

DOI: 10.19741/j.issn.1673-4831.2022.0215

阿如汗,张启宇,刘云慧.欧美主要国家与我国传粉昆虫多样性保护政策和研究比较分析[J].生态与农村环境学报,2023,39(1):1-11.

OLHNUUD Aruhan,ZHANG Qi-yu,LIU Yun-hui.Comparative Analysis on the Protection Policies and Researches of Insect Pollinator Diversity in Western Countries and China[J].Journal of Ecology and Rural Environment,2023,39(1):1-11.

欧美主要国家与我国传粉昆虫多样性保护政策和研究比较分析

阿如汗¹, 张启宇¹, 刘云慧^{1,2} (1. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193; 2. 中国农业大学生物多样性与有机农业北京市重点实验室, 北京 100193)

摘要: 传粉昆虫作为主要的传粉者,为植物繁育和进化提供了所需的传粉服务,是农业可持续发展的重要资源。面对过去几十年间各种环境压力导致的全球传粉昆虫数量及多样性急剧减少,传粉昆虫多样性及其保护研究逐渐得到重视,也大力推进了各国关于传粉昆虫多样性保护国家政策的制定。从政策发展历程、保护措施和激励措施3个方面,对比分析欧美主要国家与我国现行传粉昆虫保护国家政策,并对欧美国家传粉昆虫保护政策效益进行分析,结合 Citespace 文献计量与可视化方法解析传粉昆虫研究进程与概况,对我国传粉昆虫多样性保护措施、政策和科学研究提出如下建议:(1)加强传粉昆虫资源评估和传粉昆虫多样性可持续利用;(2)加强推进以保护和提升野生传粉昆虫栖息地和传粉服务为主、优先保护濒危物种和特有种的生物多样性保护政策,将传粉昆虫保护纳入生物多样性主流化进程;(3)开发传粉昆虫友好型农药使用政策和措施;(4)研究制定传粉昆虫多样性保护与传粉服务管理的生态补偿机制,鼓励农户参与传粉昆虫多样性保护;(5)加强政策评估和追踪。

关键词: 传粉者; 传粉服务; 农业景观; 生物多样性

中图分类号: X176; X-01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4831(2023)01-0001-11

Comparative Analysis on the Protection Policies and Researches of Insect Pollinator Diversity in Western Countries and China. OLHNUUD Aruhan¹, ZHANG Qi-yu¹, LIU Yun-hui^{1,2} (1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. Beijing Key Laboratory of Biodiversity and Organic Farming, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: As the main pollinator, insect pollinator provides essential pollination services for plant reproduction and evolution, and is important resource for sustainable agricultural production. In past few decades, the abundance and diversity of insect pollinators worldwide have decreased dramatically due to various environmental pressures, that gradually raised the concerns on the diversity and conservation of insect pollinators and also greatly promoted the formulation of national policies of insect pollinator protection in many countries. In this paper, the current national policies of insect pollinator protection in main Western countries (UK, Germany, The Netherlands, US) and China are compared from three aspects, including policy development process, protection measures and incentive measures, and the benefits of national insect pollinator conservation policies in several Western countries are evaluated. The progress of pollinator research is reviewed by using Cite space bibliometrics and visualization methods. Finally, the following suggestions are proposed for the conservation and restoration of insect pollinator diversity in China: (1) Strengthening the assessment of insect pollinator resources and scientific research on sustainable utilization of insect pollinator diversity; (2) Promoting national strategy of insect pollinator diversity conservation to encourage the restoration of wild insect pollinator's habitat and the associated pollination service, giving priority to conserve endangered species and local native species as well, and integrating pollinator conservation into the mainstreaming of biodiversity conservation; (3) Developing pollinator-friendly pesticide use policies and measures; (4) Developing an ecological compensation mechanism for insect pollinator diversity protection and pollination service

收稿日期: 2022-03-17

基金项目: 国家自然科学基金(41871186)

① 通信作者 E-mail: liuyh@cau.edu.cn

management, and encourage farmers to participate in insect pollinator diversity protection; (5) Strengthening policy evaluation and tracking.

