

黑水虻处理餐厨垃圾技术 发展现状与展望



编制单位：万科公益基金会

编制日期：2024年8月

报告目录

- 1. 前言 1
- 2. 全球黑水虻产业发展现状 2
 - 2.1 市场规模 2
 - 2.2 产业分布 2
 - 2.3 发展环境 5
 - 2.3.1 科技创新支撑不断增强 5
 - 2.3.2 国际组织高度认可 5
 - 2.3.3 行业组织影响力增强 6
 - 2.3.4 政策法规不断完善 7
- 3. 中国黑水虻产业发展现状 10
 - 3.1 产业规模 10
 - 3.2 产业特征 10
 - 3.3 运行模式 12
 - 3.3.1 社区公益型运行模式 12
 - 3.3.2 环保产业共生模式 13
 - 3.3.3 链式一体化运营模式 14
 - 3.3.4 大棚地槽养殖模式 15
 - 3.4 产业发展环境 15
 - 3.4.1 技术创新热度高 15
 - 3.4.2 政策环境不断改善 16
- 4. 中国黑水虻技术处理餐厨垃圾的机遇与挑战 17
 - 4.1 面临机遇 17
 - 4.2 面临挑战 17
- 5. 中国黑水虻产业发展建议 17
 - 5.1 加快黑水虻规模化生产技术创新研发 17
 - 5.2 着力推动黑水虻产业规范化 17

5.3 建立代表黑水虻产业的机构组织	18
5.4 加强政府部门联动完善支持政策	18
6. 参考资料	19
7. 致谢	26

万科公益基金会 严禁复制

1. 前言

随着对可持续发展的关注,过去十年,昆虫蛋白产业在全球范围内迅速兴起。黑水虻(拉丁学名:*Hermetia illucens* L, 英文名 Black soldier fly) , 是腐生性水虻科昆虫, 因可取食餐厨垃圾、农副产品下脚料以及畜禽粪污等有机废弃物生产为富含蛋白与脂肪的幼体, 且具有繁殖周期短、生物量大、营养组成丰富的特点, 是公认的明星资源昆虫, 在全世界范围内得到推广。我国面临每年约 1.2 亿吨的餐厨垃圾(餐饮垃圾和厨余垃圾的统称) 处理巨大压力, 同时, 作为水产与畜禽养殖大国, 成为蛋白饲料第一大国。黑水虻技术既可实现餐厨垃圾有效资源化, 又可提供优质虫体蛋白, 具有生态、经济多重效益, 在中国得到快速发展。然而, 尽管拥有丰富的资源需求, 我国黑水虻无论是规模化、产业化水平都与欧美等发达国家都有较大差距。

万科公益基金会早在“十三五”期间进行了一系列卓有成效的减碳实践, 在 2018 年启动零碳社区建设, 引入黑水虻技术处理厨余垃圾, 取得显著的社会效益。为了进一步推动我国黑水虻技术的发展, 在万科公益基金会的支持下, 本报告通过桌面调研、访谈交流与实地考察结合方式, 查阅文献资料 100 余篇, 访谈政府管理部门、黑水虻领域研究专家、黑水虻养殖企业以及饲料生产企业等黑水虻产业相关者 60 余人次, 全面梳理了国内外黑水虻产业发展现状、政策环境, 分析我国黑水虻产业发展面临的机遇与挑战, 并提出推动我国发展黑水虻产业相关建议。

报告正文

2. 全球黑水虻产业发展现状

2.1 市场规模

关于全球黑水虻行业的市场规模，由于数据来源和统计口径的不同，存在比较大的差异。2022 年，据 GIR (Global Info Research)调研，按收入计，2022 年全球黑水虻饲料收入大约 155.4 百万美元，预测 2024-2030 年期间年复合增长率 CAGR 为 23.1%。根据华经情报网统计，2022 年全球黑水虻市场规模约为 2.43 亿美元，同比上升 13.02%，这一数字可能包含了黑水虻养殖及其相关产品的整体市场，而不仅仅是饲料部分。根据涛越咨询 (TY DataInfo) 的统计及预测，2023 年全球饲用黑水虻虫粉市场销售额达到了 0.2 亿美元，预计 2030 年将达到 0.9 亿美元，年复合增长率 (CAGR) 为 21.2% (2024-2030)。《Research and Markets》则预计到 2030 年，全球黑水虻市场将达到 25.7 亿美元，在 2019 年至 2030 年的预测期内，复合年增长率为 33.3%。据智研瞻产业研究院统计数据显示，2017 年全球黑水虻养殖行业的市场规模为 142.36 亿元，至 2021 年全球黑水虻养殖行业的市场规模已增长为 175.7 亿元，并有持续增长趋势。

2.2 产业分布

截至 2024 年，全球黑水虻产业的知名企业主要集中在欧洲与北美，其中发展较为迅速的有法国、荷兰、美国、加拿大等，亚太地区的新加坡、马来西亚也展现了浓厚的兴趣并保持积极跟进。其中一些头部企业已发展为跨国公司，在不同大洲都已有产业布局或规划，国际黑水虻养殖产业的分布情况如图 1 所示。

全球范围内黑水虻及其产品制造商包括黑水虻蛋白饲料生产企业主要包括荷兰 Protix、法国 InnovaFeed、法国 Ynsec、美国 Envirofight 公司等，公开报道可以收集到的主要企业信息见表 1。从黑水虻养殖企业信息来看，产业规模以千吨级（蛋白）为主，达到万吨级规模的较少。养殖模式以集约化、自动化、智能化的立体工厂养殖模式为主，饲养基质方面以农业、食品废弃物以及餐厨为主，欧洲企业严格依据欧盟法规，仅采用植物基原料。从产品类型来看几乎所有的企业提供虫干、虫粉、虫油及虫粪有机肥产品为主。



图 1 全球黑水虻养殖产业分布图

头部企业代表：

荷兰 Protix：成立于 2009 年，总部位于荷兰 Dongen，Protix 在荷兰的工厂已达到年处理 5 万吨餐厨垃圾和食品加工垃圾、年产 1.5 万吨幼虫的能力，运用智能算法和机器技术保证工业规模的运行，饲养过程已实现全自动，因“其在食品可持续性方面的卓越表现”Protix 荣获 2020 年荷兰创新奖。Protix 拥有超过 15 个合作伙伴，业务遍及欧洲、北美和亚太地区，其产品开发包括黑水虻蛋白质餐食、昆虫油、宠物食品原浆、有机肥料和水产饲料等，并在 13 个国家进行售卖。Protix 已经完成了多轮融资，包括来自 Aqua-Spark、Rabo Ventures Brabant Development 和 Invest-NL 等投资机构的战略融资。2023 年泰森食品计划与 Protix 在美国建立一个原料工厂，计划在美国建立面向宠物食品市场的合作生产工厂，并成立合资企业共同经营一家昆虫配料工厂，这将进一步巩固 Protix 在全球昆虫蛋白市场的领先地位。

法国 InnovaFeed：成立于 2016 年，总部位于法国巴黎，从事生产和销售黑水虻幼虫提取的粗粉和油脂，以及以昆虫粪便制成的肥料供应。拥有超 15 个合作伙伴，业务遍及欧洲、北美、亚太地区和拉丁美洲。2020 年，InnovaFeed 宣布将在美国伊利诺伊州建设“世界上最大的昆虫农场”，预计每年生产 6 万吨蛋白质和 2 万吨虫油。2022 年，InnovaFeed 完成了 2.5 亿美元的 D 轮融资，这是除美国外农业科技领域有史以来规模最大的一轮融资。本轮融资由卡塔尔投资局领投，

