

“十五五”时期农业微生物产业发展策略

于法稳,朱 鹏,郭春娜

(中国社会科学院农村发展研究所,北京 100732)

(山东农业大学经济管理学院,山东 泰安 271018)

(内蒙古师范大学经济管理学院,内蒙古 呼和浩特 010022)

摘要:微生物在农业领域的应用日益广泛,微生物技术已成为农业生产的又一次“绿色革命”。农业微生物产业逐渐成为战略性新兴产业之一,在改善耕地土壤质量、保障国家粮食安全中发挥着重要作用。我国农业微生物产业发展基础坚实而多元,为高质量推动农业可持续发展迈向新高度提供了保障,但仍面临微生物资源信息基础不牢、核心技术支撑能力不足、政策法规保障体系不健全等问题。“十五五”时期乃至未来一定时期,迫切需要采取更加有效的多元措施,促进农业微生物产业的发展,进而助力实现农业的高质量发展。为此,应加强国家顶层设计,引领农业微生物产业发展的方向;建立微生物资源数据库,夯实农业微生物产业发展的基础;开展关键技术创新研究,强化农业微生物产业发展的支撑;建立健全政策法规体系,筑牢农业微生物产业发展的保障。

关键词:农业微生物产业;微生物资源;现实基础;“十五五”时期

中图分类号:F320.1 **文献标识码:**A

文章编号:1007-7685(2025)02-0062-09

DOI:10.16528/j.cnki.22-1054/f.202502062

当前,微生物在农业领域的应用日益广泛,微生物技术已成为农业生产的又一次“绿色革命”,在促进农业绿色发展中发挥着重要作用。作为基于农业微生物资源和生物技术的生物科技产业,农业微生物产业已成为国家战略性新兴产业的重要增长点,对保障国家粮食安全、改善耕地土壤质量、提升土壤健康水平,以及实现农业碳达峰、碳中和目标等都具有重要意义。^[1]作为微生物种质资源大国,我国初步建立了农业微生物种质资源保护体系,但尚未跻身种质资源强国的行列。“十四五”期间,随着科技创新的不断推进、政策支持的持续加强及市场需求的不断增长,我国农业微生物产业发展取得了一定成效。但与国际先进水平相比,我国在菌种资源的精准鉴评能力上还存在明显不足,制约了农业微生物产业的高质量发展。2023年中央一号文件提出“树立大食物观,加快构建粮经饲统筹、农林牧渔结合、植物动物微生物并举的多元化食物供给体系”。^[2]因此,有必要对“十五五”时期农业微生物产业发展的现实基础、面临的问题进行全面系统分析,在此基础上提出相应的对策建议,以期更好地推动农业微生物产业的健康发展,助力农业强国建设。

作者简介:于法稳,中国社会科学院农村发展研究所研究员、中国社会科学院大学应用经济学院教授;朱鹏,山东农业大学经济管理学院博士研究生;郭春娜(通讯作者),内蒙古师范大学经济管理学院副教授。

注:本文是中国社会科学院创新工程“学者资助计划”项目“粮食安全背景下农业的绿色发展研究”(编号:XC2023001)的成果。

一、文献梳理及问题提出

从内涵上看,农业微生物产业主要指应用农业微生物资源及相关工程技术的产业总称,涉及农业生产加工、农业生物科技、农业生态环境保护等诸多领域,是具备高质量、高效能、高科技特征的新质产业形态。^[3]现阶段有关农业微生物产业的研究相对较少,主要集中在以下方面:

一是微观层面农业微生物资源的功能效用研究。有研究发现,部分由微生物种群制作而成的营养液和生物肥料,具备显著的养分活化功能和有机物分解功能,能提高作物品种发芽成活率和改善土壤结构^[4];部分以微生物种群为主要成分的生物农药则可以对传统化学农药形成替代效应,有助于减少农业面源污染排放^[5]。

二是中观层面农业微生物产业的发展态势研究。总体上,我国农业微生物产业目前正处于重要的战略机遇期,种养行业相关的微生物产业规模 and 市场份额都在逐渐扩大,食用菌产业也呈现供销两旺的蓬勃之势,仅生物肥料一项每年创造的GDP就超过400亿元人民币^[1]。当然,也有学者通过比较分析发现,现阶段我国农业微生物产业面临的安全形势不容乐观,尤其在资源保护利用和前沿科技攻关方面与美国等发达国家仍然存在一定差距。^[6]