Key words: pollinator; pollination service; agricultural landscape; biodiversity

传粉动物保障了86%的开花植物的有性生殖,在维持植物遗传多样性和生态系统动态平衡及稳定性^[1-2]、保障农作物产量和粮食安全^[3-4]方面发挥重要作用。传粉昆虫是传粉动物的主体,其数量占所有传粉动物的80%~85%,其中,膜翅目是种类和数量最多的传粉昆虫,占全部传粉昆虫数量的43.7%^[1,5]。然而,近几十年来,由于气候变化、农业集约化、景观改造、外来种入侵和病原体传播等原因,饲养蜜蜂种群和野生传粉昆虫多样性及数量均严重减少^[6-7],引起科学家、政策决策者和农业生产者对未来全球粮食安全和农业可持续发展的担忧。针对不断增加的传粉昆虫多样性下降及作物生产受损的报道^[8-9],自2000年以来,联合国粮食及农业组织通过《国际传粉者行动》(International Pollinator Initiative, IPI),帮助各国保护和持续合理利用传粉动物,推进农业传粉服务管理的全球行动^[10]。2016年,联合国生物多样性和生态系统服务政府间科学-政策平台(The Intergovernmental Science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES)发布了《传粉者、传粉和粮食生产评估报告》^[11],成为第1个与传粉动物生物多样性保护相关的专题评估报告。该报告基于现有科学研究成果,总结了传粉和传粉动物的价值,传粉动物、传粉网络和传粉服务的现状与趋势以及面临的威胁与驱动因素,提出缓解传粉动物减少、恢复和提升传粉服务的政策建议。同年,在《生物多样性公约》第十三次缔约方大会上,14个国家自愿成立传粉动物志愿联盟(Coalition of the Willingness on Pollinators),并签署宣言,正式成为该联盟首批成员国,致力于制定本国传粉昆虫保护政策,并采取措施来缓解传粉物种及其栖息地的减少。随后,《生物多样性公约》第十四次缔约方大会将传粉昆虫保护和持续利用作为重要议题,将传粉昆虫多样性纳入会议议程。这一系列举措加快推动了世界各国传粉昆虫保护政策制定进程。自此,包括巴西、英国、美国、德国、荷兰和法国在内的多个国家陆续颁布和实施了保护传粉昆虫多样性的政策和措施。由此可见,传粉昆虫多样性保护已经上升为多国的国家战略。

我国是生物多样性最为丰富的国家之一,同时是14亿人口的农业大国。保护传粉昆虫多样性,对

于我国生物多样性维持和保障农业可持续发展均具有重要意义^[12]。虽然饲养蜜蜂传粉对于作物生产的重要性得到普遍认可,国家也制定了一系列鼓励蜜蜂饲养和推动蜜蜂授粉的政策,但针对保护野生传粉昆虫多样性和提升野生传粉昆虫授粉服务的政策措施仍有不足。据此,选取已颁布传粉昆虫保护国家政策的英国、荷兰、德国和美国4个欧美国家,从政策发展历程、保护措施、激励措施和政策效益4个维度,梳理和对比分析国内外现行传粉昆虫保护国家政策。同时,由于科学研究发展和证据是政策制定、完善、调整的必要条件,分析国内外传粉昆虫相关研究概况,以探明需要填补和加强的知识空缺。最后,针对当前我国传粉昆虫保护和科学研究存在的问题,提出传粉昆虫多样性保护及相关政策制定的建议。

1 传粉昆虫保护政策对比分析

1.1 各国传粉昆虫保护政策的发展历程

1.1.1 英国

英国作为原欧洲共同体成员国,其传粉昆虫保护政策源自欧盟共同农业政策(common agricultural policy, CAP)。欧盟农业环境政策经历了从早期强调生产到逐渐开始重视环境保护的发展历程^[13]。在该框架指导下,1991年英国乡村委员会首次提出“乡村管理计划”(Countryside Stewardship Scheme),开始强调保护农田未利用边界、多年生牧草地以及采用创建野生动物廊道等景观管理方法来改善农田野生动物生存条件,这为未来传粉昆虫保护政策的出台奠定了基础。

针对农药不合理施用这一威胁人体健康、生态环境和传粉昆虫生存的关键因素^[14],英国环境、食品和农村事物部(Department for Environment, Food and Rural Affairs, Defra)于2013年出台“农药的可持续使用国家行动方案”(UK National Action Plan for the Sustainable Use of Pesticides)^[15],提出加强农药安全风险评估,开发和采用病虫害综合治理和替代方法或技术,鼓励农户减少农药使用量和使用频率,并采取可持续农药使用方式。

2014年6月,英国发起《蜜蜂需求行动号召:食物和家》倡议(Call to Action Bees' Needs: Food and a Home)^[16],向公众提倡为传粉昆虫提供食物来源和

筑巢生境。2014 年 11 月,英国 Defra 颁布《传粉昆虫保护国家战略:为了蜂和其它传粉昆虫》(The National Pollinator Strategy: For Bees and Other Pollinators in England)^[17],明确了传粉昆虫在自然生态系统和农业生产中的重要性和特殊地位,使英国成为最早制定和实施传粉昆虫保护政策的国家之一。为确保政策有效实施,Defra 先后发布 2015—2018 年和 2018—2021 年《传粉昆虫保护国家政策实施方案》,该方案提出提高公众对传粉昆虫和传粉服务的认识、加强物种监测和调查研究、加强栖息地创建和管理、推广绿色健康养蜂模式 4 个方面的具体措施。

1.1.2 荷兰

与英国一样,作为欧洲共同体成员国,荷兰传粉昆虫保护政策制定也受到 CAP 的影响。荷兰政府于 2013 年颁布了《蜜蜂健康行动方案》(Bee Health Action Programme),旨在通过与社会公众合作,开展和实施相关保护措施和社会倡议,包括设立蜜蜂研究小组、开展耐药蜜蜂的培育和研究、推广意大利蜜蜂的科学养殖与管理方法。针对荷兰境内 360 种野生传粉蜂中有超过 50% 濒临灭绝的情况,2018 年荷兰政府正式颁布《传粉昆虫保护国家政策:传粉蜂的筑巢点与食物源》(NL Pollinator Strategy “Bed and Breakfast for Bees”)^[18]。值得注意的是,在荷兰,除了政府机构和农业部门,参与政策制定的还有果农协会、蜂农专业协会、蝴蝶保护协会、自然保护协会和荷兰景观基金会等非营利组织和科研单位以及拜尔蜜蜂关爱中心、拜尔公司(Bayer)和巴斯夫跨国化工集团(BASF)等 43 个非政府组织。他们不仅是该政策的制定者,也是主要执行者。这种公众参与式的政策制定模式不仅可以提高传粉昆虫保护政策的科学合理性和目标导向性,也可为政策实施提供有效保障。

