株的快速筛选与改造, 提升资源的开发效率。

2.2 建设信息化管理系统, 推动资源库的高效率管理

2.2.1 加强全生命周期管理, 提升资源存储与提取效率

信息化是生物资源库运行与管理的核心支

撑^[17]。将每个农业微生物实体资源的关键信息转化为数字信息存储在信息资源库中, 并结合二维码技术, 确保资源从发掘、表征、评价到应用全过程的信息追溯。建立实时动态监控系统, 实现资源库运行状态的实时监控, 并借助自动化存取设备, 实现资源的自动化管理, 提高资源存储和提取效率。这不仅可以降低人工干预的风险, 还能确保资源管理的高效性和透明度。

2.2.2 构建数字孪生平台, 突破空间限制以提升利用率

数字孪生平台是通过数字化技术将物理世界中的实体或系统以虚拟模型的形式在计算机中重现, 并通过实时数据流与物理实体相连接, 从而实现对实体或系统的监控、分析、优化和预测。该技术已在多个行业广泛应用, 其理念和方法也可引入农业微生物资源库的管理^[18]。在资源库的运行与管理中, 建立数字孪生平台, 提供直观的图形界面, 将微生物资源的运行状态、分布情况等数据进行可视化, 使管理者能够快速了解资源使用情况, 提高运行管理水平。基于数字孪生平台, 可建立虚拟实验室, 使科研人员可以在线设计实验或进行模拟分析, 在线查看实验结果, 从而大大缩短实验周期, 提高实验的准确性和效率。此外, 还可实现远程访问与申请, 用户可通过在线平台实时查询资源、提交申请并获得数字化菌种信息或序列文件。这不仅提高了资源的获取效率, 减少了物理接触和时间成本, 还能为科研人员提供更加便捷和精确的数据支持, 推动资源共享与科研协作的便捷化。同时, 数字孪生平台还可用于在线教育与科研共享, 通过虚拟平台提供资源库的教育培训服务, 提升资源库的影响力和公众认知。

2.2.3 建立专业数据库, 确保数据安全和利用效率

农业微生物资源库的数据库建设重点关注

数据的标准化、标签化和安全管理, 以确保数据的高效利用与共享。主要措施包括: 实施统一的数据标准和标签化管理, 确保不同来源的数据格式一致、分类清晰, 避免数据孤岛现象, 促进跨平台的数据互联互通; 采用严格的安全措施, 包括数据备份、加密、访问控制和完整性校验, 保障数据的安全性和完整性; 通过智能搜索、数据挖掘和高效查询系统, 提高数据库的利用效率, 推动科研与产业应用的发展。

2.3 创新共享理念、机制与方式, 实现资源库的高效共享

2.3.1 升级共享理念, 推动从封闭管理到开放合作

转变理念, 建立开放、合作、共赢的资源共享体系, 推动资源的高水平共享。首先, 实现从“资源占有”到“资源共享”的观念转变, 鼓励资源的使用权流转, 打破研究机构间的资源壁垒。资源保有者不再以占有资源为目的, 而是通过共享促进资源的价值实现。其次, 推动全球化合作共享, 面向全球科研机构、企业和政府, 鼓励跨国合作。通过加入国际微生物资源共享网络, 实现全球范围内农业微生物资源的共建共享, 提升国际竞争力。最后, 多维度拓展共享, 从单一微生物实体资源共享扩展到实体共享、信息共享、技术共享等多维度共享, 推动资源发掘与利用过程中一系列卡点问题的系统性解决。

2.3.2 优化共享机制, 构建透明、规范、高效的共享制度

优化共享机制是落实共享理念的关键, 通过制度化的保障和创新机制的设计, 实现资源高效流通和价值释放。首先, 成立由政府、科研机构、企业等多方代表组成的共享委员会,

统筹资源共享的政策制定、评估、调解与监督。其次, 明确资源的共享优先级、授权方式、费用标准等。对资源的商业开发实行有偿共享, 设立价格机制, 以促进资源的高效利用。允许资源提供方依据资源开发的最终收益获取分成, 增强资源共享的积极性。最后, 运用区块链技术, 为每一笔微生物资源的提供、共享和使用创建不可篡改的数字记录, 包括资源的来源、流转路径、使用者、使用情况等, 确保资源共享的透明性与可追溯性; 对资源使用的授权方式进行智能合约管理, 确保资源提供者的权益得到保护, 减少人为干预, 降低管理成本。

2.3.3 推动共享方式多样化, 构建多维度的资源共享网络

通过设计多样化的共享方式以满足不同用户的需求, 包括平台共享、服务共享和教育共享等。首先, 建立用户友好的数字化共享平台, 用户可以通过网络实时检索资源信息, 并提供在线分析工具, 降低信息资源的使用门槛。其次, 建立共享研发实验室, 面向中小企业和初创团队开放共享实验室和检测设备, 提供微生物筛选、表征、功能验证等服务, 降低研发成本。最后, 利用共享平台发布微生物资源管理、开发和利用的在线教育内容, 定期举办网络研讨会和技术培训班。建立开放日活动或虚拟资源库展示, 向公众普及农业微生物资源的价值和共享理念, 提高社会认知。