Creadev、新加坡国有基金淡马锡、全球农产品交易商 ADM 和嘉吉公司等多家知名投资机构参与。此次融资不仅彰显了 Investors 对 InnovaFeed 技术和市场潜力的认可，也进一步巩固了 InnovaFeed 在昆虫蛋白生产领域的领先地位。

法国 Ynsect：成立于 2011 年，总部位于法国。Ynsect 在黑水虻的养殖和研发方面具有丰富的经验，拥有众多合作伙伴，包括宠物食品生产商、动物饲料供应商等。2021 年，Ynsect 宣布建设第三个生产基地，该基地将成为除巴黎以外世界上最大的昆虫农场，建成后，该公司总生产能力将超过 23 万吨。同年，Ynsect 宣布收购荷兰同行 Protifarm，加快了公司的整体生产能力。被收购公司 Protifarm 拥有 37 项专利，使 Ynsect 的总专利组合达到近 300 项。

表 1 国际黑水虻养殖生产企业基本情况

国家	公司名称	成立时间	生产规模	饲养基质	养殖工艺	产品类型
荷兰	Protix	2009	-	食品加工废弃物	立体工厂	虫卵、虫粉、虫油、虫粪有机肥
美国	EnviroFlight	2009	3200 吨蛋白	餐厨垃圾、酿酒和烘焙废弃物	立体工厂	干虫、虫粉、虫油、虫粪有机肥
马来西亚	Entofood	2010	-	农业废弃物 餐厨垃圾	立体工厂	虫粉、饲料添加剂、虫粪有机肥
法国	Ynsect	2011	-	-	立体工厂	饲料添加剂、可食用蛋白、虫粪
法国	Agronutris	2011	200 吨/天 废弃物	农产品加工 废弃物	立体工厂	虫粉、虫油、虫粪有机肥
西班牙	BioflyTech	2012	12000 吨 蛋白	-	立体工厂	虫粉、虫油、虫粪有机肥
新加坡	Entobel	2013	大于 1000 吨蛋白	植物农产品 食品废弃物	立体工厂	虫粉、虫油、土壤修复剂
美国	Beta-Hatch	2015	-	农业及食品 废弃物	立体工厂	干虫、虫粉、虫油 土壤调理剂
马来西亚	Nutrition Technologies Group	2015	-	农业工业副 产品	-	虫粉、虫油、虫粪 有机肥
法国	NextProtein	2015	-	-	-	虫粉、虫油、虫粪 有机肥
法国	InnovaFeed	2016	15000 吨 蛋白	玉米淀粉加 工废弃物	立体工厂	水产、畜禽、宠物饲料、肥料

续表 1

国家	公司名称	成立时间	生产规模	饲养基质	养殖工艺	产品类型
爱尔兰	Hexafly	2016	-	酿酒厂废渣、食品加工废弃物、厨余垃圾	立体工厂	宠物饲料、虫粉、虫油、虫粪有机肥
美国	Soldier Fly Technologies	2017	-	-	-	养殖设备
肯尼亚	InsectiPro	2018	12 万吨废弃物/年	食品废弃物	立体工厂	干虫、食用昆虫，虫粪有机肥
德国	FarmInsect	2019	-	作物加工副产物或果皮	立体工厂	鲜虫
新加坡	Protenga	2020	20~60 吨/天废弃物	农业和食品副产品	小型分散工厂	水产饲料、虫粉、虫油、虫粪有机肥

2.3 发展环境

2.3.1 科技创新支撑不断增强

从检索的国际期刊与专利发文量年度变化趋势（图 2）可以看出，在 2010-2016 年间，国际发表的相关文章和专利较少，从 2017 年开始，相关研究成果数量大幅增长。专利方面，2013 年以前几乎没有该主题下的专利申请，从 2014 年开始，专利申请数量呈现逐年增长的趋势，表明黑水虻技术近 10 年来成为研究热点，得到越来越多研究机构的重视，对产业科技进步的支撑也在加强。

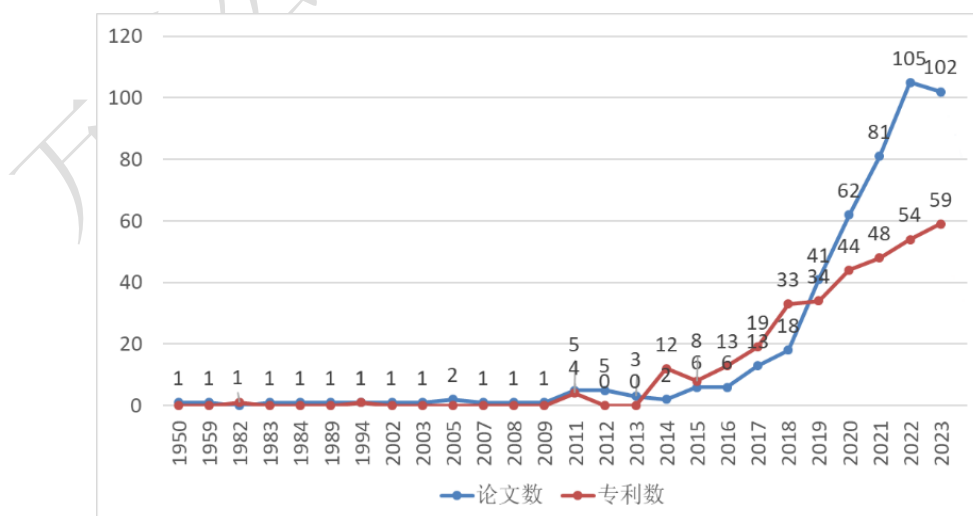


图 2 国际期刊与专利发文量年度变化趋势

2.3.2 国际组织高度认可

黑水虻在环境保护以及可持续蛋白上的作用发挥得到联合国粮农组织 (FAO)、联合国环境规划署 (UNEP)、世界自然基金会 (WWF) 以及国际农业发展基金 (IFAD) 等国际组织的多个国际组织的支持推动, 提高了黑水虻在全球范围内的认知度。相关举措有: **一是通过发布报告倡导黑水虻技术的应用, 推动相关政策的制定和实施, 提高各国政府对黑水虻技术的认识和重视程度。**FAO 早于 2013 年就发布文件《Edible insects – Future prospects for food and feed security》, 评估了昆虫作为食物和饲料的潜力, 黑水虻被列为应用前景广泛的一种昆虫。UNEP 在 2023 年组织召集 Climate and Clean Air Coalition 的技术和经济评估小组 (CCAC-TEAP) 认定黑水虻生物转化技术是一种减少有机废物的排放的经济且高效的方法, 在与全球固废协会共同发布的《2024 年全球废弃物处理展望》中, 将黑水虻处理废弃物技术作为废弃物高值化利用的典型案例分析进行推广。WWF 于 2021 年发布报告《饲料的未来: WWF 加速英国饲料中昆虫蛋白的路线图》, 强调昆虫饲料在应对气候和自然危机方面的巨大潜力。IFAD 于 2023 年 1 月发布报告《Why insects are the next global super food》, 讨论了昆虫作为食品和饲料的潜力, 报告指出昆虫作为蛋白质和微量营养素的来源在减少温室气体排放方面具有潜力。**二是通过项目资助推广黑水虻技术。**FAO 为涉及黑水虻技术的项目提供资金资助, 如“阿比让从厨余到餐桌生物循环经济” (BioDAF) 项目, 该项目利用黑水虻消耗有机废物, 帮助科特迪瓦城市阿比让解决废物管理问题, 并提供了可资借鉴的方案。FAO 的孵化器 ELEVATE 计划也资助了这类创新项目, 推动黑水虻技术的应用和发展。**三是促进黑水虻技术领域的国际合作与交流。**2014 年 5 月, FAO 与荷兰瓦赫宁根大学共同组织成功举办了第一届昆虫养育世界国际会议, 该会议成为昆虫饲料和食品领域的顶级会议, 此后每两年举办一次。