1.1.3 德国

在过去 27 年间,德国 63 个自然保护区中飞行昆虫个体数量下降 76%^[19],引起公众广泛关注。除此之外,德国物种红色名录上的 561 种传粉蜂中,有 41% 的物种正濒临灭绝。作为传粉动物志愿联盟的首批成员国之一,德国联邦环境、自然保护和核安全部于 2019 年 9 月发布《昆虫保护行动方案》(Action Programme for Insect Conservation)^[20],旨在从国家层面上采取措施来扭转包括传粉蜂在内的所有昆虫数量和多样性下降的趋势。

1.1.4 美国

在美国,商业化蜜蜂授粉每年为美国创造约

1.5 亿美元的农业增产价值,是美国农业生产不可或缺的组成部分^[21]。美国传粉昆虫保护政策最早可追溯至 2002 年颁布的《美国农业法案》(Farm Bill Programs),旨在保护农民收入与促进农业生产及可持续发展,并在该法案中制定以传粉昆虫栖息地保护为目标的相关政策和措施^[22]。2006 年冬季,由于不明原因引发的蜂群崩溃综合症(Colony Collapse Disorder, CCD),导致饲养蜜蜂种群数量急剧减少,农业生产量受到严重影响,使得美国蜂农、种植户和农业部门对传粉昆虫的保护更加重视。同时,美国境内重要的迁徙生物——黑脉金斑蝶数量降至历史最低水平,引起国际社会广泛关注,也推动了美国对传粉昆虫的保护。2008 年农业法案明确提出将传粉昆虫,如饲养蜜蜂和野生传粉昆虫,纳入到保护项目中,明确传粉昆虫生境保护与建设的重要性。2012 年美国农业部(United States Department of Agriculture, USDA)发布了《蜜蜂种群安全与健康状况评估报告》^[23],指出蜜蜂及其他传粉昆虫面临的环境压力,建议继续开展深入研究,以期提出有效的保护措施。2014 年,美国签署总统备忘录《制定保护蜜蜂及其他传粉昆虫的联邦战略》,USDA 为此成立“传粉昆虫健康特别工作组”推进相关工作。2015 年由 USDA 与生态环境保护局(United States Environmental Protection Agency, EPA)联合发布《关于保护蜜蜂及其它传粉昆虫的国家发展战略》(National Strategy to Remote the Health of Honey Bees and other Pollinators),同时出台传粉昆虫调查行动方案(Pollinator Research Action Plan)和政府社会资本合作计划(Public-private Partnership)^[24]。

在减少农药施用方面,美国更是很早开始采取有效措施。1972 年 USDA 提出强调和支持土地管理者和种植者采用病虫害综合治理(integrated pest management, IPM)策略,以减少农药施用对人类健康、生态环境以及生物多样性的负面影响。2000 年,USDA 下属的国家粮食和农业研究所(National Institute of Food and Agriculture)专门设立 4 个区域虫害综合管理中心,以指导虫害综合防治行动和措施的有效开展。2008 年,EPA 鼓励采用植被综合管理(integrated vegetation management, IVM)策略,进一步控制农药施用量,减少其对生物多样性和生态系统稳定的影响。

1.1.5 中国

自 20 世纪 80 年代起,我国养蜂和蜜蜂授粉业就受到国家高度重视和支持。1983 年原中央书记处研究室科技组发布了《关于发展养蜂业和推进养

蜂业现代化的建议》;2005年,我国发布《中华人民共和国畜牧法》,首次将养蜂业纳入畜牧业产业体系,提出鼓励发展养蜂业,对养蜂安全生产提出要求并强调为蜂农生产工作提供相关便利,明确了传粉昆虫(主要为蜜蜂)保护及利用在国家农牧业发展中的重要地位。2010年,原农业部发布《农业部关于加快蜜蜂授粉技术推广促进养蜂业持续健康发展的意见》,强调蜜蜂授粉为农作物授粉增产的功能,提出发展养蜂生产和推进农作物授粉并举的发展方向,为我国授粉业发展开创了新局面^[25]。2011年,原农业部正式颁布《全国养蜂业“十二五”发展规划》^[26],首次将养蜂业列入国家发展“五年规划”,为促进全国蜂业健康稳定快速发展奠定了坚实基础。

