◆提质增效产品创制技术◆

生物刺激剂应用研究现状与未来发展

刘　健[1]，梁奎阳[2]，邵家华[1]，熊思健[1]，汪　城[1]，周家辉[1]

（1. 中国无机盐工业协会生物刺激剂专业委员会（CBPC），上海　200062；
2. 中关村国基条件科技资源共享服务创新联盟（STRSA），北京　100191）

［摘　要］简要介绍生物刺激剂的作用及全球市场现状，通过查阅2015年1月至2024年4月国内外发表的与生物刺激剂相关的应用研究论文，梳理生物刺激剂的应用研究现状、研究热点及发展趋势。国内生物刺激剂行业机遇和挑战并存，一方面新产品种类和形态不断涌现，企业数量众多；另一方面，目前我国生物刺激剂市场规模较小，行业应用研究投入有限，企业竞争尚不充分，国外品牌占据优势地位。分析我国生物刺激剂行业面临的主要问题。

［关键词］生物刺激剂；应用研究现状；趋势；机遇与挑战
［中图分类号］TQ449+.4　　［文献标志码］A　　［文章编号］2097-4566（2024）06-0041-05

Current status and future development of research on the application of biostimulants

LIU Jian[1], LIANG Kuiyang[2], SHAO Jiahua[1], XIONG Sijian[1], WANG Cheng[1], ZHOU Jiahui[1]

(1. *China Inorganic Salt Industry Association Biostimulants Professional Committee (CBPC), Shanghai* 200062, *China*;
2. *National Science and Technology Resources Sharing Service Innovation Alliance (STRSA), Beijing* 100191, *China*)

Abstract: The effects of biostimulants and the current global market situation are briefly introduced. By reviewing the application research papers related to biostimulants published domestically and internationally from January 2015 to April 2024, the current research status, research hotspots and development trends of biostimulants are summarized. The domestic biostimulant industry is facing both opportunities and challenges. On the one hand, new product types and forms of biostimulants are constantly emerging, and the production enterprises are many. On the other hand, the current scale of China's biostimulant market is relatively small, with limited investment in industry application research, insufficient competition among enterprises, and foreign brands occupying an advantageous position. The main problems faced by China's biostimulant industry are analyzed.

Key words: biostimulants; current status of applied research; trends; opportunities and challenges

0　引言

在植物生物学中，生物刺激剂被视为一种能促进植物营养吸收、刺激植物体内源激素分泌和提升抗逆性的重要工具。它的主要作用机制是通过激活植物细胞内的信号传导途径，促进植物生长和发育。此外，生物刺激剂还能提高植物对病虫害的抵抗力，增强植物对不良环境的适应性，如干旱、盐碱、低温等。生物刺激剂的应用范围广泛，包括各种农作物和园艺植物。它可以单独使用，也可以与其他肥料和农药混合使用。由于生物刺激剂的环保和可持续性特点，其在现代农业中的地位日益重要[1-2]。

2022年全球生物刺激剂市场规模为34.0亿美元，预计到2030年将达到约87.1亿美元（见图1），2022—2030年年均复合增长率为11.02%。欧洲是生物刺激剂最大的市场区域；其对环境及健康的日益关注将有助于市场增长。生物刺激剂核心生产企业包括意大利的Biolchim、Valagro、Isagro和Italpollina，德国的BSF，瑞士的Syngenta，荷兰的Koppert，美国的FMC，加拿大的Acadian，日本的Arysta，南非的Kelpak和印度的Biostadt等。西班牙是欧洲最大的市场，份额约为25%，其次是意大利和法国，份额分别约为18%和11%。从产品角度来看，植物提取物生物刺激剂为最大的细分，市场

［收稿日期］2024-05-20
［作者简介］刘　健(1969-)，男，四川雅安人，生物化工博士，中国无机盐工业协会生物刺激剂专业委员会主任，主要研究方向为微生物及代谢物与农业生物合理化应用综合技术。E-mail：jliu0914@126.com

