

中国生物农药发展的现实挑战与对策分析

周 蒙*

(中国农业大学国家农业农村发展研究院, 北京 100083)

摘要: 生物农药的推广有助于克服传统农药生产和使用不当造成的农产品质量安全和环境污染问题。但是我国目前在生物农药研发、推广和销售等方面存在人才储备、资金和政策支持不足, 产业发展初期各主体间协作和成果落地转化不够, 标准体系和产业化发展不充分, 对农业产业和生态环境认识欠缺等问题。为克服弊端, 可从立足农业生产现实、把握未来研发方向、加强多元机制建设、保证生物农药推广落地、形成我国生物农药核心竞争力几条思路出发, 把握机遇、迎接挑战。

关 键 词: 生物农药; 现实挑战; 对策

中图分类号: S476 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2021)01-0184-09

The Realistic Challenge and Countermeasure Analysis of the Development of Biological Pesticide in China

ZHOU Meng*

(National Institute of Agricultural and Rural Development, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: The popularization of biopesticides is helpful to overcome the negative externalities of agricultural products quality safety and environmental pollution caused by improper production and use of traditional pesticides. However, at present, there are some problems in the research and development, promotion and sales of biopesticides in China, such as insufficient talent reserve, fund and policy support, insufficient cooperation and achievement landing and transformation among the main bodies in the early stage of industrial development, inadequate development of standard system and industrialization, and lack of understanding of negative externalities of agricultural industry and ecological environment. In order to overcome the disadvantages, we can grasp the opportunities and meet the challenges from the following several ideas: Based on the reality of agricultural production, grasping the direction of future research and development, strengthening the construction of multiple mechanisms, ensuring the popularization and landing of biopesticides, and forming the core competitiveness of biopesticides in China.

Key words: biological pesticides; realistic challenge; countermeasure

中国农药过量施用现象严重, 据统计, 中国 1990—2016 年农药施用量从 73.3 万吨增至 174 万吨, 增幅达到 137.78%, 位居世界第一^[1]。化学农药的大量应用不仅对生态环境造成巨大压力, 也会因农药残留超标对农产品质量安全产生不利影响: 如传统化学农药对人类可造成急性、慢性和“三致”危害; 农药残留在非靶标动植物体内将导致动植物习性 & 生命规律发生变化; 农药进入环境后对空气、水、土壤以及生物多样性也带来破坏^[2]。近年来因化学农药不合理使用带来的农产品质量安全事故时有发生, 如“毒豇豆”、“毒生姜”、“毒韭菜”等。

相较于传统的化学农药, 生物农药具有选择性强、不易产生抗药性、污染小的产品优势, 理应成为保

收稿日期: 2020-11-10

作者简介: 周蒙, 博士研究生, E-mail: mengzhouxilifa@outlook.com。*通信作者。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2021.01.033

护生态环境、保障农产品质量安全的重要途径^[3]。生物农药通常具有以下特征：多为低毒或微毒，对人畜安全；常易分解、不易污染农产品，更有利于农产品质量安全；对天敌安全、不伤害蜜蜂、鸟、鱼、青蛙，环境污染小。

2015 年农业农村部开始实施“低毒生物农药补贴示范试点”工程、《到 2020 年农药使用量零增长行动方案》，提出持续推进农药减量增效，倡导建立资源节约型和环境友好型的生态文明和绿色生产，积极推进生物农药替代行动。党的十九大对我国农业绿色发展和高质量发展提出了更高要求，在确保国家粮食安全和重要农产品有效供给的前提下，大力推动绿色投入品种等领域自主创新，实现藏粮于地、藏粮于技，促进绿色兴农、质量兴农。这为生物源农药的发展提供了良好的契机和巨大的空间。

然而，我国生物农药的发展现状不容乐观，市场占有率不足 10%^[4]。鉴于此，本文将深入分析当前中国生物农药发展的现状、面临的问题和挑战，以期为推动生物农药的发展和应用提出具有针对性的政策建议。

1 生物农药发展现状

1.1 生物农药发展概述

从起源来看，生物农药可追溯至古代人类文明，如古罗马人使用藜芦防治害虫和鼠类、波斯人用红花除虫菊防治蚊虫^[5]，即主要利用植物资源进行开发，包括从植物中提取的活性成分、植物本身和按活性结构合成的化合物及衍生物，其活性成分主要包括生物碱类、萜类、黄酮类、精油类等，大多属于植物的次生代谢产物。这类次生代谢物质中有许多对昆虫表现出毒杀、行为干扰和生物发育调节作用，因而被广泛用于害虫的防治。