三是宏观层面农业微生物产业的战略意义研究。党的十八大以来,国家愈发重视农业微生物产业在农业强国建设中的关键作用,出台的《国家重大科技基础设施建设中长期规划(2012—2030年)》提出“适时启动农作物种质表型和基因、动物疫病、农业微生物研究设施建设”^[7]。2021年,中国科学技术协会将“如何高效利用农业微生物种质资源”列为年度10个工程技术难题之首。^[8]随着相关研究的不断深入,部分学者开始思考在国家重大战略布局之下发展农业微生物产业的重要意义。如,黄季焜^[9]提出,充分利用农业微生物的热量资源生产食用菌、益生菌及蛋白食物,是践行大食物观和构建多元化食物供给体系的题中之义。高德胜^[10]提出,保护农业微生物种群的多样性、积极开发利用农业微生物组学技术,对于破解高效固碳固氮、维持生物链稳态、加速生态环境损伤修复等生态文明建设领域的深层次难题同样大有裨益。此外,亦有学者将农业微生物产业与种业振兴战略紧密结合,有针对性地指出我国农业微生物种质资源总量虽然位居世界前列,但保护利用和鉴定开发步伐明显滞后,是制约种业产业链韧性提升和种业科技自立自强的突出短板。^[11]

既有研究围绕我国农业微生物的功能效用、产业发展态势、产业战略意义开展了一系列分析与探讨,为本文提供了良好的理论借鉴和实践启迪。同时也可发现,已有文献多是基于当下或者过去某一时期农业微生物产业的特征事实进行经验性总结,对于未来农业微生物产业的发展方向研判和障碍因素识别缺乏关注,更鲜有围绕“十五五”时期国家经济社会远景战略规划开展的农业微生物产业发展研究。鉴于此,本文在对已有文献进行系统梳理的基础上,阐述“十五五”时期农业微生物产业发展的现实基础,剖析存在的问题,提出农业微生物产业发展的推进策略。

二、农业微生物产业发展的现实基础

我国农业微生物产业发展的现实基础坚实而多元,不仅拥有丰富的农业微生物资源,而且在农业微生物基础研究和生物技术等领域均取得了显著进展。同时,随着消费者对健康、环保、绿色农产品需求的日益增长,农业微生物产品市场需求也呈现蓬勃增长且日益多元的趋势,为产业发展提供了广阔的市场空间。与此同时,国家层面出台了一系列政策措施,从研发支持、税收优惠到产业配套,全方位推动农业微生物产业的发展,为产业注入了强劲的动力。

(一) 具有丰富的农业微生物资源

我国农业微生物资源丰富,常见的种类有细菌、真菌、放线菌、病毒等,广泛分布在土壤、农作物及畜禽体内外。土壤中的微生物分布在不同的土层中,农作物上的微生物分布在植物的根际、叶面、果实

等地方,畜禽体内外的微生物分布在畜禽的体表、呼吸道、消化道等部位。这些微生物在农业生产中发挥重要作用,不仅能促进植物生长、调节土壤结构、提高土壤肥力、增强作物抗病力、提高农作物的产量和质量、减少化肥和农药的使用等,还能进行有机废弃物的降解,实现资源的循环利用。未来,随着微生物技术的不断突破和创新,农业微生物资源的开发和利用将更加深入和广泛。通过高通量测序、基因编辑等现代生物技术手段,可以更精准地挖掘和利用农业微生物的潜在价值,推动农业微生物产业向更高质量、更高效益的方向发展。

(二)基础研究和生物技术取得新进展

随着农业微生物基础研究的持续深入和生物技术的不断突破与创新,我国生物固氮、微生物农药、微生物资源发掘、微生物肥料、微生物饲料等领域都取得了新进展,农业微生物产业正迎来前所未有的发展机遇。