2.3.3 行业组织影响力增强

欧盟成立了国际食品和饲料昆虫平台 (International Platform of Insects for Food and Feed, IPIFF), 该平台建立了一个全球性的网络, 有 23 个国家的 70 个企业单位加入。北美成立了北美昆虫农业联盟 (North American Coalition for Insect Agriculture, NACIA) 的成员包括昆虫生产商、食品、动物饲料、宠物食品和土壤健康产品制造商, 以及农业和食品技术和服务提供商。亚洲 2016 年成立了食品和饲料昆虫协会 (The Asian Food and Feed Insect Association, AFFIA), 成员为

从事昆虫生产或研究的相关企业与科研人员，旨在将昆虫作为人类食品和动物饲料的营养来源实现全球食物链的可持续。这些行业组织在倡导黑水虻昆虫蛋白法规修订、促进行业合作与交流、拓展市场需求发挥了重要的作用。

倡导法规修订。作为行业代表，IPIFF 积极反映昆虫蛋白生产商、养殖者及相关公司的需求和挑战，针对昆虫蛋白法规的缺失，IPIFF 要求修订欧盟的饲料法规，如 2021 年 IPIFF 推动欧盟通过了一项新的法规草案，为昆虫粪作为肥料用途设定标准，这有助于提高昆虫粪的市场竞争力和产业增长。IPIFF 的倡导工作使得黑水虻产业在欧盟得到了快速发展，推动了该产业的规模化和商业化进程。

推动行业规范。IPIFF 制定了《关于欧盟昆虫生产者作为人用食用和动物饲料用处的昆虫饲用、加工指南》，提高昆虫产品的质量和安全性。通过制定和实施严格的标准，IPIFF 确保昆虫蛋白产品能够满足欧盟食品与饲料安全的最高标准。

促进行业交流。IPIFF 每年都会组织多个昆虫蛋白行业会议，如 2022 年就举办了 Building bridges between the insect production chain, research and policymaker, Shaping European Food Systems: How insect farming is contributing to the ‘Farm to Fork’ strategy targets, Transatlantic opportunities for farmed insects in food and feed 这 3 个不同主题的会议。亚洲昆虫食品及饲料协会 AFFIA 也于 2023 年开始定期举办亚洲昆虫产业与研究论坛。通过定期举办研讨会，开展昆虫蛋白技术创新、产品研发信息交流，不断推动昆虫产业的创新和合作。

2.3.4 政策法规不断完善

除了中国，欧盟、美国、加拿大、俄罗斯等明确可以将黑水虻昆虫作为动物饲料，主要有各地区的相关政策法规可见表 2。

欧盟

欧盟是过去十五年昆虫蛋白产业国际头部企业的主战场。欧盟对昆虫蛋白产业技术的关注早、市场接纳度高，相关的法律、法规、政策也更加完善，这些法规共同确保了动物饲料的安全性和卫生性，同时也支持了食品和饲料领域的创新和可持续发展。2017 年 7 月，欧盟批准了在水产养殖动物中使用昆虫蛋白原料，并于 2021 年 8 月 17 日欧盟官方公报发布《欧盟委员会条例 (EU) 2021/1372》条例，将由昆虫制成的加工动物蛋白 (insect PAPs) 用于家禽和猪饲料。

美国

在美国,美国饲料管理协会(AAFCO)和美国食品药品监督管理局(FDA)通过各自的职责和合作,共同授权了黑水虻昆虫蛋白的使用。美国饲料管理AAFCO委员会(Association of American Feed Control Officials),负责为制定饲料成分的官方定义、营养标准和标签要求,以确保饲料的品质、安全性和合规性,已经批准使用干燥黑水虻幼虫作为家禽饲料、成年犬食品以及三文鱼等水生动物的饲养原料,黑水虻的养殖允许使用农产品加工废弃物、厨余垃圾等作为原料。这一举措为黑水虻昆虫蛋白饲料在美国市场的推广和应用提供了法律基础并成为各州和联邦监管机构执法的重要依据。2018年,美国食品与药物管理局(FDA)已批准“全干黑水虻幼虫(BSFL)”在家禽饲料中作为蛋白源,且可作为宠物食品。美国也对黑水虻养殖、加工和利用过程颁布了多个监管法规和支持政策。美国各州根据自身情况制定具体的昆虫养殖和利用规定,这些规定可能包括养殖场所的选址、设施要求、养殖技术、病虫害防治、产品加工和销售等方面的内容。养殖者需要遵守这些规定,以确保昆虫产品的安全性和可持续性。

加拿大

在加拿大,昆虫已被认为是一种新型饲料原料。2016年黑水虻幼虫被授权用于鸡饲料,2017年黑水虻幼虫被授权用于水产养殖,直至2018年,黑水虻可用于所有家禽养殖。加拿大食品安全检验局(Canadian Food Inspection Agency, CFIA)会对昆虫产品进行严格的监管,包括养殖、加工、运输和销售等环节。昆虫产品必须符合加拿大的食品安全标准,包括微生物、化学残留物、重金属等方面的限制。加拿大环境保护法(Canadian Environmental Protection Act, CEPA)和相关生物安全法规对昆虫养殖和利用提出了环保和生物安全要求。养殖者需要确保养殖过程不对环境造成污染,包括水体、土壤和空气等方面。对于可能具有生物风险的昆虫种类,加拿大政府可能会实施特殊的监管措施,以防止其传播和扩散。

南非

在南非昆虫(白蚁和黑水虻)养殖已主要用作动物饲料。肯尼亚标准局(KEBS)批准了三项国家标准以指导食用昆虫及其加工副产品的初级生产。KS 2921:2020为昆虫养殖者提供了最低基础设施和环境要求来确保收获产品安全的指南。20KS2922标准第121和222部分规定了含有加工食用昆虫的产品(食品和饲料)应遵守的要求。