近些年,我国也开始关注农业生态环境保护和农业化学品安全投入。2015年,原农业部制定《到

2020年化肥使用量零增长行动方案》《到2020年农药使用量零增长行动方案》,促进资源节约、环境友好型现代化农业发展。2016年,原农业部颁布《农业资源与生态环境保护工程规划(2016—2020年)》,明确提出推进农业投入品减量使用,实施果菜茶有机肥替代化肥行动、农作物病虫害统防统治和绿色防控等措施。2017年修订的《农药管理条例》,对农药使用方法和范围提出严格要求,规定使用者应当保护有益生物和珍稀物种。截至2021年,我国对46种高毒风险农药采取禁用管理措施,对22种高毒风险农药采取限用管理措施^[27]。这些措施在促进传粉昆虫多样性保护方面发挥一定作用。然而,相较于欧美国家,我国尚缺乏明确针对传粉昆虫物种的保护措施和政策,尤其是针对野生传粉物种(表1),因而在保护传粉昆虫多样性及传粉服务方面的功效存在不足。

表1 欧美主要国家及中国传粉昆虫保护政策中保护措施、侧重点与激励措施对比

Table 1 Comparison of conservation practices, concerns and incentive measures in insect pollinator conservation policies among main western countries and China

国家	保护措施	保护侧重点	激励措施
英国	提升传粉昆虫栖息地面积和质量;指导蜂农改良蜂群管理方式	野生传粉昆虫、饲养蜜蜂	乡村管理计划(主要为中层和野生生物管理)
荷兰	提升传粉昆虫栖息地面积和质量;指导蜂农改良蜂群管理方式	野生传粉昆虫、饲养蜜蜂	欧盟共同农业政策
德国	增加和加强传粉昆虫栖息地面积和质量,同时确保栖息地异质性和连接度	野生传粉昆虫	欧盟共同农业政策
美国	指导蜂农改良蜂群管理方式;提升野生传粉昆虫生境面积和质量;管护黑脉金斑蝶迁徙廊道和觅食生境,增加栖息地面积	饲养蜜蜂和珍稀传粉物种	环境质量激励项目、休耕保育项目、休耕保育强化项目、资源保护照管项目、农业资源保护地役权项目
中国	支持蜂农对蜜蜂种群的健康管理,为蜂箱运输开启绿色通道	饲养蜜蜂	养蜂平台补贴(农机购置补贴)

1.2 保护措施和内容

欧美国家的传粉昆虫多样性保护目标与国际生物多样性保护目标相接轨,同时也结合自身农业发展需求,积极采取保护行动与措施,为促进传粉昆虫保护均强调以下几点:(1)开展野生传粉昆虫栖息地保护与建设,利用道路边缘、残留自然生境如草地和林地斑块,种植多种季节性开花乡土植物(包括草本、灌木和乔木),为不同生活习性的野生蜂提供花蜜、花粉等食物来源和筑巢生境。(2)恢复和加强景观中自然与半自然生境的连接度,为传粉昆虫营建可移动廊道。(3)确保传粉昆虫多样性保护与恢复,尤其是濒危物种与特有种(包括敏感或珍稀植物物种的传粉昆虫)。(4)推进蜂农蜜蜂饲养方式标准化和专业化,增强蜜蜂抗病能力和蜂群健康。(5)鼓励采取多种措施保证农业景观中传粉服务供给,保障农业生产持续稳定发展。通过在

农业种植区域采用作物多样化、保护性耕作、病虫害综合防治和减少除草频率等对传粉昆虫友好的农业管理措施,或通过科学合理地组织放蜂,提升农业生产区传粉服务功能。(6)控制和规范农药施用,减小农药对传粉昆虫生存的威胁。(7)提高公众对传粉昆虫生存需求的认知和保护意识,调动公众参与保护行动的积极性。(8)促进传粉昆虫多样性监测和科学研究,为评估保护措施效益和完善保护机制提供有力证据。

其中,欧洲国家对传粉昆虫的保护政策和措施侧重于对野生传粉昆虫的生境(筑巢点、觅食来源等)进行保护和创建,同时确保生境之间的景观连接性和异质性。在目标引领和政策扶持下,许多社会性环保公益组织的参与也发挥着相当重要的作用。例如,英国 Buglife 发起的“B-Lines”(https://www.buglife.org.uk/)和由野生生物基金会(Wildlife

Trust) 组织的“生存景观”(Living Landscapes, <https://www.wildlifetrusts.org/>) 志愿行动,旨在在景观尺度上创建和恢复面积更大、景观连接度更高和管护更好的野生动物栖息地。

美国传粉昆虫保护政策则鼓励通过防控饲养蜜蜂疫病和改善饲养管理方式来促进饲养蜜蜂的保护与利用,通过增加蜜源植物种植面积来改善和提升野生传粉昆虫生境面积和质量。与此同时,美国传粉昆虫保护政策也将珍稀物种保护作为重要内容,明确提出在 2020 年之前使黑脉金斑蝶数量恢复到 2.25 亿只的水平,并通过与邻国墨西哥政府联合行动,在其土地上专门提供 6 hm² 的越冬栖息地。