生物固氮领域中,基因编辑微生物的研发使固氮菌在高氮浓度环境下也能持续为作物提供稳定氮源,为减少氮肥使用提供了可能。新型固氮菌剂的问世为植物提供稳定的氮素来源,促进植物的生长发育,增强植物对干旱、盐碱、高温等逆境条件的抵抗力,还能诱导植物产生系统防御反应,增强作物对病虫害的抵御能力,减少农药的使用。微生物农药领域中,新型生防菌株为微生物农药的研发提供了新的资源。新型微生物菌剂可以诱导植物抵御病虫,在实现固氮、提质、增产的同时还能提高光合作用、促进根系生长发育。微生物资源发掘领域中,植物有益细菌的研究和新型产甲烷古菌的发现,为研究全球碳循环机理和低碳技术研发提供了新型的生物资源基础。微生物肥料领域中,氮多多GAIA1.0融合了生物固氮、氮素缓释、养分活化增效、促生抗逆、病害防控等核心技术,不仅能为作物提供氮素营养,还能活化土壤养分、促进作物生长、增强作物抗逆性和防控病害。另外,利用微生物对农业有机废弃物如秸秆、畜禽粪便等进行发酵处理,将其转化为优质的有机肥料,实现了废弃物的资源化利用,同时减少了环境污染。微生物饲料领域中,益生菌菌株可改善动物肠道微生态平衡,提高动物的消化吸收能力、免疫力和生长机能,减少抗生素的使用。另外,利用微生物对饲料进行发酵处理,能够提高饲料的营养价值和适口性,同时产生一些有益的代谢产物,如有机酸、酶、维生素等,促进动物的生长和健康。农业微生物基础研究和生物技术的不断突破,为农业微生物产业的高质量发展提供了强大的科技支撑和创新动力。

(三)具有日益旺盛的市场需求

随着消费者对健康、环保、绿色农产品需求的日益增长,微生物肥料、生物农药等产品以其安全、高效、环保的特点受到广泛欢迎,农业微生物产品的市场需求也呈现增长态势。

一方面,消费者对食品安全与品质的关注度不断攀升,对无化学残留、绿色环保的农产品需求激增。同时,随着畜牧业向规模化、集约化方向发展,对高品质饲料添加剂的需求也在不断增加。这促使农业生产向更生态化的方向转变,极大地推动了对农业微生物肥料、生物农药等产品的市场需求,为农业微生物产业提供了广阔的市场空间。

另一方面,传统农业对资源的过度消耗与环境破坏问题亟待解决,农业微生物凭借其在土壤修复、废弃物资源化利用等方面的独特优势,成为实现农业可持续发展的关键。例如,利用微生物将农业秸秆等废弃物转化为有机肥料,既解决了环境污染问题,又满足了土壤对养分的需求,市场对这类相关技术与产品的需求持续上升。

此外,随着农业现代化进程的加速,精准农业成为发展主流。农业微生物产业需要提供更具有针对性、精准化的产品与服务,如依据不同土壤类型、作物品种定制微生物制剂,以满足精准农业对高效、个性化投入品的需求。这种市场需求的精细化转变,为农业微生物产业带来了新的挑战与机遇,促使企

业提高个性化、多元化服务的能力,以在竞争激烈的市场中占据一席之地。

(四)支持政策体系初步形成

政策扶持与产业配套是推动农业微生物产业蓬勃发展的“双轮”。政策扶持方面,国家出台了一系列政策措施鼓励和支持农业微生物领域的发展。例如,《“十四五”全国农业绿色发展规划》明确提出要“加快建立植物生产、动物转化、微生物还原的种养循环体系”^[12]。另外,国家还制定了税收减免和专项补贴政策,例如,针对研发新型微生物肥料与农药的企业,给予研发费用加计扣除的优惠政策,旨在降低企业运营成本,激发企业创新的积极性。同时,政府引导科研资源向农业微生物领域倾斜,设立多项国家级科研项目,加速关键技术攻关。产业配套方面,各地积极建立产业园区,整合上下游企业,形成集聚效应。比如,在微生物制剂生产集中区域,配套建设原料供应、包装材料生产企业,有效降低企业采购与物流成本。此外,产学研合作机制不断完善,高校与科研机构为产业提供技术支撑与人才储备。

三、“十五五”时期农业微生物产业发展面临的问题

农业微生物种质资源是指来源于农业生态系统或应用于农业生产的微生物总称,不仅为国家粮食安全与重要农产品稳定供给提供了战略保障,而且为农业科技原始创新与现代种业发展提供了物质基础。农业微生物产业对农业科技进步至关重要,其种质资源开发是前提,核心技术突破是关键。我国虽已初步建立了保护体系,且市场规模较为庞大,但在微生物资源信息基础、农业微生物产业核心技术、农业微生物产业政策法规等方面,依然存在弱项与短板,这些都是“十五五”时期需要解决的重要问题。