份额约为41%。北美地区的市场需求是由该地区草皮和园艺部分的需求驱动的。亚太地区将成为推动全球生物刺激剂市场增长的重要驱动力，尤其中国市场潜力不可限量。

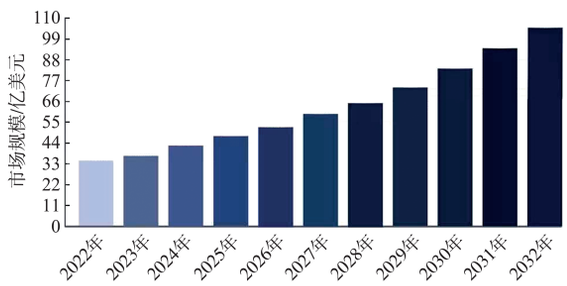

图1　2022—2032年全球生物刺激剂市场规模预测

随着欧洲生物刺激剂工业委员会（EBIC）主导的欧盟化肥新法规Regulation2019/1009于2022年7月开始实施，生物刺激剂引起农业领域更广泛的关注。该法规将生物刺激剂定义为“刺激植物营养过程”的产品，与产品的营养成分无关，其唯一目的是改善植物或植物根瘤的一个或多个特征：包括养分利用效率、对非生物胁迫的耐受性、品质性状、土壤或根际中封闭养分的可用性。

中国无机盐工业协会生物刺激剂专业委员会给出的定义认为：生物刺激素剂是一种施用至种子、作物或根际后能够刺激其自然生长过程，进而促进营养吸收、提高肥料利用效率、增强作物对非生物胁迫的耐受性，或提高作物质量和产量的物质或微生物[3]。

从科学研究、生产工艺和应用开发的角度，将生物刺激剂活性成分分为酸类活性物质（腐植酸、氨基酸、黄腐酸）、天然萃取物质（含有多酚、天然激素等，如海藻提取物）、微生物及其代谢物（含有多肽、天然激素等，如木霉菌、芽孢杆菌、根瘤菌）、其他物质（水解蛋白、壳聚糖、亚磷酸盐类）四大类别。创新生产工艺在保证登记成分含量和稳定的前提下，使产品富含多种有效活性成分：植物内源激素、多肽、多酚、壳寡糖、蛋白质、亚磷酸等。

1　生物刺激剂国际应用研究现状分析

1.1　趋势现状

2015年1月至2024年4月，全球关于Biostimulants的应用研究论文发表总量是1 135篇（SCIE收录）；而且2020—2023年，发表的相关专业论文量增速最快（见表1）。由此可见该领域应用研究的热度持续增长。

表1　2015—2024年全球Biostimulants相关的应用研究论文发表情况

年份	发文量/篇	占比/%	年份	发文量/篇	占比/%
2015	26	2.29	2020	144	12.69
2016	28	2.47	2021	180	15.86
2017	29	2.56	2022	227	20.00
2018	66	5.81	2023	265	23.35
2019	100	8.81	2024①	70	6.17

注：①统计至2024年4月。

1.2　专题研究热点

2015年1月至2024年4月，全球Biostimulants相关的TOP 20应用研究热词（专题研究热点）及论文数量分布见表2。由表2可知，除32.54%的文章是以研究主题Biostimulants发表外，应用研究已经广泛覆盖了植物生长、非生物胁迫抗逆、作用机制、代谢组学、具体作物、活性物质和产品门类，以及可持续农业发展[4]。