1.3 激励措施

1.3.1 欧洲国家

英国作为最早制定和实施传粉昆虫保护政策的国家,不仅建立切合本国实际的农业环境保护激励机制,也将传粉昆虫多样性保护纳入了农业支持政策中。例如,2005 年开始实施的“环境管理计划”(Environment Stewardship, ES),包括入门级管理(Entry Level Stewardship)和高级管理(Higher Level Stewardship),主要用于保护景观及历史特征、野生生物生境,并促进乡村环境保护和发展。而传粉昆虫保护政策的实施和落实主要依托 2015 年发起的“乡村管理计划”(Country Stewardship, CS)框架,促进在所有土地类型上保护和建设传粉昆虫觅食区、避难所及筑巢点。自 2015 年至 2020 年,这项计划共投入 9 亿英镑以支持农民采取农业生态环境保护行动,包括中层和野生生物管理(Mid Tier and Wildlife Offers)、高级管理(Higher Tier)以及资金借贷(Capital Grants)3 种项目^[28]。中层和野生生物管理关注农业景观中传粉昆虫和鸟类多样性保护与提升以及减少农业生产带来的水污染;其中,特别提供一项管理“野生传粉昆虫及农田物种保护措施”(Wild Pollinator and Farm Wildlife Package, WPFWP),包括一系列为农田、牧草地和农牧结合系统中野生传粉昆虫、鸟类和其他野生动物提供全年必需食物、避难所和筑巢地等的管理措施^[24]。为激励农民采用这项措施,Defra 在 2018 至 2020 年再额外投入 35 万英镑的专项资金。高级管理针对环境价值较高的土地类型与林地,管理措施包括野生动物栖息地恢复与创建、林地创建与管护、优先物种保护与植被覆盖等。资金借贷主要通过给农户提供短期借贷,为恢复和维持农田、道路边界和灌木篱墙(可与野生生物保护措施相结合)以及创建和管护林地等保护行为提供资金支持,从而提升农

业环境生态功能。农户可以根据自身农场及可实施的条件,通过计分制或开放制的方式对项目措施进行选择或组合执行,从而得到相应补贴。

荷兰和德国传粉昆虫保护国家政策中项目措施的实施主要依托 CAP 补偿机制。其中,对传粉昆虫保护的相关措施包括作物多样化、永久性草原维护和生态重点区域管理等。农业生产者可通过实施 CAP 第 1 支柱中要求的农业措施和第 2 支柱中农业环境保护相关措施,获得相应补贴。2020 年后 CAP 给予成员国更多的政策细化和施行自主权后,各成员国根据自身情况制定农业环境措施并支配农业支持资金。例如,荷兰农业部门主要通过减少农民收入补贴转而增加传粉昆虫友好措施的针对性补贴,来扩大农业环境中传粉昆虫栖息地面积。德国联邦政府建立农业景观昆虫保护补偿机制,自 2020 年开始每年提供 2 500 万欧元专属资金用于农业景观中的昆虫保护。

1.3.2 美国

美国传粉昆虫保护国家战略的实施基于国家农业法案制定的农户补贴方式。早在 2008 年,农业法案把传粉昆虫保护作为 USDA 的优先事项,鼓励为饲养蜜蜂和野生传粉昆虫开发栖息地。例如,在环境质量激励项目(Environmental Quality Incentives Program, EQIP)实施过程中,优先考虑支付用于开展保护传粉昆虫栖息地管理措施的补贴款项,并鼓励在其他资源保护项目管理中采取传粉昆虫保护措施^[29]。2014 年,农业法案在原有传粉昆虫保护条款的基础上,强调创建传粉蜂栖息地。随后,2018 年农业提升法案明确环境质量激励项目中 10% 的资金必须用于野生动物保护^[30]。生产者或土地所有者可通过申请美国农业法案所支持的农业环境资源保护项目(表 1),结合土地类型和管理能力,自愿参与土地管理和农业资源保护。生产者需要遵循各类项目规定,对土地进行管理。USDA 根据不同项目规定的大数据和专项软件,对项目实施效果实行监督和管理^[31]。

1.3.3 中国

农业补贴是政府管控和引导良好农业生产行为的重要工具。2012 年以来,农业部门将农业机械属性明确的养蜂平台纳入全国农机购置机具种类范围,并对蜂农购置养蜂平台施行按需申请、应补尽补政策,促进养蜂业发展。目前,对符合条件的养蜂设备按规定给予购机补贴,对养蜂机械实行敞开补贴支持。2016 年,财政部和原农业部在全国范围内推行“三补合一”改革,推行农业支持保护补

贴,支持耕地地力保护和农业适度规模经营。然而,补贴对象仅限于种植水稻、小麦、玉米、大豆和油料作物等的农户^[32]。2018年,虽然财政部对10个蜂业主产省份投入5000万元资金进行扶持,但扶持主要目标为蜂产业质量提升,补贴内容仅涉及蜜蜂良种场、产业发展示范区建设和养蜂机具等。由此来看,我国在补贴种类、内容和实施范围方面均存在较大局限性,不能满足我国传粉依赖作物农业生产的需要,缺乏保护与利用为农作物产量做出同等贡献的野生传粉昆虫的相关政策。

1.4 传粉昆虫保护政策效益

为确保《生物多样性公约》保护目标的达成和措施的有效实施,2021年英国 Defra 发布了《英国生物多样性指标 2021》^[33]报告。其中,第十项对377个传粉昆虫物种(包括148种野生蜂和229种食蚜蝇)地理分布和物种变化趋势进行评估。报告指出传粉昆虫物种分布范围与多度较1980年下降30%,但2012—2017年仅下降2%,下降趋势放缓,总体变化不大。这归功于2015年实施的乡村管理计划,尤其是针对传粉昆虫和野生物种保护的中层管理和高级管理项目。截至2021年,该项目共签署17800份保护协议,采取管理措施的土地面积超过90万hm²。