(一)农业微生物资源信息基础不牢

无论是理论研究还是实践探索,都表明了这样一个基本事实:农业微生物在改善土壤质量、提升土壤健康水平、提高农业生态产品供给能力、保障生态安全、实现人与自然和谐共生等诸多领域都发挥着重要作用。正是如此,基于国家核心利益的保护,世界各国政府高度关注农业微生物资源保护和利用。尤其是美国、欧盟、日本、韩国等发达国家和地区相继利用智能化新技术,建立了微生物资源保藏库,并实现了资源收集、保藏、分类、评价、共享利用的一体化。相比之下,我国对农业微生物种质资源保护与利用的关注依然不足,工作尚处于初级阶段,无疑导致了农业微生物资源家底不清、信息基础不牢等现实问题。

1. 缺乏微生物资源全息数据库。如前所述,微生物资源具有重要作用,学术界对此开展了系统的研究工作,并初步建立了我国农业微生物资源专业菌种库。但在国家层面上还没有实施微生物资源专项普查行动,因而无法建立起微生物资源全息数据库。由此导致微生物资源总量、区域分布、资源演变特征等基础资料信息的不足或者匮乏,尤其是在空间维度上依然还存在一些空白区域。当一些区域缺乏本地微生物资源信息特征时,就难以因地制宜发展农业微生物产业,或是导致农业微生物产业脱离区域实际,难以实现预期成效。

2. 农业微生物资源储备量不足。在缺乏微生物资源全息数据的同时,我国微生物资源,尤其是农业微生物资源储备量明显不足。有关数据表明,2021年我国农业微生物资源专业菌种库可公开获取的库藏资源总量约为1.75万株,仅占世界上最大的农业微生物资源库可公开获取的细菌和真菌资源总量的18.42%。可见,我国在农业微生物资源领域的现实储备还较为薄弱,极大限制了农业微生物资源开发与利用方面的潜力。更为严峻的是,我国目前是世界上最大的微生物菌种资源进口国,部分关键种类微生物对外依赖程度较高。在地缘政治冲突频发和国际贸易保护主义抬头的叠加影响下,未来我国获取外部微生物菌种基因资源有可能面临“卡脖子”风险,这无疑对我国农业微生物产业的持续健康发展构成潜在威胁。

3. 农业微生物资源质量不高。我国保有的微生物资源质量普遍不高,尤其是缺乏核心优良菌种,这已成为制约农业微生物产业发展的重要因素。具体就专利菌株而言,作为一类经过独立研究并且具备实际应用价值的创新性菌株,其对农业微生物产业发展的重要性不言而喻。但根据世界菌种保藏联合会统计,2021年我国的专利菌株发放率仅为3.3%,同期美国专利菌种发放率却高达1206.93%,双方差距十分明显。同时,尽管我国拥有丰富的自然微生物资源,但缺乏系统的梳理和深度挖掘,尤其在生态环境脆弱区域,具有区域特性的微生物资源尚未实现充分利用,这对我国农业微生物产业的后续发展造成了不利影响。

4. 农业微生物资源保护体系不完善。目前,我国尚未建立起一套完善的资源集成机制和保护体系,农业微生物安全防控体系建设基础比较薄弱。突出表现在如下两个方面:一是分散的微生物资源未能实现有效的集成和规范化管理。由于缺乏统一的资源管理平台和科学的分类标准,大量的农业微生物资源仍处于零散、无序的状态,这不仅增加了资源收集、整理和鉴定的难度,也极大地提高了资源散失的风险。同时,由于管理层次和布局的不完善,不同地区、不同机构之间的资源共享和信息交流存在障碍,导致资源的利用效率低下,难以实现资源的优化配置和高效利用。二是农业微生物安全防控体系、一体化安全管理体系尚未形成。在当前全球化的大背景下,农业微生物资源的交流和利用日益频繁,但同时也带来了生物安全方面的隐患。由于缺乏完善的安全防控体系,一些潜在的生物威胁可能通过微生物资源的引进和利用而传入我国,对农业生产、生态环境乃至人类健康构成严重威胁。此外,一体化安全管理体系的缺失也使得我国在应对农业微生物资源安全事件时缺乏有效的协调和应对机制,难以迅速、有效地控制事态的发展。