从分类来看，生物农药可大体分为微生物农药、农用抗生素、生化农药、植物源农药和动物源农药等几大类。其中微生物农药指以细菌、真菌、病毒和原生动物或基因修饰的微生物等活体为有效成分的农药，如芽孢杆菌属、链霉菌属、假单胞菌属等。农用抗生素是指在微生物生命活动过程中产生的，对植物病原菌能在较低浓度下显示特异性药理作用（主要指抑制或杀灭病原菌的作用）的天然有机物。生物化学农药指对防治对象没有直接毒性，而只有调节生长、干扰交配或引诱等特殊作用的天然化合物或人工合成的其结构与天然化合物相同（允许异构体比例的差异）的化合物。植物源农药是指有效成分来源于植物体的农药。转基因生物是指具有防治有害生物的，利用外源基因工程技术改变基因组构成的农业生物。而经过多年的发展实践以后，为了更好地管理农药产业，2020 年 3 月 19 日，农业农村部制定《我国生物农药登记有效成分清单（2020 版）》（征求意见稿），其中对于生物化学农药、微生物农药依然沿用老版《规定》，但对于转基因生物由于其可能存在的伦理以及生态风险，不再作为单独的一类生物农药，而是通过基因修饰的微生物类别管理。同理农用抗生素，由于它可能导致的环境微生物耐药性上升问题，也从新版的生物农药登记目录中暂时移除，以待更进一步的研究商榷。

经过多年发展，生物农药因其优势得到较快发展，但目前生物农药仍然仅占全球作物保护市场很小份额（5%，约 30 亿美元）。以欧盟市场为例，不同于有 200 多个产品的美国市场，欧洲市场仅有 60 个类似产品，其中原因主要在于欧盟应用相同的法规来评估生物农药和合成的活性物质的情况下需要在当前立法中增加几项新规定，以及制定新的指南促进潜在生物农药产品的登记。

1.2 我国生物农药生产现状

根据国家统计局数据，近年来我国生物农药行业，规模以上企业（年产值 2000 万元以上）的变化情况如表 1 所示。2014 年至 2016 年，我国生物农药行业规模逐渐扩大，规模以上企业数量稳步增长，对应的营业收入持续增加。2017 年我国实施新的农药行业管理法规政策、市场供需结构转变、行业资源整合优化、环保安监升级，国内市场表现出较大的变化，导致我国生物农药行业在 2017 年和 2018 年呈现下降趋势。2019 年逐渐恢复，尤其是规模以上企业利润总额已经恢复至 2017 年水平，与此同时，生物农药行业的销售利润率达到近年最高点。从表 1 数据可以看到，规模以上企业（年产值 2000 万元以上），生物农药与化学农药的市场占比约为 1/7。我国主要的农药市场仍然是化学农药市场，但生物农药的利润增长率有超过化学农药的趋势。我国某些明星生物农药如 Bt 年产值约 3.5 亿元，年出口 1.5 亿元左右，阿维菌素

年产值 15 亿元，年出口约 7 亿元，两者的年产值及推广应用范围可与化学农药媲美，甚至远销国外。木霉菌等真菌生物农药发酵产抗逆性孢子工艺取得突破，广泛应用于防治蔬菜根腐病、灰霉病等土传病害^[6]。棉铃虫核型多角体病毒和黏虫颗粒体病毒等 10 多种昆虫病毒制剂获得登记。害虫天敌的生产与利用技术达国际领先水平，如赤眼蜂的年繁蜂量 100 亿头左右，应用面积 133.3 万 hm² 以上，是全球应用面积最大的国家。植物源农药快速发展，至今登记在册的植物源农药有效成分约 30 个，其中苦参碱、印楝素、鱼藤酮、芸苔素内酯和除虫菊素等植物源生物农药在我国农业生产实践中已得到了广泛的应用，植物源生物农药的推广有了长足的进步^[7]。

表 1 我国生物农药及化学农药行业规模以上企业（年产值 2000 万元以上）生产情况^[8]

Table 1 Production status of enterprises above the scale of China's biological pesticide and chemical pesticide industry (annual output value more than 20 million yuan) ^[8]							
年份 Year	生物农药 Biopesticide			化学农药 Chemical pesticide			权重 Weight
	企业个数 Enterprises	营业收入(亿元) Revenues	销售利润率 Operating margin (%)	企业个数 Enterprises	营业收入(亿元) Revenues	销售利润率 Operating margin (%)	营业收入比值 Revenue ratio (%)
2014	130	284.34	8.79	713	2724.07	7.38	10.5
2015	137	318.93	8.08	692	2788.29	7.17	11.4
2016	142	372.11	8.38	680	2936.56	7.31	12.7
2017	144	331.44	7.84	676	2748.70	8.50	12.1
2018	136	216.27	7.27	635	2107.45	10.03	10.3
2019	133	256.80	10.51	586	1790.90	9.14	14.3