自2018年《农业法案》实施以来,美国在野生生物保护方面每年至少投入6000万美元,且金额逐年增加,用于鼓励更多土地管理者采取保护措施。传粉昆虫保护政策尤其在关键物种保护方面取得了显著成效。Xerces 无脊椎保护协会(Xerces Society for Invertebrate Conservation)是美国非营利动物保护组织,其成员包括USDA、研究专家、土地管理者、教育工作者和众多志愿者,旨在保护无脊椎动物(包括传粉昆虫、濒危物种)及其栖息地。为掌握冬季北美黑脉金斑蝶数量变化情况,志愿者在北美地区近300个监测点进行6年(每年1和10月)连续监测。283个秋季监测点数据显示,2021年黑脉金斑蝶多度增加到247237只,比2020年增加100多倍^[34]。虽然2021年越冬场所的黑脉金斑蝶数量下降38%,但总体数量仍有所升高,说明保护行动取得阶段性成果。

2 国内外传粉昆虫多样性相关研究对比

2.1 传粉昆虫多样性监测及物种编目

在《生物多样性公约》“爱知目标”推动下,生物多样性监测网络建设从区域和国家尺度发展为全球尺度监测网络^[35],对生物多样性物种编目系统的

发展产生影响。

生物多样性具有明显空间异质性,不同尺度的专题监测网络对深入研究各生物类群的生物多样性和生态功能的变化趋势具有重要意义,为生物多样性保护和合理利用提供重要科学依据^[35-36]。就传粉昆虫而言,2018年英国生态与水文研究中心(UK Centre for Ecology & Hydrology)牵头的传粉昆虫监测计划(UK Pollinator Monitoring Scheme, PoMS, <https://ukpoms.org.uk/>)开始实施,旨在通过公民科学方法来获取传粉昆虫多样性变化数据,达到长期监测不同景观尺度传粉昆虫动态变化的目标。英国蝴蝶监测计划(UK Butterfly Monitoring Scheme, UKBMS, <https://ukbms.org/>)每年提供2000个站点数据,成为蝴蝶生态学研究方面的重要信息来源。随着公众科学素养的提高,为更全面了解传粉昆虫种群变化趋势,欧盟拟开展欧盟传粉昆虫监测计划(EU Pollinator Monitoring Scheme, EU-PoMS),建立更广泛的传粉昆虫监测网络。为此,欧盟委员会宣布自2021年5月至2023年10月,开展Strengthening Pollinator Recovery through Indicators and Monitoring (SPRING)项目,旨在加强欧盟成员国对传粉昆虫的分类能力,为实施欧盟传粉昆虫监测计划提供支持。美国2016年发布传粉蜂物种监测国家框架(National Protocol Framework for the Inventory and Monitoring of Bees),针对国家野生动植物保护系统(National Wildlife Refuge System, NWRS)各类保护区中的传粉蜂开展长期监测^[37]。2013年,我国启动建设中国生物多样性监测与研究网络(Sino BON),其中,包含有蝴蝶、传粉蜂等重要传粉昆虫类群的多样性监测专项网络^[38]。现已初步建立全国蝴蝶多样性监测网络,并取得阶段性重要成果^[39]。但单一类群多样性观测尚不能满足我国传粉昆虫多样性保护与可持续利用的需求。

生物物种编目是研究生物多样性、生态和进化的基础^[40]。目前,全球生物物种名录(Catalog of Life, CoL)是国际上获得较高认可度、具有权威性和综合性的全球物种编目索引网站^[41]。CoL与物种2000(Species 2000)和整合分类学信息系统(Integrated Taxonomic System, ITIS)等多个物种数据库组织进行深入合作。2006年,我国创建了物种2000中国节点,积极与国际生物多样性保护网接轨,这对促进我国物种编目发展和生物多样性资源保护研究发挥了重要作用。迄今为止,中国生物物种名录(Catalog of Life China, <http://www.sp2000.org.cn/>)2021版共收录物种127950个,其中,主要传粉

昆虫类群膜翅目、双翅目、鳞翅目、鞘翅目、半翅目和直翅目等物种有 31 877 个, 占比为 24.92%。近年来, 通过加入国际组织和相继开展传粉昆虫本底调查工作, 我国在关键传粉昆虫物种编目^[42]、在线数据库和共享平台建设方面取得很大进展。

2.2 研究论文发展趋势

基于 1962—2021 年 Web of Science (WOS) 核心文献源, 采用检索式: $TI = (pollinat * OR bee OR bees OR bumblebee OR 'bumble bee' OR Osmia OR hoverfl * OR syrphid) AND TI = (species OR richness OR abundance OR diversity OR population OR biodiversity OR community)$ 搜索相关主题实证论文, 共获得 4 241 篇文献。基于中国知网 (CNKI), 采用检索式: $SU = '蜜蜂 + 传粉者 + 传粉昆虫 + 传粉蜂 + 熊蜂 + 壁蜂 + 食蚜蝇'$ AND $SU = '多样性 + 丰富度 + 数量 + 丰度 + 多度 + 物种 + 种群 + 群落'$ 搜索相关主题所有期刊论文, 共获得 606 篇期刊论文。提取现发展阶段 (2000—2021 年) 英文 3 522 篇、中文 557 篇为文献源, 采用信息可视化分析软件 Citespace V^[43] 客观揭示了国内外传粉昆虫研究热点及未来趋势。