表2　2015年1月至2024年4月全球Biostimulants相关的TOP 20应用研究热词（专题研究热点）及论文分布

序号	热词(专题研究热点)	发文量/篇
1	Biostimulants(生物刺激剂)	1 088
2	Growth(生长)	592
3	Plant Growth(植物生长)	217
4	Tomato(西红柿)	198
5	Abiotic Stress(非生物胁迫)	126
6	Drought(干旱)	120
7	Plant Biostimulants(植物生物刺激剂)	117
8	Sustainable Agriculture(可持续农业)	105
9	Salinity(盐度)	105
10	Ascophyllum Nodosum(泡叶藻)	86
11	Microalgae(微藻类)	77
12	Salt Stress(盐胁迫)	74
13	Amino Acids(氨基酸)	73
14	Protein Hydrolysates(蛋白酶降解物)	63
15	Seaweed Extracts(海藻提取物)	58
16	Antioxidant Activity(抗氧化活性)	55
17	Photosynthesis(光合作用)	54
18	Metabolomics(代谢组学)	52
19	Sustainability(可持续性)	49
20	Seaweeds(海藻)	34

1.3　应用研究论文发表TOP 10国家情况

2015年1月至2024年4月，全球关于Biostimulants的应用研究论文发表TOP 10国家见表3。由表3可知，相关论文发表量依然是欧美国家占主导（占比74.03%），非洲有南非和埃及，南美主要是巴西，亚洲印度生物刺激剂应用研究论文发文量排在全球第4（占比7.5%）。

表3　2015年1月至2024年4月Biostimulants应用研究论文发表TOP 10国家

排名	国家	发文量/篇	占比/%
1	意大利	222	30.833
2	波兰	115	15.972
3	西班牙	83	11.528
4	印度	54	7.500
5	巴西	53	7.361
6	美国	52	7.222
7	埃及	46	6.389
8	南非	34	4.722
9	葡萄牙	31	4.306
10	希腊	30	4.167

1.4　应用研究论文发表TOP 10机构情况

2015年1月至2024年4月，全球关于Biostimulants的应用研究论文发表TOP 10研究机构见表4。其中，意大利有6家大学或研究机构上榜，发文总量占比69.47%，其次是埃及和西班牙；值得一提的是波兰和南非，相关发文量分别占比5.602%和5.322%。

表4　2015年1月至2024年4月全球Biostimulants应用研究论文发表TOP 10研究机构

排名	研究机构	发文量/篇	占比/%	国别①
1	University of Naples Federico II	78	21.849	意大利
2	Tuscia University	48	13.445	意大利
3	Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e L ‘analisi Dell’ economia Agraria（CREA）	44	12.325	意大利
4	Egyptian Knowledge Bank（EKB）	38	10.644	埃及
5	Consejo Superior de Investigaciones Cientificas（CSIC）	32	8.964	西班牙
6	Consiglio Nazionale delle Ricerche（CNR）	31	8.683	意大利
7	University of Padua	25	7.003	意大利
8	Catholic University of the Sacred Heart	22	6.162	意大利
9	Poznan University of Life Sciences	20	5.602	波兰
10	University of KwaZulu-Natal	19	5.322	南非

注：①指研究机构国别。

1.5　应用研究论文发表TOP 10研究者

2015年1月至2024年4月，全球关于Biostimulants的应用研究论文发表TOP 10的研究者、研究机构、发文量及占比见表5。其中，排名靠前的依然是欧洲的意大利研究者，发文总量占比74.87%；意大利那波利大学的Rouphael Youssef教授和意大利图西亚大学的Colla Giuseppe教授发文量分别占26.18%和20.42%，在该领域有显著影响力。

表5　2015年1月至2024年4月全球关于Biostimulants应用研究论文发表TOP 10研究者

排名	姓名	研究机构	发文量/篇	占比/%	国别①
1	Rouphael Youssef	University of Naples Federico II	50	26.178	意大利
2	Colla Giuseppe	Tuscia University	39	20.419	意大利
3	Lucini Luigi	Catholic University of The Sacred Heart	19	9.948	意大利
4	Petropoulos Spyridon A	University of Thessaly	15	7.853	希腊
5	Cozzolino Eugenio	CREA	13	6.806	意大利
6	Cardarelli Mariateresa	Tuscia University, CREA	12	6.283	意大利
7	Meddich Abdelilah	Cadi Ayyad University of Marrakech	12	6.283	摩洛哥
8	Rady Mostafa M	Egyptian Knowledge Bank（EKB）, Fayoum University	11	5.759	埃及
9	El-Nakhel Christophe	University of Naples Federico II	10	5.236	意大利
10	Van Staden Johannes	University of Kwazulu Natal	10	5.236	南非