1.3 我国生物农药的研发现状

我们统计了 1991—2019 年间我国生物农药授权的专利数量，从图 1 可以看出，我国生物农药授权专利数量呈现逐年增长的趋势。按专利数量的增长规律，我们将专利申请增长过程简要划分为如下 4 个阶段：（1）2000 年以前，授权专利数量增长缓慢，年授权专利数量小于 8 件；（2）2000—2010 年，专利数量开始快速增长，授权专利数量由最初的 8 件左右逐年增加至 100 件左右，基本呈逐年增加的态势；（3）2010—2015 年为直线上升期，授权专利数量达到 454 件最大值；（4）2015 年之后，专利数量有所回落并呈现波动增长的态势，但年授权数量仍保持在 250 件以上。上述发展趋势与我国专利申请量发展的总体趋势有很多类似之处^[9]。董林水等^[10]统计了 2012 年中国专利申请总量为 5633 件，其中来自国内申请占总量

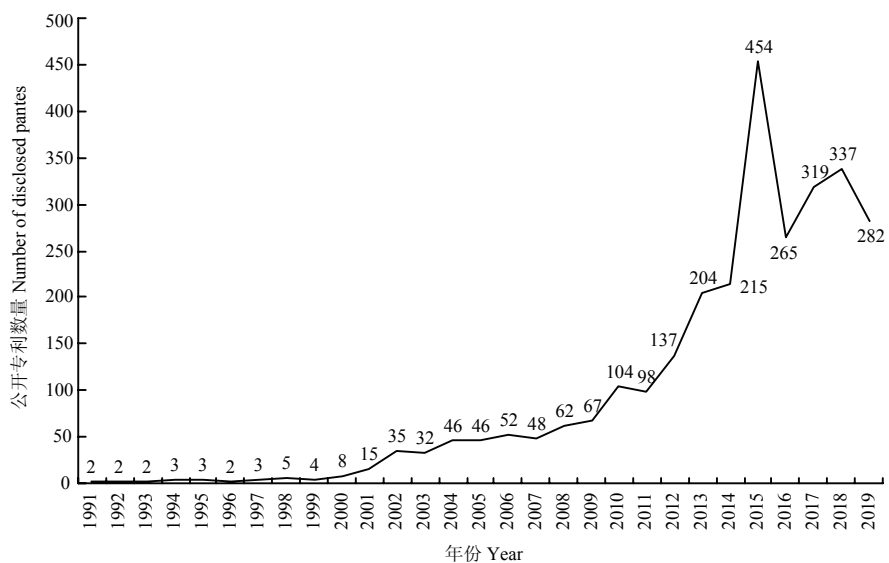


图 1 生物农药领域中国专利授权数量趋势

Fig. 1 Trend of the number of Chinese patent licenses in the field of biopesticide

的 86.22%; 来自国外的申请只占总量 13.78%; 他们进一步指出在生物农药领域的中国专利申请中, 国外申请主体以公司为主, 占总量的 81.67%; 国内以院校、科研单位和个人申请类型为主, 公司申请只占总量的 18.87%。这与国内还没有形成以市场为导向的专利申请和保护体制有一定关系。刘煦东等^[11]统计了 1996—2015 年国际上生物农药的公开专利情况, 共检出全球生物农药专利申请 72325 件, 授权专利 27336 件, 其中有效专利 18208 件, 授权专利中美国、德国、中国分别占 22.9%、11.3%、10.3%, 中国位列全球第 3。可见中国在生物农药领域与发达国家特别是美国仍有很大差距, 但这种差距在逐步减少。

自 1982 年实行农药登记制度以来, 我国已获批的生物农药(包括生物化学农药)单剂品种超过 126 个, 约占农药品种总数的 20%^[12]。近年新登记的生物农药品种也逐年增加。如新登记的植物源生物农药甾烯醇是植物源病毒病抑制剂, 能够直接抑制病毒复制; 苦豆子生物碱用于甘蓝防治蚜虫及丁子香酚登记在番茄上防治病毒病。新登记的微生物源生物农药如大孢绿僵菌、金龟子绿僵菌 CQMa128、金龟子绿僵菌 CQMa421、盾壳霉 ZS-1SB、小盾壳霉 CGMCC8325 等用于防治甘蔗土天牛幼虫、花生蛱蛄、水稻稻飞虱和稻纵卷叶螟、油菜菌核病等。

1.4 我国生物农药应用现状

我国长期支持和鼓励生物农药的发展推广。生物农药实际利用历史悠久, 在新中国成立后, 针对传统生物农药使用现实情况, 将各地生物农药收录于 1959 年出版的《中国土农药志》和《515 种土农药》中。1972 年, 我国规定新农药的发展方向为发展低毒高效的化学农药, 逐步发展生物农药。受此影响, 我国生物农药在 20 世纪 70 至 80 年代经历了蓬勃发展。1975 年发布的“预防为主, 综合防治”植物保护工作方针将生物防治同法规防治、农业防治、物理防治、化学防治并称五大防治方法。自 1982 年我国开始实施农药登记工作后, 当年发布的《农药登记规定实施细则》就对生物农药的概念进行了注解。1989 年编制的《新编农药手册》即收录诸多生物农药。1992 年又在《农药登记资料要求》中对生物农药登记资料首次提出了要求, 2001 年修订发布的《农药登记资料要求》在生物化学农药、微生物农药基础上还增加了植物提取物、活体天敌、转基因生物, 2007 年修订发布的《农药登记资料规定》正式上升为部门规章, 对生物农药的登记资料要求更加规范。2010 年工信部等四部门印发的《农药产业政策》强调“国家通过科技扶持、技术改造、经济政策引导等措施, 支持高效、安全、经济、环境友好的农药新产品发展, 加快高污染、高风险产品的替代和淘汰, 促进品种结构不断优化”、“鼓励发展用于小宗作物的农药、生物农药和用于非农业领域的农药新产品”。农业部 2015 年制定出台的《到 2020 年农药使用量零增长行动方案》进一步为生物农药发展提供了支持和发展机遇。