图 1 显示, 国际上传粉昆虫研究发文数量经历了缓慢增加、平稳增长、迅猛增长 3 个阶段, 传粉昆虫及传粉服务不断受到学者们的关注和重视。20 世纪 80 年代之前, 每年发文量仅以个位数增加, 受到经济发展与认识水平的限制, 传粉昆虫相关研究发展较为缓慢。随着 20 世纪 80 年代美国加强农业资源保护^[44], 1991 年欧盟开始强调农业和农村的可持续发展, 欧美各国开始关注农业环境各组成部分, 传粉科学研究也随之增加, 在发文量上表现为平稳增长趋势。自 2001 年开始, 年度发文数量持续高于 50 篇, 总体处于迅猛增长趋势, 表明随着人们对农业可持续发展和生态系统对人类福祉和生存重要性认识的提高, 传粉昆虫及传粉服务研究数量也显著增长。

我国相关研究论文发文量自 1996 年开始呈现连续个位数增加, 表明学术界开始关注传粉昆虫科学研究。随着 2005 年《中华人民共和国畜牧法》的颁布和实施, 确定蜜蜂作为畜牧业发展中不可或缺的重要作用, 各研究机构开展了各方面科学研究, 促进了传粉昆虫科学研究体系的形成, 我国传粉昆虫研究进入平稳发展阶段。

通过国家发文量共现图谱 (图 2) 分析, 可以了解不同国家在传粉昆虫研究的发文数量贡献。美国是发文量最高的国家, 达到 983 篇。其后依次为巴西 466 篇、德国 394 篇、英国 301 篇、中国 253 篇、

加拿大 227 篇, 其他国家发文量均在 200 篇以下。可见, 各国对传粉昆虫相关科学研究的关注度存在差异。我国在该领域中发文量虽然与美国仍存在极大差距, 但也紧跟在德国和英国之后, 成为推动全球传粉昆虫研究的重要力量。

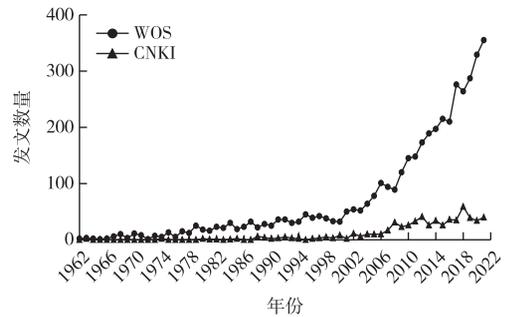


图 1 传粉昆虫研究文献出版数量的时间趋势

Fig. 1 The trend of published papers on insect pollinators research in 1962–2021

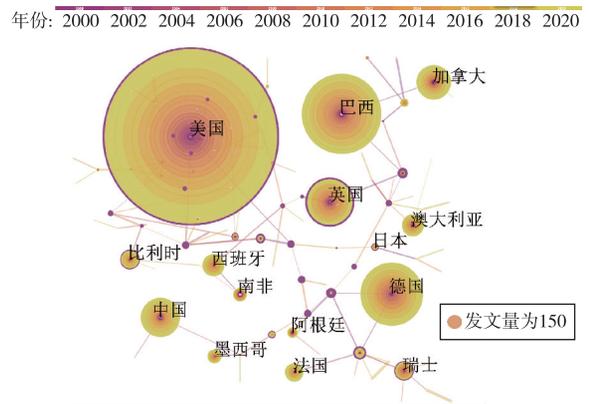


图 2 2000—2021 年 WOS 文献源传粉昆虫研究国家发文量共现图谱

Fig. 2 Spectral of country co-occurring of insect pollinators research papers published on WOS in 2000–2021

由 WOS 文献源关键词共现图谱 (图 3) 看出, 传粉昆虫研究领域中的前沿话题与研究热点除了“膜翅目”“传粉者”“蜂”“意大利蜜蜂”“蜜蜂科”之外, 主要为“多样性”“保护”“传粉”“进化”“群落”“植物”“景观”等。通过研读重要关键词所对应的相关文献发现, 已有研究主要围绕传粉网络结构与稳定性、传粉昆虫群落对土地利用变化引起的栖息地丧失和景观变化的响应、饲养蜜蜂种群组内与组间疾病传播机制、农药对饲养蜜蜂及野生传粉昆虫群落的毒性测定及风险评价、农业景观中非作物生境创建对传粉昆虫多样性保护和传粉服务效益评估等。可见, 传粉昆虫数量及多样性下降问题越来越受到

学术界关注。如何保护和维持传粉昆虫多样性、保障传粉网络稳定以及传粉服务可持续供给已被广泛认为是当前亟待解决的重要问题。

通过 CNKI 文献源关键词共现图谱(图 4)发现,我国当前研究对象主要为人工饲养蜜蜂(如中华蜜蜂、东方蜜蜂),主要围绕种质资源与遗传多样性、传粉行为、种群动态变化特征等主题。除此之外,关于熊蜂多样性的研究也较多,主要关注熊蜂物种多样性与空间分布以及不同作物区传粉昆虫多样性的调查。