5. 农业微生物资源开发利用的分工协作滞后。囿于缺乏统一的管理制度约束和产业标准指引,现阶段我国农业微生物资源的鉴定、开发、利用等诸多环节存在较为严重的割裂现象,不仅阻碍了资源的有效整合与高效利用,也制约了整个产业的协同发展。突出表现为不同地域之间、不同主体之间资源共享与技术合作的渠道匮乏,共建与共享的观念意识淡薄,以及产学研联动的价值链共创机制建设滞后。这种“单打独斗”的割裂现象,一方面降低了国内主体对农业微生物资源的功能开发与应用程度,造成了大量资源浪费和额外成本支出;另一方面也导致部分本土优势菌群和种质资源向海外流失,变相挤占了国内产业的发展空间。

(二) 农业微生物产业核心技术支撑能力不足

农业微生物产业的发展,既需要进一步推动技术创新,还需要专业队伍支撑。但实践表明,我国农业微生物产业发展中,专业队伍建设不强,尤其是战略性支撑人才和领军人才严重短缺,核心技术的研发能力难以支撑产业的发展。

1. 农业微生物种质资源领域核心技术研究能力薄弱。农业微生物产业的发展需要科技支撑,这涉及农业微生物核心种质资源的获取、选育、鉴评等各个环节,但当前这些方面的研究能力还较为薄弱,从而导致核心优良菌种的自主率难以提高,无疑会对农业微生物产业的发展形成一定限制。同时,微生物相关产品的应用受农业环境、宿主等因素的影响机理尚不清晰,对使用效果的稳定性将产生较大限制。此外,当前对农业微生物产品效果的制约因素还缺乏更加深入的研究,一些内在机理还没有系统把握,这也成为农业微生物产品使用效果不稳定的直接原因。

2. 农业微生物关键核心技术研发人才队伍有待强化。前面有所提及,我国农业微生物产业发展刚刚受到关注,仍处于起步阶段。从产业发展的理论基础来看,完备的农业微生物学科体系尚未建立起来,系统完善的专业人才队伍不足,尤其是缺乏在国际上有重要影响的战略性支撑人才和领军人才。从产业发展的实践层面来看,高端技术创新能力不强,对外依赖程度还较大,难以实现农业微生物产业

的高质量发展,尤其是难以真正突破完全具有自主知识产权的前沿技术和核心品种。

3. 农业微生物产业发展的关键技术有待强化。从微生物研发的总体情况来看,基础性研究得到的关注度较大,尤其是农业微生物研发更是如此,应用于产业化发展实践层面的关键技术及平台建设没有得到应有的关注。这直接导致很多关键技术创新仅能在实验室复现,无法真正推广转移至生产一线。同时,技术研发步伐明显滞后于产业发展的实践需求,难以有效支撑农业微生物产业的向好发展。笔者在基层调研发现,当前一些农业微生物产业发展规模较小,也处于产业的起步和探索阶段;一些企业无法保障自身的技术研发投入,从而导致行业技术升级和产品更新难以实现。

4. 农业微生物关键核心领域对颠覆性创新技术的应用程度较低。本质上,技术与资源类似于“药方”与“药材”的关系,颠覆性创新技术所蕴含的“药理”能最大化地发挥农业微生物资源的“药性”。然而,从实践反馈来看,现阶段我国农业微生物产业对于本领域的基因编辑、合成生物等前沿技术的应用程度还明显不足,除部分顶尖科研院所和优势企业之外,大部分产业主体的技术支撑并没有随时代发展进行迭代升级。此外,人工智能、量子计算、大数据等相关领域的颠覆性创新技术也没有全面且及时地渗透到农业微生物产业中,其对新模式、新产品、新业态的催化功效鲜有在农业微生物产业得到实践与显现。

(三) 农业微生物产业政策法规保障体系不健全

近年来,国家相关政策开始关注微生物产业的发展,并将其作为战略性新兴产业。从高质量发展的视角来看,微生物产业将会成为我国培育发展新动能的重要领域、形成全球竞争新优势的制高点。在此过程中,更需要加强农业微生物产业保障体系建设。但当前,在农业微生物产业发展中,保障体系依然存在一些需要进一步完善之处。