我国对生物农药的研发和引进为生物农药推广使用提供了科研基础。首款国产生物农药井冈霉素水剂于 1985 年获农业部登记, 1987 年首款进口的生物农药春雷霉素水剂也获农业部登记, 此后我国生物农药自主研发取得明显进步, 开发出武夷菌素防治多种作物上的白粉病、流胶病、黑星病、病毒病和疮痂病, 并具有一定的增产作用; 针对植物病害发生特点及植物抗性机制, 创制出植物免疫蛋白质农药“阿泰灵”提高植物免疫能力、调节植物生长; 利用枯草芽胞杆菌 B-916 开发了生物农药“纹曲宁”用于防治水稻纹枯病及伪黑穗病^[13]。通过日渐完善研发体系, 我国生物农药资源筛选、发酵、遗传等技术更加成熟。现阶段, 我国已经掌握了诸如微生物农药苏云金杆菌、枯草芽胞杆菌、蜡质芽胞杆菌, 生物化学农药极细链格孢激活蛋白、诱虫烯, 植物源农药印楝素、鱼藤酮, 抗生素类春雷霉素、井冈霉素等大量生物农药制造的关键技术及产品研发方法。

生物农药通过替代高毒农药, 有助于帮助消解威胁农产品质量和生态安全的重要隐患。随着我国全面建成小康社会、全面脱贫攻坚任务的圆满完成, 人民群众对绿色农产品的需求量将持续增加, 经过多年发展, 我国生物农药因其安全、环保、低残留等独特的优势取得明显进步。根据《我国生物农药登记有效成分清单(2020 版)》(征求意见稿), 共有微生物农药有效成分 47 个、生物化学农药有效成分 28 个、植物源农药有效成分 26 个, 合计 101 个有效成分。其中苏云金杆菌是近年来研究最深入、开发最迅速、应用最广泛的微生物杀虫剂。而从 2020 年上半年国内新增农药登记情况看, 474 项中共有 54 项生物农药(生物化学农药 17 项、微生物农药 7 项、农用抗生素 29 项、植物源农药 1 项), 虽较 2019 年 22 项生物农药获登记的数量有所提升, 但获登记的生物农药数量占比仍仅有 11.39%。

2 我国生物农药发展面临的问题与挑战

虽然我国生物农药登记已取得明显成效,但是在让生物农药真正落地、在农业生产经营中让经营主体愿意使用生物农药替代传统农药,仍然存在突出的问题和挑战。下面从研发、生产、应用三个方面梳理我国生物农药面临的问题和挑战。

2.1 我国生物农药研发能力有待提升

同国际领先研发推广机构相比,我国生物农药同质性较强,研发推广具有明显劣势,主要包括:

第一,农药研发人才队伍不足。目前我国的一些高校、科研单位和企业具有生物农药的研发实力与专利申请能力,且能够通过产学研结合,形成开发适合市场需求生物农药产品到提升企业和产品竞争力的有效路径。但是不容忽视的问题在于,我国生物农药研发机构竞争力和产品市场竞争力同国外生物农药研发机构相比,仍然存在较为明显的差距。

第二,我国生物农药行业队伍虽然整体素质较高,研发体系相对完善,但仍面对经费投入不足、低水平重复开发等问题。生物农药研发具有所有新产品研发过程中均普遍具有的失败可能,且越是具备核心技术和高新技术要求的生物农药品类研发越面临失败风险,这就需要足够的人才储备和资金储备进行支撑。而我国目前生物农药研发大量依靠高校科研团队,面临优秀博士和硕士研究生流动频繁的不利特征,仅靠课题带头人难以保证整个研发过程的持续性;相比于国外老牌农药企业而言,我国国内生物农药研发薪酬和激励存在差距,不可回避存在人才外流现象,最终使得我国生物农药研发人才后备力量存在不稳定特征。因此,我国应更加强调创新能力,以政府政策为导向,加强资金投入,鼓励农药创新,进一步开发出更具竞争力的生物农药产品,争取早日打破技术壁垒。