注：①指研究机构国别。

1.6　应用研究论文发表TOP 10期刊

2015年1月至2024年4月，全球关于Biostimulants的应用研究论文发表TOP 10的期刊见表6。虽然发文量TOP 10期刊影响因子不算高（1.87～4.67），但数量较多（532篇），其中《Agronomy-basel》(《农学-巴塞尔》)是一本由MDPI出版的国际一流农业和植物科学期刊（JCR分区：Q1）；《Frontiers in plant science》（《植物科学前沿》）是一本在植物科学领域占有重要地位的期刊（植物科学领域1区），开放获取模式使得其研究成果能够广泛传播，年发文量多。

表6　2015年1月至2024年4月全球发表关于Biostimulants应用研究论文TOP 10期刊及影响因子

序号	刊名	发文量/篇	占比/%	影响因子
1	Agronomy-basel	140	26.32	2.26
2	Frontiers in plant science	95	17.86	4.11
3	Plants-basel	86	16.17	2.63
4	Scientia horticulturae	42	7.89	1.96
5	Horticulturae	41	7.71	2.33
6	Agriculture-basel	38	7.14	3.60
7	Journal of applied phycology	29	5.45	3.30
8	Sustainability	23	4.32	4.67
9	Hortscience	20	3.76	1.87
10	Molecules	18	3.38	3.06

2　我国生物刺激剂应用研究现状分析

据相关资料显示，2017年我国生物刺激剂产品市场规模约为10.42亿元，比2016年的8.81亿元增长了18.27%，而2011年市场规模仅为3.41亿元。随着行业的发展，技术相对成熟，行业市场规模增速呈现上升的趋势。2011—2017年，我国生物刺激剂市场规模年复合增长率达20.46%，远高于全球市场规模每年10.43%的稳定增长率。2022年，我国生物刺激剂市场规模约26.43亿元，2023年达到32.90亿元。

我国生物刺激剂应用研究相关产品主要集中在7个方面：腐植酸、氨基酸、海藻提取物、甲壳素及其主要衍生物、微生物及代谢物、植物提取物和部分小分子无机盐（如亚磷酸盐）等。由于行业中小企业众多，有的产品归类登记也不少，但应用研究需要加大投入，持续推进。例如腐植酸肥料生产和流通企业超过5 000家，截至2023年12月，有关腐植酸的国家、行业及团体地方标准多达93项。但腐植酸深入的机制研究及科学应用数据仍然有限，这在生物刺激剂其他几个板块也存在同样情况。

再如微生物及代谢物类生物刺激剂，因其特殊作用和广大农业市场的需要，虽然还没有正式的独立品类产品认证和登记，但因与微生物肥料（菌剂）行业关联度高，目前都尽量寻找相近的产品分类进行登记销售。截至2024年2月，获得农业农村部正式登记的微生物肥料产品有12 924个（登记企业超过4 500家，年产量超4 000万t，占新型肥料年产量的75%以上，年产值超过400亿元，应用面积超过3 333.3亿m^2（5亿亩），但涉及相关微生物代谢物指标的产品登记还相当少。加强这方面的应用研究技术开发和数据收集是当下及未来的重要方向。