表 2 不同地区食用/饲用昆虫政策法规的要求

地区	管理部门	政策法规要求
欧盟	欧洲委员会	1. 未经加工和非致病性的昆虫，如果使用批准的物料饲养，可以用于饲喂非反刍动物； 2. 从黑水虻等 7 种昆虫中提取的动物蛋白可用作水产养殖饲料； 3. 来自不同昆虫的脂肪可用作饲料成分； 4. 禁止使用含有动物成分的粪便、排泄物和加工过的废物作为昆虫养殖的饲料； 5. 蔬菜废弃物可用作饲养昆虫的基质； 6. 18 岁以下人士不应食用含有昆虫的食品。
拉丁美洲	哥伦比亚农业农村发展部	1. 一般饲料安全标准适用于昆虫； 2. 允许在非反刍动物身上使用加工过的动物蛋白外； 3. 昆虫脱水液可作为家禽饲料。
美国	美国食品药品监督管理局	1. 完整的或干燥的黑水虻可被应用于水产养殖； 2. 其他用作饲料的昆虫需要获得 FDA 的 GRAS 批准。
亚洲	中国：全国饲料评审委员会 韩国：农业、食品和农村事务部 马来西亚：卫生部 泰国：食品药品监督管理局	1. 在中国部分昆虫（粉）/脱脂虫粉可作为饲料原料； 2. 新的饲料原料由饲料和饲料添加剂管理部门评估并添加到饲料目录中； 3. 韩国已经解除了对昆虫使用的管制； 4. 在马来西亚昆虫被认为是动物来源的蛋白质，禁止在饲料中使用； 5. 泰国食品和药物管理局拟用作饲料的昆虫应遵守饲料管理法 B.E. 2558。
非洲		1. 在非洲国家，尚未有具体的规定。包括肯尼亚、南非和乌干达在内的几个国家正在起草政策和法规，以促进食用昆虫作为饲料的商业化； 2. 2021 年，为鼓励在饲料中使用干燥昆虫加工产品替代蛋白原料，保证干燥昆虫产品的质量，坦桑尼亚标准局拟制定“复合饲料中干燥昆虫加工产品标准（G/TBT/N/TZA/583）”。
澳大利亚	州/地区监管机构	1. 用含有限制性动物材料的食物垃圾喂养的昆虫不能用作反刍动物的饲料； 2. 用猪饲料喂养的昆虫不能作为猪的饲料来源； 3. 在澳大利亚，用任何基质饲养的昆虫都允许在水产养殖中作为饲料使用。
加拿大	加拿大食品检验局	1. 用食品垃圾生产的黑水虻可被用作作为家禽和鱼类的饲料； 2. 拟用作饲料的昆虫的申请必须连同其风险评估一起提交。

3. 中国黑水虻产业发展现状

3.1 产业规模

作为新兴产业，黑水虻产业尚未有官方统计数据。根据共研产业咨询报告，2023 年我国黑水虻鲜虫统计产量为 12.31 万吨，国内黑水虻虫沙（有机肥）产量从 2017 年的 7.58 万吨增长至 2023 年的 18.47 万吨，由此估算 2023 年我国黑水虻养殖行业市场规模为 4.9 亿元，其中鲜虫市场规模为 4.03 亿元，黑水虻虫沙市场规模为 0.87 亿元。根据华经情报网统计，2022 年中国黑水虻市场规模占全球比重达 25.42%。

3.2 产业特征

随着国家对生物循环经济的关注以及寻求可持续蛋白的重大战略需求，黑水虻产业近几年在我国快速兴起，并已构建出一条黑水虻生产价值链。黑水虻产业利益相关者涉及上游端餐厨垃圾处理厂、中游端黑水虻育种和虫卵供应企业、黑水虻养殖设备生产企业、昆虫养殖企业以及下游端昆虫饲料、昆虫肥料生产应用企业（见图 3）。随着黑水虻养殖企业的大量增长和养殖关键技术不断取得突破，一些地区的垃圾处理厂的三相固渣由原来付费处理转变为有偿提供，部分地区售价高达 200 元/吨，虫卵的价格从最初的 1 元/克下降至 0.5 元/克左右，黑水虻虫干价格由 12000 元/吨降至 6000 元/吨左右，黑水虻昆虫蛋白越来越具有市场竞争力，为社会创造了更多的就业机会与收入来源。