国外先进的农药开发过程,往往是以企业为主导,但同时农药作为特殊化学品,其从研究、评测、开发到最终产业化阶段往往需要15~20年,因此成功开发一款新的农药往往前期投入的资金需要上亿美元,而那些成熟的欧美企业往往早已具有某些成熟的市场化产品,可以通过这些产品的利润正向回馈到这样的研发循环中,从而持续输出,但是对于我国而言,大多数农药企业依然处于仿制药阶段,获得的利润相对较低,很难有意愿和能力去参与这样的传统的研发循环。对于我国来说,通过市场和法律法规的手段,逐步淘汰一些小型农药厂的落后产能,实现资源和人才向大型农药企业集中,进而加强其研发能力。但这样的做法在农药、医药这类科技密集型的精细化工产业领域内却很难立马奏效。其原因本质上在于领头企业已经建立好的优势完善的研发体系很难迅速被后发企业以合并带来的规模化抵消。这样的优势越是在高端制造业中就越明显。而反观国内能够在国际上取得优势的产品,往往依靠的是在新出现的细分领域内迅速建立优势,或者是在原有的领域内依靠颠覆性的新一代的技术革命其内实现弯道超车。

对于生物农药行业而言,新一代的颠覆性技术尚未出现,现在国内的农药企业在保持对于国际上先进技术跟进的基础上,更应该借机模仿国际上先进农药企业的研发模式,实现研发的外包。对于新一代生物农药靶点或者先导化合物的研究更多的依靠大学、科研院所或者是小微企业,由于其本身研究特性,更容易在在原理研究中发现新的一些新的作用靶点或者机理,但同时由于这些机构本身缺乏足够的资金和后续的技术支持很难将一个先导化合物成功开发成一个上市农药产品。而农药企业可以科研合作的方式与这些机构开展合作,以科研经费投入的方式换取对于这些专利的所有权或者优先使用权。同时对于获得的先导化合物同样可以依靠国内已经成熟的药物研发外包服务公司(CRO)市场来进行进一步的开发。通过这样的方式农药企业可以更好地利用社会上已有的研发平台从而大幅节省自建这样平台的花费,而这些平台本身的独立性可以更好地跟踪自身行业内的前沿研究,而农药企业通过与他们合作也就更能以较小的代价保持自身产品研发的领先性。最后农药企业只需要专注于对于产品生产工艺的优化和市场的开发上,而这两点是规模化企业最具有优势的地方。对于这样的产、学、研三方合作需要的是我国对于束缚其发展的法规条约进行更进一步的深化改革。

第三,专利保护力度不够。国内大企业生产出来的生物农药容易被中小企业抄袭复制,并获得更高的成本收益率,致使大型企业的研发动力不足。我国生物农药专利申请地域和单位均表现出明显的分散特征,不利于形成集聚效应和规模效应。当然,这与我国的国情有关,未来国家应该取缔或合并一系列小型农药

厂，使其合并，做大做强，激发其创新意识，促使其进行相应的专利研发，增强专利保护意识，保障研发企业利益。

2.2 中国生物农药推广应用难度较大

据《生物农药的全球市场——成长率，趋势及预测（2019年~2024年）》报告显示，全球生物农药市场2018年价值31.4710亿美元，预计从2019年到2024年的预测期间内以14.1%的年复合成长率成长，其中南美预计以16.4%的年复合成长率最快成长，而美国在预测期间内有成为最大单一市场的可能性。相比较而言，根据最新能获得的2017年《中国农药工业年鉴》，2016年我国拥有化学农药制造企业822家、资产累计2469.25亿元、主营业务收入3308.67亿元、利润总额245.87亿元化学原药制造企业680家，资产累计2223.90亿元、主营业务收入2936.56亿元、利润总额214.69亿元，而生物化学农药及微生物农药制造企业仅142家、资产累计245.34亿元、主营业务收入372.11亿元、利润总额31.19亿元，虽然生物化学农药及微生物农药制造企业实际完成固定资产投资已是化学农药企业的39.19%，资产累计、主营业务收入和利润总额分别增长了14.4%、14.2%和17.9%，但绝对数也仅相当于化学农药的10.91%、11.25%和12.69%。以上数据均说明了中国生物农药的市场份额较低。总结原因，主要有以下几点：

一是中国的小农经济为主的生产方式加大了生物农药推广难度。我国目前仍以小农经济为主，由于生物农药见效较慢，特别是活体微生物农药易受环境的影响，农民对生物农药的作用机理了解不够，使用方法不当，缺乏专业知识的培训，导致防治效果差，农户对生物农药的接受度普遍较小。加上生物农药本身的局限性，包括速效性差、稳定性差等。相对传统的化学农药，生物农药绝大多数是参与有害生物的代谢，通过阻止病原生物代谢过程的正常进行或引发其拒食而得以实现，其效果随着时间的推移逐渐显现。生物农药在存储、运输环节因外界条件会导致降解和活体微生物数量下降，且活性受环境因素影响较大，如气温、湿度、光照、pH值等。生物农药大多是通过微生物发酵提取、活体微生物的培育、药用植物提取等手段生产制备，生产周期长，成本高，存储条件严苛，导致价格偏高。且生物农药防效较化学农药差，应用技术复杂，导致其性价比低。因生物农药的杀虫谱窄，专属性强，通常与其他生物农药和化学农药的复配剂型配合使用，扩展使用受到一定限制，且由于应用技术复杂，使用时机对效果会产生极大的影响。此外，由于相关政策扶持不足，推广部门动力不足，目前除部分经济实力较强的省市对生物源农药给予政策和经费的支持外，大多数地区没有制定激励政策，生物农药推广缺乏必要的手段和经费，难以对农户使用生物农药产生有效激励，进一步加大了生物农药推广难度。