2.3.4 加强知识产权保护, 保障各方利益

制定完善的知识产权管理法规, 确保在微生物资源共享的同时, 各方的合法权益能够得到保障。通过建立健全的知识产权保护机制, 明确资源的产权归属、授权方式及使用范围, 防止不当使用和侵权行为的发生。同时, 在资

源共享的协议中, 设立相关条款以保障技术开发方、资源提供方的利益, 确保技术转化和资源应用的合法性与公平性, 避免资源流转过程中出现法律纠纷。

2.4 提升个性化评价和开发服务能力, 强化自我造血能力

2.4.1 革新工作理念, 提升开发与服务能力

根据不同行业的需求, 提供精准的个性化服务, 涵盖微生物菌株筛选、功能表征、制剂开发等多个环节, 推动资源库从单纯的保存管理机构向服务型平台转变。通过多组学测序与分析、微生物大数据分析等技术平台, 对菌株功能特性和应用潜力进行全面评估。同时, 提供高效的菌株性能优化服务, 利用基因编辑、驯化等技术提升菌株功能性, 并开发工艺成熟的微生物制剂。

2.4.2 打造市场化服务模式, 强化自我造血能力

以市场化服务为核心, 建立多元化的盈利模式, 逐步摆脱对外部资金的依赖, 实现可持续发展。制定标准化服务收费方案, 明确菌株筛选、功能表征、制剂开发等各类服务的价格, 并根据企业需求提供定制化服务。拓展盈利渠道, 如专利授权与技术转让、标准化产品销售、数据库共享订阅服务等。此外, 通过举办行业技术推广活动提升资源库的知名度, 建立客户长期服务平台, 提供持续的技术支持, 形成稳定的合作关系网络。

2.5 搭建资源开发利用综合平台, 多方力量合作共建资源库

2.5.1 构建多层次合作网络, 实现从资源到产品的全链贯通

多方协同, 打破传统单一单位运营模式, 通过多平台、多方力量合作, 实现农业微生物

资源的高效开发与共享。推动资源库与全国重点实验室、国家工程(技术)研究中心、国家技术创新中心、农业技术推广中心、相关企业等联合, 建设研发综合体, 联合开发微生物肥料、饲料添加剂等高附加值产品, 解决技术“从研究到应用”的断层问题, 缩短从研发到生产的转化周期。地方政府和农业部门可在资源库建设中提供政策和资金支持, 推动重点资源平台落地; 社会资本则可通过风险投资、基金等方式参与技术孵化和企业培育, 加速资源开发的市场化进程。

2.5.2 推动合作模式向纵深发展, 推动资源的高效开发与应用

通过多种合作模式集聚力量, 实现农业微生物资源的高效开发与应用。(1) 建立“资源库+重点实验室+企业”的联合实验室模式, 构建一体化开发与应用机制; (2) 推广区域集群合作模式, 整合地方资源库、实验站与企业基地, 形成区域微生物资源开发集群, 通过多区域协作集聚研发力量, 提升技术创新能力; (3) 发起农业微生物产业联盟, 吸纳资源库、企业及科研院所等成员, 制定行业标准, 分享成功经验, 推动农业微生物产业链协同发展。

2.5.3 完善合作机制与利益分配机制, 保障合作共享顺利进行

通过制定资源共享协议, 明确合作方之间的资源使用规则, 防止利益纠纷。参与资源库建设的单位可通过会员制、优先使用权等方式获得资源使用与开发权限, 同时对外部开放有偿使用, 兼顾公平性与经济性。针对资源开发的收益分配, 根据各方贡献程度进行合理分成。对于资源发掘与产品开发的成果, 按资源提供方、技术开发方和市场转化方的投入比例, 合理分配专利权与经济收益, 保障多方利益。此外, 通过设立专项基金、奖励计划, 鼓励多方

力量积极参与资源库建设与开发, 表彰优秀的合作成果或创新项目, 促进资源库成为多方创新的热土。

3 总结与展望

通过理念创新、机制创新和管理创新, 高水平建设、高质量运行农业微生物资源库, 可为创制农业微生物新品种、高质量实施产教融合、培育并支撑具有国际竞争力的龙头企业、打造我国乃至全球农业微生物资源开发的技术创新和产品创制高地提供有力支撑。

作者贡献声明

全拓: 论文构思、文献调查、论文写作; 彭楠: 文献调查、论文写作; 彭东海: 文献调查、论文写作; 孙明: 问题提出、论文构思; 郑金水: 问题提出、论文构思、文献调查、论文写作。