2.1　趋势现状

2015年1月至2024年4月，国内关于生物刺激剂的应用研究论文发表总量有200篇（见图2），远不如国际同行。

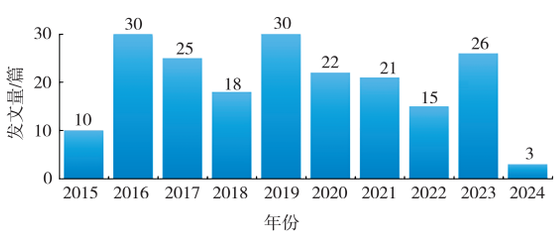

图2　2015年1月至2024年4月国内生物刺激剂应用研究论文发表情况

2.2　专题热点

2015年1月至2024年4月，国内关于生物刺激素和生物刺激剂的应用研究相关TOP 20专题热点及论文数量分布见表7。论文除集中在促进植物生长、提高产量和改善品质外，更多集中在产品相关的原料端。

表7　2015年1月至2024年4月国内生物刺激剂应用研究TOP 20专题热点及论文数量分布

序号	专题热点	发文量/篇	序号	专题热点	发文量/篇
1	生物刺激素	140	11	硝化抑制剂	5
2	生物刺激剂	61	12	脲酶抑制剂	5
3	生长	28	13	甘蔗	5
4	产量	21	14	番茄	5
5	品质	17	15	作用机制	5
6	海藻	15	16	海藻酸	5
7	腐植酸	14	17	壳寡糖	3
8	水稻	11	18	聚谷氨酸	3
9	应用效果	8	19	小麦	3
10	氮肥利用率	6	20	海藻活性物质	3

2.3　应用研究论文相关TOP 10研究领域

2015年1月至2024年4月，国内生物刺激剂应用研究论文相关TOP 10研究领域横跨工业经济、园艺、化学工业和农业植物等领域（见表8）。

表8　2015年1月至2024年4月国内生物刺激剂应用研究论文相关TOP 10研究领域情况

序号	领域	发文量/篇	占比/%	序号	领域	发文量/篇	占比/%
1	工业经济	54	65.854	6	植物保护	22	26.829
2	园艺	33	40.244	7	农学(农艺学)	6	7.317
3	化学工业	31	37.805	8	法律	3	3.659
4	农作物	26	31.707	9	植物学	2	2.439
5	农业基础科学	23	28.049	10	环境污染及其防治	1	1.220

2.4　应用研究论文所属基金项目情况

2015年1月至2024年4月，国内主要的生物刺激剂研究发文与很多国家重点研发计划和省级重大项目相关（见表9），该领域的应用研究愈来愈受到

表9　2015年1月至2024年4月国内生物刺激剂应用研究论文发表TOP 6基金项目情况

序号	基金	项目数	发文量占比/%
1	国家重点研发计划项目	13	15.854
2	国家自然科学基金项目	7	8.537
3	江苏高校优势学科建设工程资助项目	3	3.659
4	山东省重点研发计划项目	3	3.659
5	中央高校基本科研业务费	2	2.439
6	国家“十三五”科技支撑项目	2	2.439

国家的重视。

2.5　应用研究论文发表机构和期刊情况

统计资料显示，2015 年 1 月至 2024 年 4 月，国内生物刺激剂研究发表论文最多的机构依次是中国科学院沈阳应用生态研究所、南京农业大学、中国科学院大学和中国农业大学等，但发文量都不超过 10 篇。

2015 年 1 月至 2024 年 4 月国内生物刺激剂应用研究论文发表 TOP 10 期刊情况见表 10。《中国农资》、《农药市场信息》、《营销界》和《中国农药》4 份期刊的发文总量为 57 篇，占 TOP 10 期刊发文总量的 51.8%，但其不属于学术期刊；《磷肥与复肥》发文量占 TOP 10 期刊发文总量的 16.4%，该杂志已更名为《生态产业科学与磷氟工程》，并开辟了包括生物刺激剂在内的众多新质生产力产业方向的“提质增效产品创制”板块，相信未来会有很好的发展。