二是中国生物农药制造缺乏核心技术，这既表现在缺乏新型生物农药的品种，也表现在缺乏新型农药的剂型。由于我国从事生物农药研究行业的人员单位多且分散，针对生物农药的研发经费和研究项目投资不足，加之多数研究人员注重于微生物资源筛选与分子改造研究，真正从事微生物农药系统研究特别是微生物发酵工艺和后处理工艺研究的人员和单位较少，导致相关生物农药的产业化发展不足，科研成果商品化效率低。同时，由于目前生物农药登记过程较长，且评审标准难统一，因此生物农药登记成本和难度较大，进一步加大了生物农药的研发推广。此外，由于生产工艺落后、商品化效率低和销售量导致生物农药的生产成本普遍较高，进一步加大了生物农药的推广难度。

2.3 生物农药标准体系建设和标准监督机制仍需完善

我国生物农药管理体系愈发规范，但在实际应用过程中仍存在一些问題。例如，在生物农药市场内部仍存在部分假冒伪劣产品，甚至存在小作坊私自制造农药，将化学农药掺进生物农药中冒充生物农药高价销售的情况。此外，在农药使用上，存在许多农户不合规施用生物农药的问题。生物农药的不合规或未经充分环保认证后随意施用可能对局部生态环境产生严重侵害，可能对地区生物多样性和生态安全产生不利影响。

我国目前虽已出台一批生物农药标准，如《苏云金芽孢杆菌母粉》《苏云金芽孢杆菌悬浮剂》《苏云金芽孢杆菌可湿性粉剂》（GB/T19567.1/2/3-2004），枯草芽孢杆菌母药、可湿性粉剂（NY/T2293.1/2-2012），蜡质芽孢杆菌母药、可湿性粉剂（NY/TNY/T2294.1/2-2012，荧光假单胞杆菌母药、可湿性粉剂（NY/T2296.1/2-2012）《真菌农药母药、粉剂、可湿性粉剂、油悬浮剂、饵剂产品标准编写规范》（GB/T21459.1-5-2008），《球孢白僵菌粉剂》（GB/T25864-2010），《球孢白僵菌母药、可湿性粉剂》（NY/T2295.1/2-2012）《微

生物农药毒理学试验准则》(NY/T2186.1-6-2012)《赤眼蜂室内饲养方法》(NY/T2063.1-2011)《平腹小蜂室内饲养方法》(NY/T2063.2-2012)《赤眼蜂防治玉米田玉米螟》(NY/T2062.1-2011)《平腹小蜂防治荔枝、龙眼树荔枝蝽》(NY/T2062.2-2012)、《丽蚜小蜂防治烟粉虱和温室粉虱》(NY/T2062.3-2012)^[14]等一系列国家和行业标准,但是面对我国日益增多的生物农药有效成分和产品种类,仍然迫切需要紧跟行业发展形势,推出能让农业经营主体放心使用、规范生物农药生产者高效高质量生产的各级规范标准,并且建立切实有效的监督管理体制机制,联合市场监督管理等执法机构,让生物农药行业有章可依、有章必依、违章必究。

3 生物农药的未来发展和政策建议

生物农药作为农业高质量发展的重要抓手,在提供满足人民群众消费升级需求的无公害农产品、维护农业生态平衡和促进农业农村健康可持续发展等方面能够发挥积极作用,生物农药具备绿色和无公害的特点,使用时具有很大的选择性,降低产生抗药性的概率,对农业环境不会造成污染,在生物农药的组成上使用的材料很广泛,这些特点都使生物农药在我国农业方面广泛应用,具备非常理想的发展前景。为解决如上所述当前我国生物农药发展面临的挑战和问题,特提出如下可能解决思路和政策建议。