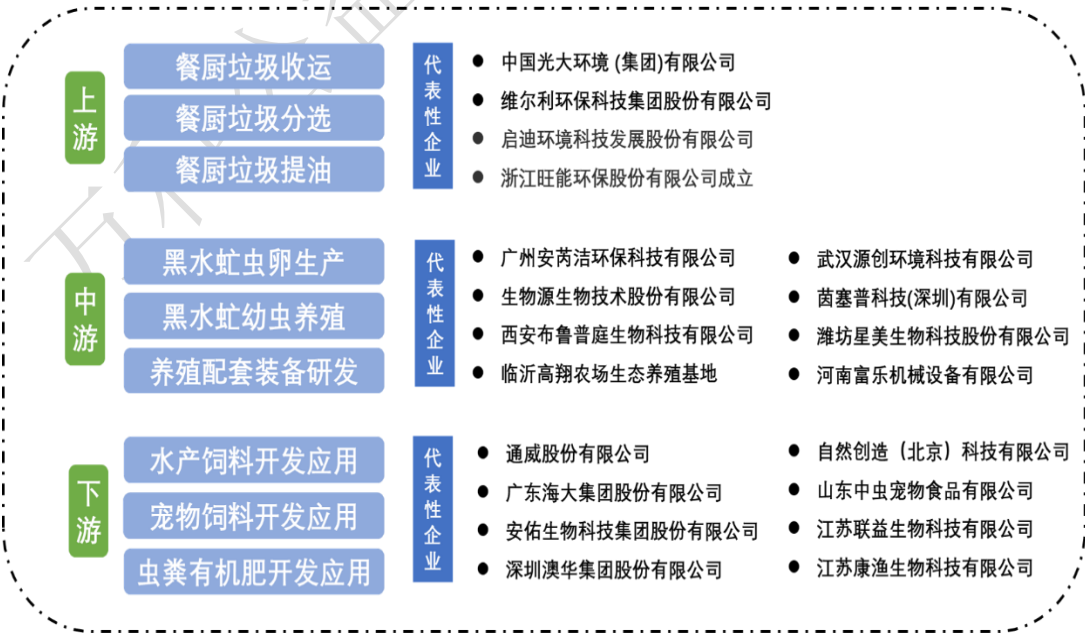


图 3 黑水虻养殖产业链全景图

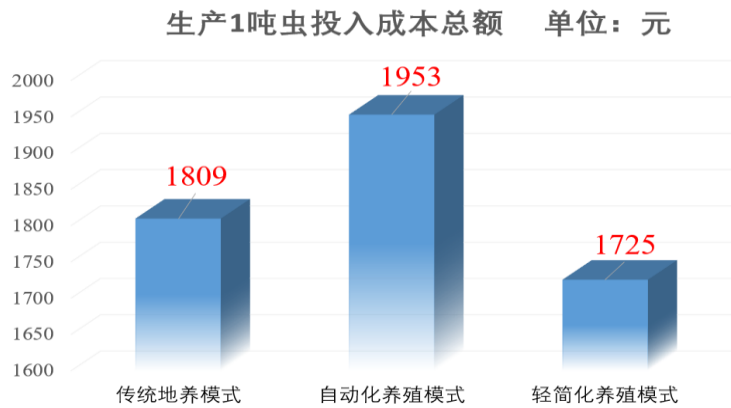


图 4 不同养殖模式下的黑水虻鲜虫生产成本

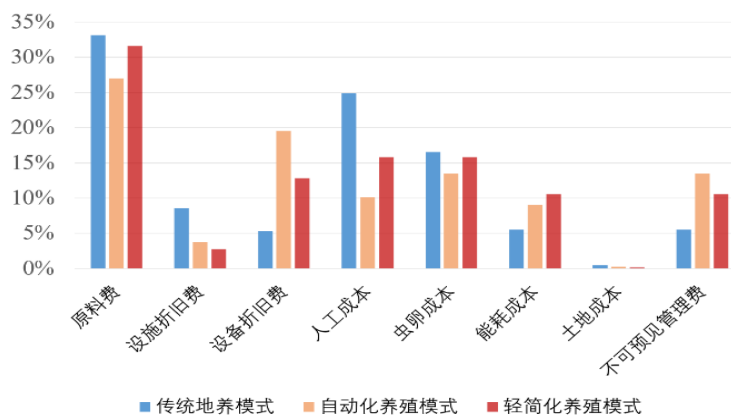


图 5 不同养殖模式下鲜虫生产成本的占比

从调研的黑水虻养殖企业情况来看(见表 3)，当前我国主要采用地面养殖和立体工厂化养殖两种模式，受投入资本制约以及经济利益驱动，地面养殖还是当前主流模式，处理 30 吨餐厨的中小规模地养模式占比较高。不同养殖模式下黑水虻鲜虫的生产成本约为 1725~1953 元/吨，原料是最主要的生产成本，地养模式的人工成本占比最高，全自动养殖模式中设备折旧费用最高，而轻简化立体养殖模式能够降低初始投资，提高养殖效率，总体成本居中。从末端产品来看，鲜虫、干虫、冻虫为主要产品模式，部分企业开发了黑水虻液态饲料产品，如酶解黑水虻浆、发酵黑水虻浆（膏）等，北京自然创造开发出昆虫宠物食品。从市场需求来看，尽管国内一些头部饲料企业如通威、海大、澳华等收购黑水虻虫干作为饲料原料，但我国鲜虫销售占比高，根据华经情报网报道，我国鲜虫市场规模占比达 82.45%。一是来自水产养殖户的使用习惯偏爱鲜虫，二是减少了加工成本，企业生产鲜虫的利润高，积极性大。

表 3 国内黑水虻养殖企业情况

公司名称	基地位置	物料类型	养殖工艺	规模
------	------	------	------	----

武汉源创环境科技有限公司	上海、武汉、广西池州等	餐厨固渣	立体养殖	处理餐厨固渣 200 吨/天
生物源生物技术（深圳）股份有限公司	惠州基地 花都基地	餐厨固渣	地面槽养	产出干虫 3000 吨/年
广州无两生物科技有限公司	惠州	餐厨固渣	地面槽养	处理餐厨固渣 30 吨/天
广州安芮洁环保科技有限公司	广东	餐厨固渣	立体养殖	处理餐厨固渣 500 吨/天
茵塞普科技（深圳）有限公司	东莞	餐厨固渣	立体养殖	处理餐厨固渣 10 吨/天
东台生久生物科技有限公司	盐城市	鸡粪+餐厨	地面+立体	鸡粪 10 吨/天 餐厨 10 吨/天
自然创造科技有限公司	北京	餐厨、植物性原料	立体养殖	-
升申（江苏）生物环境科技有限公司	南京	餐厨固渣	立体养殖	处理餐厨固渣 50 吨/天
山东高翔农场生态养殖基地	临沂	餐厨固渣	地面槽养	处理餐厨固渣 90 吨/天

3.3 运行模式

3.3.1 社区公益型运行模式

深圳盐田区梅沙街道大梅沙万科中心、盐田区近零碳科普馆和北京市海淀区西山庭院小区通过政府引导、社区参与、企业运作的方式，在万科公益基金会资助下，将厨余垃圾收集后采用黑水虻进行就地处理，产生的虫粪与园林绿化垃圾（落叶、枯枝等）一同进行堆肥，产出的有机肥就地回用于小区日常绿化养护和土壤改良。根据中国科学院生态环境研究中心周传斌研究员对上述三个项目开展的系统评估发现，此种模式在减少生活垃圾收运处理成本、黑水虻虫干、污染物减排潜力、科普教育等方面具有较高的直接和间接效益。

就环境效益来说：1) 因为生产虫干减少饲料生产过程的碳排放，取 32.82 kg(CO₂-eq)/t¹；2) 因为虫粪堆肥减少化肥生产过程的碳排放，设定取代化肥为尿素（N 含量为 46%），虫粪 N 含量按 0.8% 计算（湿基），取代化肥倍数为 1.8%，尿素化肥生产过程中的碳足迹 352 kg(CO₂-eq)/t（《尿素单位产品排放限额》）；3) 因为垃圾焚烧减少的氮氧化物、二氧化硫等典型污染物排放。厨余垃圾中的 N、S 含量根据前期实验测试结果，取 0.51% 和 0.04%（湿基），因此单位厨余垃圾

¹ www.aonong.com.cn/upload/202210/08/202210081125512991.pdf

焚烧后产生的 NO_2 和 SO_2 分别为 1.8% 和 0.08%。综上, 通过这种模式处理 1.0 吨厨余垃圾可减少 1.0 kg 饲料、化肥生产过程的碳排放, 同时减少 18.8 kg 因垃圾焚烧带来的氮氧化物和二氧化硫等典型污染物排放。

由于上述 3 个项目都是基于社区小尺度, 每吨厨余垃圾处理设施的建设成本和运行维护成本偏高, 后续有望通过优化人工配置、对附近社区厨余垃圾协同处理等方式进一步提高经济效益。此外, 由于黑水虻生物处理是一类较新的垃圾分类处理技术, 具有较高的科普价值, 通过实施此类项目可以直接让居民感受到厨余垃圾资源化利用带来的收益, 进而推动垃圾分类工作, 社会效益显著。

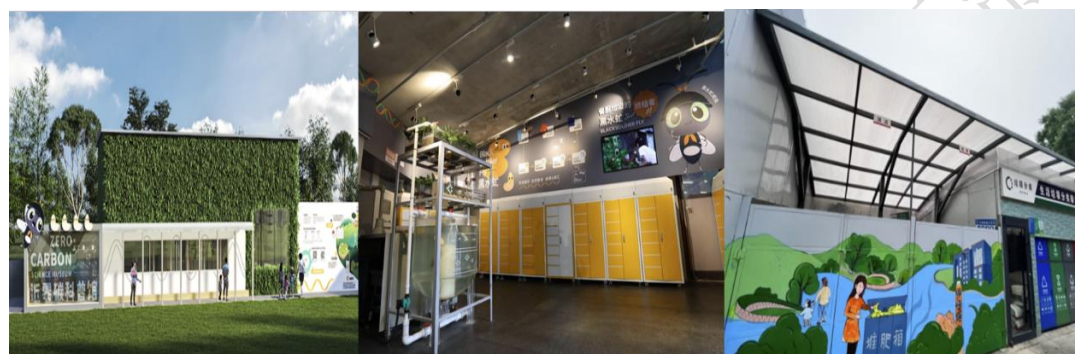


图 6 近零碳社区和西山庭院小区

3.3.2 环保产业共生模式

上海老港生态环保基地是全国固废处理能力最大、处理对象最多元、资源能源利用产业链最完善的综合处置基地, 该基地承担着上海市超 50% 的生活垃圾末端处理和资源化的重任。2023 年, 由上海老港联合武汉源创环境科技有限公司建设了处理餐厨固渣 50 吨/天的黑水虻处理工厂, 将餐厨垃圾分拣提油的固渣提供给黑水虻养殖厂区, 黑水虻养殖产生的虫粪与基地厌氧发酵沼渣进行好氧生物堆肥, 形成了基于收集运输-分离提油-昆虫蛋白-生物沼气-生物肥料的多产业共生模式。项目目前正在规划建设三期工程, 设计规模达到日处理 450 吨。