1. 缺乏促进农业微生物产业发展的专门政策。当前,关于农业微生物产业发展的相关政策条款,零星地分布在其他政策及国家相关文件之中,缺乏系统性和连贯性。特别是针对促进农业微生物产业关键技术创新方面的政策尤为缺乏,这无疑制约了农业微生物产业的持续健康发展。

2. 缺乏农业微生物资源产权保护制度。当前,涉及农业微生物菌种产权的界定条款不够明晰,产权保护制度并不健全,加之农业微生物菌种本身所具有的独特性,使得创新主体申请和维护知识产权变得较为困难。这直接导致了市场主体模仿创新和套牌侵权的投机成本不高,科研机构和相关企业在前期菌种研发投入方面的积极性受到抑制,从而影响了农业微生物产业的创新与发展。

3. 农业微生物安全防控体系建设有待完善。严格意义上来讲,农业微生物安全也是国家安全的重要组成部分。但从实践层面看,与农业微生物及产业发展相关的主体安全防控意识仍需要进一步加强,以此才能更好地推动微生物安全防控体系建设。换句话说,目前尚未构建起涵盖微生物安全防控法律法规、生产技术规程、加工和贸易安全防控政策、专业防控队伍建设及微生物安全应急处置等重要内容的一体化安全管理体系,这无疑增加了农业微生物产业的风险和不确定性。

四、“十五五”时期农业微生物产业发展的推进策略

农业微生物产业正逐渐成为经济发展中的战略性新兴产业之一。为此,“十五五”时期乃至未来一定时期,迫切需要采取更加有效的多元措施,促进农业微生物产业高质量发展,赋能农业现代化建设。

(一) 加强国家顶层设计,引领农业微生物产业发展的方向

新发展阶段,农业微生物产业发展的潜力及优势将会日益显现出来,必将有力地推动农业绿色转型发展,改善土壤质量,提升农业生态产品供给能力,保障国家粮食安全。而一套合理有效的顶层设计是引领农业微生物产业实现高质量发展的先决条件。为此,需站在实现中华民族伟大复兴的战略高度,对农业微生物产业发展进行顶层设计,为“十五五”时期农业微生物的发展指明方向。

1. 深化对农业微生物产业发展重要性的认知。农业绿色发展的核心是耕地土壤质量的保护、灌溉用水水质的保护,^[13]这是提升粮食和重要农产品供给能力并保障其质量安全最重要的生态基础。尤其是“十五五”时期如何实现土壤健康,将成为国家关注的重大战略问题之一,而农业微生物产业发展无疑成为有效途径之一。为此,应站在耕地资源保护、保障国家粮食安全及提升农业生态产品供给能力的战略高度,强化对农业微生物产业发展重大意义的深刻认识,并在国家重大战略布局下对农业微生物产业中长期发展进行系统部署。

2. 科学制定“十五五”时期农业微生物产业发展规划。鉴于农业微生物产业发展的坚实基础和广阔前景,需要基于农业微生物产业发展现状,科学制定“十五五”时期农业微生物产业发展规划,为“十五五”时期农业微生物产业发展进行具体部署,并为实现农业微生物产业中长期发展奠定坚实的基础。尤其是需要对农业微生物产业发展的重点领域、空间布局进行科学规划,并提出实施的关键路径及相应对策。

(二) 建立微生物资源数据库,夯实农业微生物产业发展的基础

农业微生物产业发展的基础是微生物资源。要提升上述发展规划的科学性及精准性,需要夯实农业微生物产业的基础。“单打独斗”极易引致重要资源错配和产业效率低下。为此,急需整合产学研多主体的有生力量,积极开展覆盖全国的微生物资源普查行动,高效建立微生物资源数据库。

1. 开展微生物资源普查专项行动。微生物资源作为农业微生物产业发展的基石,建议多部门、多区域、多主体做好协同配合,尽快启动全国范围内的微生物资源普查专项行动,摸清微生物资源种类、结构、分布等基本信息。一方面为筛选优质微生物资源、选育并创制更高效的菌群提供样本材料,进而为种业的高质量发展筑牢物质基础;另一方面为“十五五”时期农业微生物产业发展规划的制定提供坚实的数据支撑,提升规划的科学性、前瞻性和精准性,更好地推动农业微生物产业的发展。