3.1 立足农业一线生产现实需要,牢牢把握生物农药未来研发方向

针对农业生产经营主体和宏观农业发展面临的病虫害植物保护问题和风险,重视农林院校等科研机构的人才培养工作,发挥生命科学,特别是分子生物学的基础性作用,利用新发现和加深了解的植物免疫机理研发新型生物农药。在此基础上,利用生物工程技术不断改良改进生物农药,密切观察和积极应对抗药性问题的产生,科学合理有度地使用基因技术保证生物农药对有害生物的毒力,延长晶体毒素蛋白有效期,扩大生物农药杀虫杀菌谱,降低生物农药施用和推广成本。科研工作者还应持续跟踪既有生物农药有效性,避免生物农药失活风险,从化学修饰等技术入手,通过改造天然农用抗生素结构等方式,增加生物农药用途并提高药效。增加生物农药研发技术路线,基于化学生物学和分子生物学的研究基础,探索干扰乙酰胆碱受体功能、 γ -氨基丁酸受体功能、钠离子通道功能、线粒体呼吸、几丁质合成等作用机制外的生物农药作用机制,提高对生物多样性和生态环境安全的重视和评价权重。

重视解决微生物产品的货架期、加强产品制剂稳定性研究以及生物农药产品及其解决方案配套技术体系研发。针对目前生物农药的应用弊端,我国应当进一步加强生物农药的应用基础性研究,如深入探讨生物农药的作用机理;此外,针对农业生产中主要病虫害开发具有市场竞争力的生物农药主导品种,拓宽生物农药的防治防控范围,解决许多重要病虫害草害缺乏生物农药的问题;加强生物农药产业化共性技术研发,拓宽生物农药的种类如细菌、真菌、放线菌、病毒、植物源农药等,生产高效低成本产品;突出作物健康栽培理念的主体地位,整合集成生物农药资源,提出生物农药产品整体解决方案;实现突破生物农药现有的技术基础,深入拥抱基因组时代与工业生物技术,实现生物农药突破性发展。

3.2 加强涉生物农药多元机制建设,畅通多元要素投入渠道

第一,完善产学研协作创新机制,在用好、用活国家鼓励发展生物农药的各项政策前提下,特别要推进建立以企业为主体、科研院所为支撑、市场为导向、技术为核心、产学研相结合的生物农药科技创新体系。对企业自主研发的生物农药给予必要的支持,降低企业研发和生产成本。在这个过程中,还要充分发挥中国农药工业协会、中国农药发展与应用协会等组织的作用,积极引导生物农药产业健康发展。鼓励从事生物农药生产的企业兼并重组、股份制改造,加快调整企业组织结构,推动骨干生物农药企业向大规模、多品种、国际化方向发展,提高与国际企业集团的抗衡能力和市场竞争力。

第二,健全标准体系和生物农药专利技术转化有效机制。整合财政涉农和鼓励创新资金,吸收社会资本投入,形成多元资金来源渠道,加大对生物农药,特别是对形成技术壁垒和核心竞争力的生物农药技术进行持续有效的资金支持。将资金支持评价向成果转化和落地推广倾斜,注重生物农药产品在农业生产经营一线的实际运用,防止出现科研成果停留于实验室、停留于纸面、停留于可行性的无生产效率现象。加强对生物农药经销推广机构的支持力度,考虑建立生物农药流通补贴名单,对适宜某地推广使用的生物农药给予价格补贴,鼓励经销商和农业生产经营者购买和施用生物农药,实现对化学农药的有效替代。

最后，完善生物农药施用监测体制机制。生物农药即使能够弥补化学农药的不利影响，其也存在影响局地生态环境和生物多样性、危害周边农业生产经营等风险，长期施用单一微生物生物农药也可能出现病虫害抗药性问题，为此需建立包含经济、社会、生态环境等多领域的评价体系，强化第三方机构在生物农药用后的监测功能，尽可能保证农药施用负效应的最小化。

3.3 多管齐下，保证生物农药推广落地

第一，完善生物农药登记政策。开通生物源农药登记的“绿色通道”，进一步加快生物源农药登记。明确生物农药的推广市场，瞄准高端品质市场，比如优先在果菜茶等经济效益高、产品价值高、城乡居民消费水平比较高的地区推广应用，培育无公害农产品“优质优价”的公平市场，让使用生物农药的农民真正得到实惠。其次，生物农药属于绿色防控体系中的一个环节，生物农药的研发、生产和应用技术需要放在绿色防控体系这一大背景下才能得到广大农户的青睐。