作者利益冲突公开声明

作者声明不存在任何可能会影响本文所报告工作的已知经济利益或个人关系。

参考文献

- [1] 喻子牛, 陈守文. 农业微生物研究及产业化进展[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
YU ZN, CHEN SW. Research and industrialization progress of agricultural microbes[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004 (in Chinese).
- [2] 陈焕春, 陈新忠. 我国农业科技创新与高等农业教育改革[J]. 中国农业教育, 2019, 20(4): 1-5.
CHEN HC, CHEN XZ. Innovation of agricultural science and technology and reform of agricultural higher education in China[J]. China Agricultural Education, 2019, 20(4): 1-5 (in Chinese).
- [3] 周杨, 邓名荣, 杜娟, 宋仲骞, 吴清平, 朱红惠. 我国农业微生物产业发展研究[J]. 中国工程科学, 2022, 24(5): 197-206.
ZHOU Y, DENG MR, DU J, SONG ZJ, WU QP, ZHU HH. Development of agricultural microbial industry in China[J]. Strategic Study of CAE, 2022, 24(5): 197-206 (in Chinese).
- [4] 金书秦. 释放农业绿色发展新动能[N]. 经济日报, 2024-09-12.
JIN SQ. Unleashing new momentum for green agricultural development[N]. Economic Daily, 2024-09-12 (in Chinese).
- [5] 汪超, 夏路, 李兆丰, 陈坚. 微生物蛋白的关键生产体系与食品产业应用[J]. 中国工程科学, 2024, 26(2): 121-131.
WANG C, XIA L, LI ZF, CHEN J. Key manufacturing technologies of microbial protein and its application in food industry[J]. Strategic Study of CAE, 2024, 26(2): 121-131 (in Chinese).
- [6] 胡桂芳. 打好菌物种业翻身仗 建设食药菌强国[J]. 中国发展观察, 2021(15): 26-28.
HU GF. Fighting for the turnaround in the fungal seed industry: building a strong nation of edible and medicinal fungi[J]. China Development Observation, 2021(15): 26-28 (in Chinese).
- [7] 陈曦. 生物制造产业呼唤更多中国“菌”团[N]. 科技日报, 2021-07-27.
CHEN X. The biomanufacturing industry calls for more Chinese “fungi” teams[N]. Science and Technology Daily, 2021-07-27 (in Chinese).
- [8] 中华人民共和国农业农村部. 中华人民共和国农业农村部公告第595号[Z]. 2022.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Announcement of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China (No. 595)[Z]. 2022 (in Chinese).
- [9] 中华人民共和国农业农村部. 中华人民共和国农业农村部公告第745号[Z]. 2023.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Announcement of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China (No. 745)[Z]. 2023 (in Chinese).
- [10] ARS Culture Collection (NRRL). NRRL culture collection[EB/OL]. [2025-03-02]. <https://nrml.ncaur.usda.gov>.
- [11] Westerdijk Fungal Biodiversity Institute. WI-KNAW collections[EB/OL]. [2025-03-02]. <https://wi.knaw.nl/Collection>.
- [12] American Type Culture Collection (ATCC). Who we are[EB/OL]. [2025-03-02]. <https://www.atcc.org/about-us/who-we-are>.
- [13] German Collection of Microorganisms and Cell Cultures GmbH (DSMZ). Bioresources[EB/OL]. [2025-03-02]. <https://www.dsmz.de>.
- [14] 郭静利, 尼鲁帕尔·迪力夏提, 王大庆. 我国农业微生物产业发展的对策建议[J]. 中国农业科技导报, 2023, 25(11): 1-7.

- GUO JL, Dlxat Nilufar, WANG DQ. Development strategy on agricultural microbial industry in China[J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2023, 25(11): 1-7 (in Chinese).
- [15] HUANG YM, SHETH RU, ZHAO SJ, COHEN LA, DABAGHI K, MOODY T, SUN YW, RICAURTE D, RICHARDSON M, VELEZ-CORTES F, BLAZEJEWSKI T, KAUFMAN A, RONDA C, WANG HH. High-throughput microbial culturomics using automation and machine learning[J]. *Nature Biotechnology*, 2023, 41(10): 1424-1433.
- [16] BELLAIS S, NEHLICH M, ANIA M, DUQUENOY A, MAZIER W, van den ENGH G, BAIJER J, TREICHEL NS, CLAVEL T, BELOTSEKOVSKY I, THOMAS V. Species-targeted sorting and cultivation of commensal bacteria from the gut microbiome using flow cytometry under anaerobic conditions[J]. *Microbiome*, 2022, 10(1): 24.
- [17] 何蕊, 桑晓冬, 赵添羽, 张连祺, 田金强. 我国生物种质资源库及其信息化平台建设的科技进展[J]. *现代生物医学进展*, 2022, 22(17): 3393-3400.
- HE R, SANG XD, ZHAO TY, ZHANG LQ, TIAN JQ. Progress of biological germplasm resource banks and construction of their information platforms in China[J]. *Progress in Modern Biomedicine*, 2022, 22(17): 3393-3400 (in Chinese).
- [18] 叶增炜, 张云帆, 鞠卫国. 数字孪生网络技术及典型应用研究[J]. *电信快报*, 2022(3): 33-37.
- YE ZW, ZHANG YF, JU WG. Research on digital twin network technology and typical applications[J]. *Telecommunications Information*, 2022(3): 33-37 (in Chinese).