图 7 上海老港生态环保基地黑水虻处理工程

3.3.3 链式一体化运营模式

深圳安芮洁环保科技有限公司是国内最早从事昆虫处理餐厨垃圾的企业,于2022 年在全国率先发布了广东省团体标准《厨余垃圾生产黑水虻饲料技术规范》。企业与深圳政府签订协议,取得餐厨垃圾的收运和处理经营许可,获得每吨餐厨垃圾收运处理补贴约 300 元/吨,建设了日处理量达 500 吨的黑水虻养殖基地,由于昆虫产量大,安芮洁开发了黑水虻虫粪肥以及一系列黑水虻饲料添加剂产品,如黑水虻虫膏等,形成了“餐厨处理-黑水虻养殖-饲料加工”的全链条产业发展模式,实现了废弃物处理收益和黑水虻养殖收益的双重目标,产业经济效益显著提高,企业获得了可持续发展动力。



图 8 安芮杰养殖现场与自研饲用产品

3.3.4 大棚地槽养殖模式

该模式利用农业设施大棚进行饲养黑水虻,饲养基质通过外购餐厨垃圾处理厂获得。如山东菏泽高翔生态农业基地租赁了 30 亩农业设施大棚,采用地面刀刮布槽进行黑水虻养殖,日处理餐厨固渣 100 吨/天,每日鲜虫产量 18 吨左右。由于土地成本与养殖设施投入少,项目总投资仅需 450 万元,鲜虫生产成本在 1200 元/吨左右,利润可观。该模式通过减少设备设施投入来获得较高的利润空间,但养殖方式粗放,作业环境差。



图 9 大棚地槽养殖模式

3.4 产业发展环境

3.4.1 技术创新热度高

从我国期刊与专利发文量年度变化趋势可以看出，国内越来越多科研机构关注黑水虻产业科技创新，从 2016 年开始，有关黑水虻研究的论文以及授权专利数开始激增，2023 年继续创造新高，论文发表总数已超过美国成为世界第一。从企业授权专利来看（表 3），企业投入科技创新研发力度较大，形成良好的科技创新氛围。

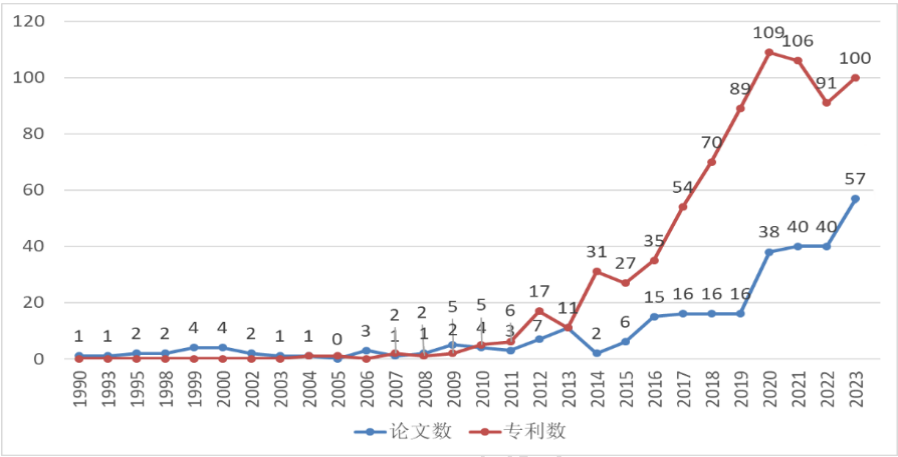


图 10 中国期刊与专利发文量年度变化趋势

表 4 国内黑水虻养殖企业相关专利情况

公司名称	养殖工艺	养殖设备	产品开发	总计
自然创造（北京）科技有限公司	9	15	8	32
广州安芮洁环保科技有限公司	8	20	1	29
武汉源创环境科技有限公司	8	17	2	27
广东金银山环保科技有限公司	3	19	2	24
生物源生物技术股份有限公司	9	4	6	19
广州无两生物科技有限公司	7	5	3	15
广州飞禧特生物科技有限公司	5	8	3	16
普罗欧生物科技(湖北)有限公司	9	28	0	37

3.4.2 政策环境不断改善

黑水虻作为昆虫蛋白粉已进入农业部饲料目录。农业农村部已将包括黑水虻在内的昆虫（粉）列入饲料原料目录，明确在不影响公共健康和动物健康的前提下，允许其作为饲料原料在饲料生产和动物养殖中使用。强制性国家标准《饲料卫生标准》对饲料原料的卫生指标限量要求作出了明确规定，以黑水虻为原料加工生产昆虫粉的有关单位可依据该标准组织生产，确保产品质量安全。然而，黑水虻产品作为饲料原料还存在政策性限制问题，黑水虻鲜虫、黑水虻酶解虫浆（膏）、黑水虻发酵虫浆、黑水虻油脂等产品，尚未列入“饲料原料目录”中。

行业标准正在建立。近年来，各行业协会、省市发布了多项团体标准、地方标准来引导黑水虻技术和产品的规范性和安全性。然而，由于产业影响力不够，尚未有更具权威的国家标准和行业标准发布，市场与监管的规范性与国外有较大的差距。

表 5 国内黑水虻养殖技术地方标准

序号	标准号	标准名称	发布时间	地区
1	DB36/T 1361-2020	黑水虻处理鸭粪技术规程	2020.12	江西省
2	DB53/T1050-2021	黑水虻饲养技术规范	2021.5	河南省
3	DB3715/T 7-2022	黑水虻饲养技术规程	2022.9	聊城市
4	DB36/T 1694-2022	餐厨垃圾集约化养殖黑水虻技术规程	2022.11	江西省
5	DB41/T 2410-2023	黑水虻繁育技术规程	2023.4	河南省
6	DB53/T 1182-2023	黑水虻处理猪粪技术规程	2023.10	云南省
7	DB50/T 1527-2023	黑水虻处理猪粪技术规程	2023.12	重庆市

表 6 国内黑水虻养殖技术团体标准

序号	标准号	标准名称	发布时间	地区
1	T/GZZX 4—2018	饲料用干黑水虻虫	2018.8	广州市质量技术监督信息协会
2	T/GDNB 55—2021	饲用黑水虻鲜虫	2021.10	广东省农业标准化协会

3	T/GDNB 56—2021	酶解黑水虻虫膏	2021.10	广东省农业标准化协会
4	T/GDBX 048—2022	厨余垃圾生产黑水虻饲料技术规范	2022.01	广东省农业标准化协会
5	T/STNY 031—2022	生态农业产品原料黑水虻养殖技术规程	2022.07	四川省生态农业发展促进会
6	T/HW 00049-2022	黑水虻处理厨余垃圾技术要求	2023.02	中国城市环境卫生协会

4.我国黑水虻技术处理餐厨垃圾的机遇与挑战

4.1 发展机遇

在我国，黑水虻产业具有良好的资源基础 and 市场需求。我国每年产生巨量的生物废弃物，如餐厨垃圾年产量约 1.2 亿吨，畜禽粪便年产量达 38 亿吨，为黑水虻养殖提供了最为重要的原料基础。此外，作为世界第一水产养殖大国和畜禽养殖大国，我国饲料蛋白缺口达 4800 万吨，寻求替代蛋白饲料成为保障我国粮食安全的重大需求。同时，黑水虻处理厨余垃圾技术相较堆肥技术和厌氧发酵技术具有更好的碳减排潜能，生产昆虫蛋白可减少饲料生产过程的碳排放，虫粪堆肥可减少化肥生产过程的碳排放。因此，在绿色低碳发展的大形势下，黑水虻产业具有广阔的发展前景。