第二，以示范带动推广应用，加强信息传播和技术指导。加大生物农药推广力度，建立生物农药示范区，助推产业发展。国家完全可以尝试从经济效益好的产业中先行先试，再逐渐向生态农业产业区推广。相关职能部门、农技推广部门等要采取各种方式广泛宣传，以提高农民对生物农药在农业病虫害防治中作用的认识，提高农民拒绝高毒农药，自觉使用生物农药的意愿，从而促进我国生物农药快速发展。通过多种媒介和信息渠道，增强人民群众对食品安全、生态安全、农业生产安全等的保护意识，特别是增强农业经营者、尤其是非规模经营主体对用药安全的知识，让农业经营者切实理解生物农药对施用人员身体健康、对作物质量品质、保护生态环境等方面的积极作用，从改变认识角度引导全社会形成支持并接受生物农药的氛围和环境。在形成基本认识的基础上，强化对生物农药施用技术的推广和培训教育，抓住农药经销商这一关键主体的作用，切实发挥好生物农药标签正面作用，让生物农药的作用特点、适用范围、防治对象、施用最佳时期、施用剂量和方法、施用和贮存条件、注意事项等准确无误传达至生物农药直接施用者，避免技术问题和信息不对称产生的认识不到位、推广不到位、施用不到位的不利结果。加强生物农药与高效低毒化学农药的协同推广应用，提出生物-化学农药轮用或混用技术，减少化学防治等综合配套技术；应用推广中体现多因子特色，如同多元肥、添加剂，改变单一成分的西药思维，努力契合现代机械耕作模式。生物农药，特别是微生物农药这类，与传统化学农药最大的差别是需要更复杂的施药周期和精细的施药操作以及更加科学的保存调节，但同时其并没有表现出比传统化学农药在防治病虫害上的明显优势。因此为了达到与传统农药相似的效果必然会市农民投入更多的精力和学习成本，这也就从一个侧面上减弱了小农经济下农民对于生物农药使用的意愿，而面对这样的问题通过高标准农田或者大规模农场的建设来缓解，这样大规模的集中管理可以抵消掉生物农药本身具有的技术特点所带来的推行成本。

3.4 努力形成我国生物农药竞争优势

第一，发掘生物基因库资源，扩大生物农药品类。充分利用我国地域辽阔、生物多样性优势明显的特点，大力发掘和开发生物农药生物资源。利用我国特种养殖产业发展基础，着力开发具有毒性作用和杀虫抗菌活性的天然生物活性物质。利用好我国丰富的生物基因库资源，继续开发包括苏云金杆菌在内的多种微生物农药的毒素基因，发掘扩大多种既有微生物农药的应用范围；科学合理利用好克隆技术在内的基因技术，对植物凝集素基因进行研发并应用于产业化。鼓励支持抗菌肽研发利用，充分利用其广谱杀伤耐药菌株等危害性大微生物的积极效果。

第二，关注国内国外两个市场和两种资源，强化行业内部合作共赢。鼓励生物农药公司走出去，让中国产品惠及世界人民，让生物农药企业在更广阔的世界市场获得利润空间；也积极吸引国际领先技术的生物农药研发机构进入中国市场带来新产品、新技术。针对生物农药企业规模小、实力不强等现实约束，政府要积极引导鼓励形成生物农药行业协会，发展生物农药企业联盟，加强企业间团结合作，帮助完善生物农药标准体系，并形成适合于不同作物、不同情境的用药方案，以团结行业力量改善分散供应主体单打独斗的局面，以团结合作形成竞争合力，应对国际大型农业企业垄断国内生物农药的风险。整合产学研推销多种主体、多种力量，以完善的产业链协作模式保证绿色高效可持续的生物农药推广落地，实现我国农业高质量发展的目标任务。

参 考 文 献

- [1] 张超, 孙艺奇, 孙生阳, 等. 城乡收入差距是否提高了农业化学品投入?—以农药施用为例[J]. 中国农村经济, 2019(1): 96-111.
- [2] 李亮, 张占英, 孙慧英, 等. 农药危害与绿色植保技术探讨[J]. 湖北植保, 2018(4): 63-64.
- [3] 邱德文. 生物农药的发展现状与趋势分析[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(5): 679-684.
- [4] 郭利京, 王颖. 农户生物农药施用为何“说一套, 做一套”?[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2018(4): 71-80, 169.
- [5] 陈庆华. 植物源农药的研究与应用[J]. 世界农业, 2006(10): 45-46.
- [6] 邱德文. 我国生物农药产业现状分析及发展战略的思考[J]. 生物产业技术, 2011(5): 40-43.
- [7] 邱德文. 生物农药—未来农药发展的新趋势[J]. 中国农村科技, 2017(11): 36-39.
- [8] 中国农药工业网. 我国生物农药发展概述. <http://www.ccpia.com.cn/info.asp?classid=L010205&newsid=L011241126443134>
- [9] 魏海燕. 中国专利的现状分析及技术创新思考[J]. 科技管理研究, 2013(1): 1-8.
- [10] 董林水, 李宏伟, 宋爱云, 等. 生物农药的中国专利申请状况分析[J]. 山东农业科学, 2015, 47(9): 135-139.
- [11] 刘熙东, 陈铃诗, 徐汉虹. 基于专利信息的生物农药发展现状及趋势分析[J]. 农药, 2017, 56(6): 400-404.
- [12] 唐韵. 我国生物农药新品种登记状况及其应用[J]. 农药市场信息, 2017(6): 29.
- [13] 陈志谊, 高太东. 枯草芽孢杆菌 B—916 防治水稻纹枯病的田间试验[J]. 中国生物防治, 1997, 13(2): 75-78.
- [14] 王以燕, 袁善奎, 林荣华. 生物农药标准陆续出台[J]. 农药科学与管理, 2013, 34(7): 39.

(责任编辑: 吕平香)