2. 推进农业微生物种质资源库建设。对微生物资源普查专项行动获得的数据,在进行系统性评价与鉴定的基础上,选择重要的农业微生物资源,进行系统深入的遗传分析和功能解析,以全面揭示其潜在价值和应用前景。同时,考虑到现阶段多数农业微生物资源被分散保存在企业、科研院所、高校等不同类型的主体之中,因此应通过产学研多主体的价值链共创机制整合目前小而分散的农业微生物资源,尽快梳理制定统一的分类评价标准流程,加快推进国家级农业微生物种质资源库建设,为微生物资源的长期保存和高效利用提供有力保障。此外,还应积极推动微生物种业的发展,将其纳入现代种业体系,促进微生物资源与农业生产的深度融合,为农业微生物产业的可持续发展注入新的动力。

(三) 开展关键技术创新研究,强化农业微生物产业发展的支撑

农业微生物产业实现高质量发展离不开农业科技尤其是颠覆性技术创新的有力支撑。例如,滕州市通过微生物技术研发推广与应用,撬动了农业的“绿色革命”,实现了生态优势向经济优势的转化。湖北省聚焦于生物农药和生物肥料的开发,构建了完整的创新生态系统,提升了农业生产力。为此,应围绕关键技术开展系列创新研究,为农业微生物产业发展提供强有力的技术支撑。

1. 创新关键技术研究组织模式。采取多学科交叉、国际化协作的研究模式,充分发挥科研机构、高校在技术研发方面的优势,以及企业在推广应用方面的优势,通过推动“产学研用”深度融合,助力农业微生物关键技术实现新突破,为农业微生物产业高质量发展提供强有力的技术支撑。

2. 开展农业微生物资源关键核心技术研究。根据农业微生物资源禀赋特征及区域分布特点,加大对本土功能微生物资源的发掘力度。这一方面能够丰富和充实国家微生物资源的多样性与总量,另一方面可以强化本土高性能菌株的选育力度,进而推动微生物种业领域一些关键共性技术实现突破,为培育具有自主知识产权的系列重大微生物资源品种提供支撑,为农业微生物产业的创新发展提供源源

不断的动力。

3. 开展农业微生物产品创制技术研究。从微生物资源选育出高性能菌株,进而开发出高性能产品,是一个既复杂又漫长的过程。为此,需要对其中的关键创制技术进行深入的创新研究,一方面实现农业微生物产业产品创新能力的提升,为农业微生物产业发展不断开辟新的市场空间;另一方面推动农业微生物产业生产要素的创新性优化配置,从产业结构、空间结构等方面优化微生物产业发展格局,提升农业微生物产业产品创制的质量。

4. 积极借鉴和引入相关产业的颠覆性创新技术。伴随着技术扩散和知识溢出,不同产业之间的界限越发模糊,以量子信息、AI、大数据为代表的颠覆性信息技术正在逐渐渗透到农业、工业、服务业的各个细分产业中。农业微生物产业应秉持“他山之石,可以攻玉”的发展理念,广泛借鉴和吸纳这些革命性技术带来的“创造性破坏”,通过对这些前沿技术的跨领域交叉应用,优化重塑农业微生物产业链全环节的短板与弱项,高效探索适合本产业的新技术路径和新产品模式。

(四) 建立健全相关政策法规体系,筑牢农业微生物产业发展的保障

农业微生物产业目前仍处于生命周期的起步阶段,仅靠市场的“无形之手”难免会产生一些失灵与不足问题。政府应当适时出台一些政策,科学搭建一套政策法规体系,引导农业微生物产业的结构升级和质量效益提升。

1. 建立健全促进农业微生物产业发展的政策体系。高质量推动农业微生物产业的发展,需要依靠科技创新,发展农业新质生产力,尤其是在关键共性技术、前沿引领技术、“卡脖子”技术、颠覆性技术等方面实现有效突破。这就需要建立一套高效、精准的政策体系,同时对现有政策中阻碍产业发展的内容进行调整和优化,确保政策实施的精准性和有效性。

2. 建立农业微生物种质资源保护利用制度体系。基于微生物资源的独特性质,应制定完善的微生物种质资源管理办法和知识产权保护制度。特别是针对新研发的功能菌种资源,构建一套完备的知识产权保护制度体系,这既能确保新资源菌株选育者的合法权益得到充分保护,又能有效提升农业微生物领域的知识产权保护水平。