4.2 面临挑战

黑水虻产业还处于早期发展阶段，由于规模化生产技术尚未突破，昆虫蛋白产能与产量无法匹配工业规模饲料生产，同时，生产技术以及产品的安全性标准与评价标准的缺失，限制了黑水虻饲料产品大规模的推广和应用。政府推动黑水虻产业发展政策的缺失，企业在投资时面临市场和技术选择的风险，这些都制约了黑水虻产业的发展。

5.我国黑水虻产业发展建议

5.1 加快黑水虻规模化生产技术创新研发

补齐黑水虻规模化养殖关键技术短板，解决投入成本高、处理效率低、产品品质不稳定以及生产环境控制技术问题，加强黑水虻养殖产物的深加工开发，如黑水虻虫体多肽产品，虫粪土壤强化剂、甲壳素、黑色素等新产品，提高产业价值，促进产业的发展壮大

5.2 着力推动黑水虻产业规范化

制定生产技术规范 and 产品质量标准。开展不同生物原料饲养黑水虻的风险评估，明确允许用于黑水虻生产的原料基质的类别，建立黑水虻养殖生产技术与环境排放规范，制定虫体、虫粉、虫油、虫粪等的最低生产标准，保证进入饲料和其他供应链的产品的安全性、质量、可持续性和一致性。分类制定应用于水产、家畜、家禽养殖的黑水虻产品质量标准，确保生产与市场监管规范。

5.3 建立代表黑水虻产业的机构组织

建立代表黑水虻产业利益的机构组织，代表行业发声，制定并遵守行业行为准则或行业标准，促进行业内部的自我规范，推动政府出台有利于黑水虻产业发展的政策，鼓励黑水虻生产企业交流与合作，共同促进黑水虻产业的健康持续发展。

5.4 加强政府部门联动完善支持政策

黑水虻产业链上中下游涉及到多个行业主管部门，包括住建部、农业农村部、生态环境部等，对黑水虻产业的支持需要各个部门的联动，才能促进黑水虻产业的壮大发展。

6.参考资料

相关文献报告

1. van Huis A. Edible insects: Challenges and prospects[J]. Entomological Research, 2022, 52(4): 161-177.
2. Ribeiro J C, Sousa-Pinto B, Fonseca J, et al. Edible insects and food safety: allergy[J]. Journal of Insects as Food and Feed, 2021, 7(5): 833-847.
3. Moruzzo R, Mancini S, Guidi A. Edible insects and sustainable development goals[J]. Insects, 2021, 12(6): 557.
4. Lange K W, Nakamura Y. Edible insects as future food: chances and challenges[J]. Journal of future foods, 2021, 1(1): 38-46.
5. Wang, Y.S. and M. Shelomi, Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. Foods, 2017. 6(10).
6. Zulkifli, N., et al., Nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae processed by different methods. PLoS One, 2022. 17(2): p. e0263924.
7. SIREGAR, D.J.S., et al., Selection of probiotic candidate of lactic acid bacteria from *Hermetia illucens* larvae fed with different feeding substrates. Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 2022. 23(12): p. 6320-6326.
8. Bai, Z., et al., Investing in mini-livestock production for food security and carbon neutrality in China. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2023. 120(43).
9. Parodi, A., et al., Upgrading ammonia-nitrogen from manure into body proteins in black soldier fly larvae. Resources, Conservation and Recycling, 2022. 182: p. 106343.
10. Purschke, B., et al., Impact of substrate contamination with mycotoxins, heavy metals and pesticides on the growth performance and composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for use in the feed and food value chain. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess, 2017. 34(8): p. 1410-1420.
11. Cao, Q., et al., The underlying mechanisms of oxytetracycline degradation mediated by gut microbial proteins and metabolites in *Hermetia illucens*. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, 2024. 946.

12. Castro-López C, Santiago-López L, Vallejo-Cordoba B, et al. An insight to fermented edible insects: A global perspective and prospective[J]. Food Research International, 2020, 137: 109750.
13. Jideani A I O, Netshiheni R K. Selected edible insects and their products in traditional medicine, food, and pharmaceutical industries in Africa: utilization and prospects[J]. Future Foods, 2017, 55.
14. Yen A L. Insects as food and feed in the Asia Pacific region: current perspectives and future directions[J]. Journal of Insects as Food and Feed, 2015, 1(1): 33-55.
15. Raheem D, Carrascosa C, Oluwole O B, et al. Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe[J]. Critical reviews in food science and nutrition, 2019, 59(14): 2169-2188.
16. Thangjam R, Kadam V, Ningthoujam K, et al. A review on edible insects and their utilization in Northeastern Himalaya[J]. Journal of Entomology and Zoology Studies, 2020, 8(3): 1309-1318.
17. Feng Y, Chen X M, Zhao M, et al. Edible insects in China: Utilization and prospects[J]. Insect Science, 2018, 25(2): 184-198.
18. Zhang J W, Ling X F, Cui Y Z, et al. Current status and prospects of insect industrialization in China[J]. Life Res, 2023, 6(2): 10.
19. Krongdang S, Phokasem P, Venkatachalam K, et al. Edible Insects in Thailand: An Overview of Status, Properties, Processing, and Utilization in the Food Industry[J]. Foods, 2023, 12(11): 2162.
20. Ghosh S, Gahukar R T, Meyer-Rochow V B, et al. Future prospects of insects as a biological resource in India: Potential biological products utilizing insects with reference to the frontier countries[J]. Entomological Research, 2021, 51(5): 209-229.
21. Mlček J, Rop O, Borkovcova M, et al. A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe-a review[J]. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 2014.
22. Skotnicka M, Karwowska K, Kłobukowski F, et al. Possibilities of the development of edible insect-based foods in Europe[J]. Foods, 2021, 10(4): 766.

23. Kim T K, Yong H I, Kim Y B, et al. Edible insects as a protein source: A review of public perception, processing technology, and research trends[J]. Food science of animal resources, 2019, 39(4): 521.
24. S. Alagappan et al, 2021, Legislative landscape of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as feed; Journal of Insects as Food and Feed: 8 (4): 343 - 355
25. Erika Marie Hanson, 2022, Effects on growth and welfare of Atlantic salmon parr, feed diets with 10% BSFL meal, with different inclusions of BSFL stickwater.
26. Rumpold B A, Schlüter O. Insect-based protein sources and their potential for human consumption: Nutritional composition and processing[J]. Animal Frontiers, 2015, 5(2): 20-24.
27. Gravel A, Doyen A. The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2020, 59: 102272.
28. Akhtar Y, Isman M B. Insects as an alternative protein source[M]//Proteins in food processing. Woodhead Publishing, 2018: 263-288.
29. Allegretti G, Talamini E, Schmidt V, et al. Insect as feed: An emergy assessment of insect meal as a sustainable protein source for the Brazilian poultry industry[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 171: 403-412.
30. Vauterin A, Steiner B, Sillman J, et al. The potential of insect protein to reduce food-based carbon footprints in Europe: The case of broiler meat production[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 320: 128799.
31. Smetana S, Palanisamy M, Mathys A, et al. Sustainability of insect use for feed and food: Life Cycle Assessment perspective[J]. Journal of cleaner production, 2016, 137: 741-751.
32. Jensen H, Elleby C, Domínguez I P, et al. Insect-based protein feed: From fork to farm[J]. Journal of Insects as Food and Feed, 2021, 7(8): 1219-1233.
33. 《The contribution of insects to food security, livelihoods and the environment》, FAO, 2003.
34. 《Edible insects – Future prospects for food and feed security》, FAO, 2013.
35. 《Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector》, FAO, 2021.