表 10　2015 年 1 月至 2024 年 4 月国内生物刺激剂应用研究论文发表 TOP 10 期刊情况

序号	刊名	发文量/篇	复合影响因子
1	中国农资	27	0
2	磷肥与复肥	18	0.59
3	农药市场信息	14	0
4	营销界	13	0
5	腐植酸	11	0.93
6	农药	9	1.22
7	世界农药	7	0.70
8	中国蔬菜	4	1.30
9	农业与技术	4	0.12
10	中国农药	3	0

3　未来发展机遇和挑战

从 2019 年西班牙巴塞罗那全球生物刺激剂大会后，一致认为生物刺激剂能有力应对粮食作物生产问题（60 年来全球可耕地面积减少了 1/3）、气候和环境变化（逆境）、传统农业肥料过量使用（如氮肥每年过量使用上亿吨所产生的二氧化碳排放超过了汽车、火车和飞机排放的总和）所带来的粮食短缺、环境污染、食品质量安全的严峻挑战；生物刺激剂是生防制剂（生物杀菌剂/杀虫剂）、生物农药（植物生长调节剂）、化学农药（杀菌剂/杀虫剂/除草剂）、营养肥料、精准耕种等产品的创新盈利推动力。发达国家 70% ~ 80%的化学肥料转化成有科技含量的复混肥料及专用肥来施用，大力推广应用生物肥料和新型肥料。全球部分国家生物肥料使用比例已高达 45% ~ 60%，美国等西方国家生物肥料用量约占肥料总用量的 50%。尤其是微生物及代谢物类产品是增长最快的产品类型，目前全球生物刺激剂市场有近 1/3 的产品涉及根际微生物及代谢物的技术和产品；而美国市场这一数据已经达到 50%。

2022 年 11 月 18 日，农业农村部发布了《到 2025 年化肥减量化行动方案》和《到 2025 年化学农药减量化行动方案》，目标依然是农药、化肥减量增效，确保农药化肥利用率提高到 40% 以上，保持农药、化肥使用量负增长。生物刺激剂这类新技术新产品必将获得更为广阔的发展机遇。这也为实现“双碳”目标直接或间接持续做出贡献。

目前，我国生物刺激剂行业挑战和机遇并存。一方面新产品种类和形态不断涌现，相关企业数量众多；另一方面，目前我国生物刺激剂市场规模较小，行业应用研究投入有限，企业竞争尚不充分，国外品牌占据优势地位，进口生物刺激剂产品占据了一半以上的市场份额。

随着市场逐步成熟，国内企业在应用技术水平与产品质量上与国外企业的差距将逐渐缩小，凭借本土化及性价比优势，国内生物刺激剂行业企业市场份额将会快速上升，拥有技术和成本优势的企业未来发展更具潜力。我国生物刺激剂行业面临的主要问题有以下 5 方面：（1）企业众多、规模小、产品差异化小、盈利能力低；依靠资源竞争，而不是依靠核心先进技术竞争。（2）产品发展更多只注重于生物刺激实际效果，而很少关注特定的活性成分的应用技术研究。（3）缺乏充足的田间应用研究和科学数据收集保护。（4）企业技术研发投入少，针对性的产品机制深入研究更少。（5）产业细分标准建立和行业规范管理非常迫切。我国生物刺激剂行业发展前景可期，虽任重道远，但行则将至。

［参考文献］

[1] GUPTA S, BHATTACHARYYA P, KULKARNI M G, et al. Editorial: Growth regulators and biostimulants: upcoming opportunities[J]. Frontiers in Plant Science, 2023, 14: 1209499.

[2] CORSI S, RUGGERI G, ZAMBONI A, et al. A bibliometric analysis of the scientific literature on biostimulants [J]. Agronomy, 2022, 12(6): 1257.

[3] 中国无机盐工业协会.中国无机盐工业年鉴(2022)[M].北京：中国无机盐工业协会，2022：326-345.

[4] 王学江，李峰，张志凯.植物用生物刺激素的研究进展[J].磷肥与复肥，2021，36(5)：21-26.