3. 制定和完善农业微生物产业的法律法规体系。微生物种业、菌种资源、微生物安全等对农业微生物产业的发展都至关重要。因此,应围绕着微生物种业发展、菌种资源管理、微生物安全等级等诸多领域,制定和完善相应的法律法规体系,确保农业微生物产业在法治轨道上健康发展。同时,对现有法规进行优化调整,以适应产业发展的新需求,为农业微生物产业的持续、稳定、快速发展提供坚实的法律保障。此外,在推动农业微生物产业发展过程中,应考虑空间维度的影响,注重农业微生物一般性和特殊性的协调,加强其安全管理规范,确保菌种信息标准化、流通安全化及保护制度化,从而高效推动农业微生物产业的蓬勃发展。

参考文献:

- [1]周杨,邓名荣,杜娟,等.我国农业微生物产业发展研究[J].中国工程科学,2022(5):197-206.
- [2]中共中央 国务院关于做好2023年全面推进乡村振兴重点工作的意见[EB/OL].[2023-02-13].中国政府网,https://www.gov.cn/zhengce/2023-02/13/content_5741370.htm.
- [3]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(11):1-7.
- [4]张瑞福,陈玉,孙新丽,等.中国生物肥料与有机肥料研究三十年:回顾与展望[J].植物营养与肥料学报,2024(7):1262-1273.
- [5]魏珣,张娟,江易林,等.生物农业前沿技术研究进展[J].中国生物工程杂志,2024(1):41-51.
- [6]秦晓婧,郑怀国,张辉,等.中美作物种业研发布局对比研究与启示[J].江苏农业科学,2022(21):10-15.
- [7]国务院关于印发国家重大科技基础设施建设中长期规划(2012—2030年)的通知[EB/OL].[2013-03-04].中国政府网,<https://www.gov.cn/>

gov.cn/zhengce/zhengceku/2013-03/04/content_5176.htm.

[8]中国科协发布 2021 年度重大科学问题、工程技术难题和产业技术问题[EB/OL].[2021-07-30]. 国家自然科学基金委员会网站, <https://www.nsf.gov.cn/csc/20340/20289/58162/index.html>.

[9]黄季焜. 践行大食物观和创新政策支持体系[J]. 农业经济问题, 2023(5):22-35.

[10]高德胜. 人类与微生物的和谐共生之道[J]. 人民论坛, 2021(22):32-35.

[11]崔宁波, 生世玉. 现代种业高质量发展的战略意义、问题挑战与路径重塑[J]. 现代经济探讨, 2022(2):94-102.

[12]农业农村部 国家发展改革委 科技部 自然资源部 生态环境部 国家林草局关于印发《“十四五”全国农业绿色发展规划》的通知[EB/OL].[2021-12-07]. 农业农村部网站, http://www.moa.gov.cn/nybg/2021/202109/202112/t20211207_6384020.htm.

[13]于法稳. 新时代农业绿色发展动因、核心及对策研究[J]. 中国农村经济, 2018(5):19-34.

(责任编辑:金光敏)

Development Strategy of Agricultural Microbial Industry during the 15th Five-Year Plan Period

YU Fawen, ZHU Peng, GUO Chunna

(Rural Development Institute, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732)

(College of Economics and Management, Shandong Agricultural University, Tai'an Shandong 271018)

(School of Economics and Management, Inner Mongolia Normal University, Hohhot Inner Mongolia 010022)

Abstract: The application of microorganisms in agriculture is becoming increasingly widespread, and microbial technology has become another “green revolution” in agricultural production. The agricultural microbial industry has gradually become one of strategic emerging industries, playing a role in improving the soil quality of cultivated land and ensuring national food security. The development foundation of China’s agricultural microbial industry is solid and diverse, providing a guarantee for the high-quality and sustainable agricultural development. However, it still faces problems such as a weak information foundation of microbial resources, insufficient support from core technologies, and an incomplete policy and regulatory guarantee system. During the 15th Five-Year Plan period and even in the future, it is urgent to adopt more effective and diverse measures to promote the development of the agricultural microbial industry, thereby helping to achieve high-quality agricultural development. China should strengthen the top-level design to guide the direction, establish a microbial resource database to solidify the foundation, carry out research on the innovation of key technologies to strengthen the support, and build a sound policy and regulatory system to strengthen the guarantee for the future development of the agricultural microbial industry.

Keywords: Agricultural Microbial Industry; Microbial Resources; Realistic Foundation; 15th Five-Year Plan Period