36. 《饲料的未来：WWF 加速英国饲料中昆虫蛋白的路线图》，世界自然基金会 (WWF) , 2021.
37. 《Why insects are the next global super food》,国际农业发展基金 (IFAD) , 2023.
38. Briefing paper on the provisions relevant to the commercialization of insect-based products intended for human consumption in the EU) , IPIFF, 2021.
39. The 2017 authorization of insect proteins for use in aquafeed has paved the way to new feed markets for insect producers, IPIFF, 2017.
40. Overview of regulatory possibilities for using insect products as feed at EU level (IPIFF Guide on Good Hygiene Practices for EU producers of insects as food and feed – November 2022), IPIFF, 2021
41. Producers of insects intended for animal feed use must be registered and/or approved for that purpose, IPIFF,2021(Regulation (EC) No 1069/2009, (EC) No 178/2002, EU) No 142/2011)
42. Ensuring High Standards of Animal Welfare in Insect Production, , IPIFF, 2022.
43. Building bridges between the insect production chain, research and policymaker, IPIFF, 2022.
44. Shaping European Food Systems: How insect farming is contributing to the ‘Farm to Fork’ strategy targets, IPIFF , 2022.
45. Transatlantic opportunities for farmed insects in food and feed, IPIFF , 2022.
46. 《Commercialization of edible insects in the EU》PIFF , 2022.
47. A Roadmap for unlocking technology-led growth opportunities for Australia, CSIRO, 2022.

官网网址

1. IPIFF

- (1) EU Novel Food legislation and other EU requirements applying to insect food producers – EU Insect Producer Guidelines – IPIFF
- (2) Insects As Feed EU Legislation – Aquaculture, Poultry & Pig Species (ipiff.org)
- (3) IPIFF perspectives on the evolution of the European insect sector towards 2030: current EU regulatory status, existing opportunities and prospects for development; ipiff.org/wp-content/uploads/2023/11/IPIFF-Brochure-1.pdf

- (4) Brochures and Guidance documents – International Platform of Insects for Food and Feed, Brussels (ipiff.org)
- (5) Latest IPIFF Events – International Platform of Insects for Food and Feed, Brussels
- (6) North American Coalition for Insect Agriculture | Supporter (futureofproteinproduction.com)

2. CSIRO

- (1) Catalysing a \$10m Australian Insect Industry | AgriFutures Australia, <https://agrifutures.com.au/product/catalysing-australian-insect-industry/>
- (2) Australian roadmap to serve up future protein - CSIRO, <https://www.csiro.au/en/news/All/Articles/2022/March/australian-protein-roadmap>

3. NACIA

- (1) North American Coalition for Insect Agriculture (nacia.org), <https://nacia.org/>

4. FAO

- (1) www.fao.org
- (2) The contribution of insects to food security, livelihoods and the environment (fao.org)
- (3) Food safety aspects of edible insects outlined in new publication | Food safety and quality | Food and Agriculture Organization of the United Nations (fao.org)
- (4) Edible insects – Future prospects for food and feed security (fao.org)

5. Bill & Melinda Gates Foundation

- (1) www.gatesfoundation.org

6. 国际农业发展基金 (IFAD)

- (1) Why insects are the next global superfood, <https://www.ifad.org/en/web/latest/-/why-insects-are-the-next-global-superfood>

7. 世界自然基金会 (WWF)

- (1) The insects as animal feed report | WWF, <https://www.wwf.org.uk/press-release/insects-animal-feed-report>

8. 国外企业官网

- (1) Innovafeed - Feeding the world of tomorrow
- (2) Protix - Join the future of food today
- (3) EnviroFlight Insect Ingredients for Animals, USA Black Soldier Fly Larvae

- (4) EnterraFeed.com might be for sale. Request the price today.
- (5) Entobel - Functional insect-based ingredients for animal feed | Entobel
- (6) Bioflytech
- (7) hexafly.com
- (8) Ynsect - Reinventing The Food Chain
- (9) (9) A sustainable world fed and preserved through bioconversion - Agronutris
- (10) Beta Hatch
- (11) nextProtein
- (12) Insect Technology & Products | Protenga
- (13) Cricket Protein Farming For Cricket Powder Production - Aspire Food Group (aspirefg.com)
- (14) Sustainability is a worldwide concern (entofood.com)
- (15) Agriprotein – Bio-Sojakuchen und Bio-Öl
- (16) FarmInsect Feeding the future. Closing the circles.
- (17) Insectipro – We don't bite

9. 全国标准信息公共服务平台

- (1) 全国标准信息公共服务平台 (samr.gov.cn)

10. 国务院、农业农村部

- (1) 饲料和饲料添加剂管理条例_
- (2) 农业农村部关于印发《“十四五”全国畜牧兽医行业发展规划》的通知, 农牧发〔2021〕37号_
- (3) 国务院办公厅印发《关于促进畜牧业高质量发展的意见》_国办发〔2020〕31号
- (4) 中华人民共和国农业部公告 第1773号 饲料原料目录
- (5) 新饲料和新饲料添加剂管理办法
- (6) 农业部办公厅关于推介发布2017年农业主推技术的通知
- (7) 《关于践行大食物观构建多元化食物供给体系的意见》, 国办发〔2024〕46号
- (8) 《饲用豆粕减量替代三年行动方案》农业农村部, 农办牧〔2023〕9号

- (9) 《国务院关于印发“十四五”推进农业农村现代化规划的通知》，国发〔2021〕25号
- (10) 《2030年前碳达峰行动方案》国发〔2021〕23号
- (11) 《“十四五”全国畜牧兽医行业发展规划》，农牧发〔2021〕37号
- (12) 《国务院关于加强建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》，国发〔2021〕4号
- (13) 《关于促进畜牧业高质量发展的意见》，国办发〔2020〕31号
- (14) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，中华人民共和国主席令第四十三号
- (15) 《关于进一步做好城市环境卫生工作的通知》
- (16) 《抓好“三农”领域重点工作确保如期实现全面小康的意见》
- (17) 《关于实施添加剂预混合饲料和混合型饲料添加剂产品备案管理的通知》，农办牧〔2019〕32号
- (18) 《循环经济发展专项资金支持餐厨废弃物资源化利用和无害化处理试点城市建设实施方案的通知》，发改办环资〔2011〕1111号
- (19) 《进一步加强城市生活 要尽快建成运行餐厨废弃物无害化处理和资源化垃圾处理工作的意见》，国发〔2011〕9号

7. 致谢

我们非常诚挚地感谢在本次调研及报告撰写过程中给予的无私帮助与宝贵建议所有专家学者、企业家和管理部门。你们的专业见解、详尽数据以及耐心指导使我们能够迅速定位关键信息，高效推进调研工作，极大地提升了报告的质量与深度！

在此特别感谢广东省农科院动物科学研究所、中粮集团营养健康研究院、山东省虫业协会、江苏省家禽研究所、中国水产科学院淡水渔业中心、广州无两生物科技有限公司、茵塞普科技（深圳）有限公司、海大研究院等提供的支持与帮助！

感谢万科公益基金会的委托与指导！

本文内容及意见仅代表作者个人观点，与万科公益基金会的立场或政策无关。