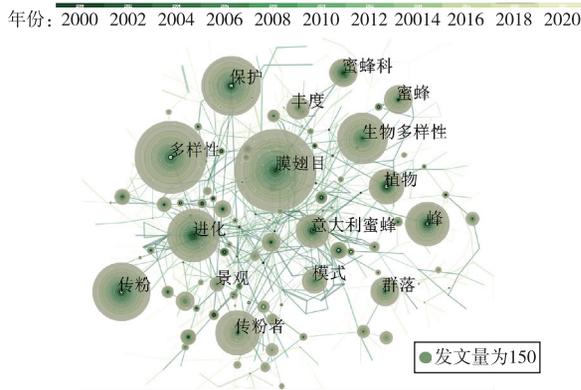


图3 2000—2021年WOS文献源传粉昆虫研究关键词共现图谱
Fig. 3 Spectral of keywords co-occurring of insect pollinators research papers published on WOS in 2000-2021

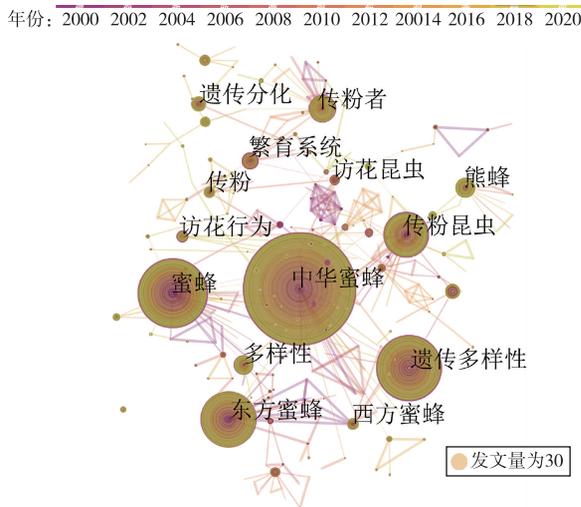


图4 2000—2021年中国知网文献源传粉昆虫研究关键词共现图谱
Fig. 4 Spectral of keywords co-occurring of insect pollinators research papers published on CNKI in 2000-2021

3 我国传粉昆虫多样性保护存在问题及发展建议

传粉昆虫作为农业生物多样性的的重要组成部分,是农业可持续发展的重要资源^[45]。与其他大型动物相比,传粉昆虫保护工作需要更精准地开展。根据上述与欧美国家的对比分析,我国传粉昆虫多样性保护还需要予以更多重视,迫切需要以利用促保护的政策支持^[5,45]。

3.1 存在的问题

从发展历程来看,相较于欧美国家,我国传粉昆虫保护政策发展虽然起步不晚,但长期以来仅以生产蜂产品来获得经济效益的养蜂业发展为主,对传粉昆虫授粉增产,尤其是维持生态系统平衡的重要性认识还不足。在传粉昆虫多样性保护方面,我国与国际生物多样性保护战略的目标与需求相差甚远,迄今还没有建立与传粉昆虫多样性保护相关的国家政策。

从保护措施与内容来看,我国传粉昆虫保护主要关注饲养蜜蜂的蜂群管理,缺乏针对野生传粉昆虫栖息地的保护措施^[42]。农业景观重构和提质作为目前传粉昆虫多样性维持与传粉服务提升的重要途径^[5,46-47],在我国尚未得到充分认识和实践。其次,农业景观中的蜜粉源植物是传粉昆虫主要食物来源和筑巢地,有利于维持野生传粉昆虫多样性,然而也还没有得到充分利用。最后,农药长期、不合理使用是威胁传粉昆虫类群生存的重要因素^[48-49],而该因素作为《生物多样性公约》履约的重要内容之一,还没有被纳入传粉昆虫多样性保护工作中。

从激励措施来看,欧美国家以农场主为主体开展农业环境综合保护,并针对传粉昆虫多样性维持给予技术支持和直接补贴相结合的农业政策支持。然而,当前我国农业支持保护补贴主要用于支持耕地地力保护和粮食适度规模经营^[32],针对传粉昆虫的农业补贴仅涉及养蜂业农机购置方面,缺乏鼓励种植农户参与农业资源保护的农业生态补偿机制^[50]。

从科学研究热点来看,我国尚未开展传粉昆虫全面资源调查与评估^[38,50],缺乏专门收集传粉昆虫种类的物种编目信息系统以及物种多样性长期监测和数据共享平台^[10,42];对传粉昆虫的研究主要关注人工饲养蜜蜂种群动态变化与管理、东方蜜蜂遗传资源保护与利用方面,而对野生传粉昆虫种群时空动态变化、物种多样性及生态功能与传粉服务的

定量研究较少;有关土地利用、景观管理对传粉昆虫影响的报道也较少。这些研究和知识缺口,极大地限制了我国传粉昆虫多样性保护与可持续利用的措施和政策,尤其是景观和栖息地保护策略的制定。

3.2 未来发展建议

(1)加强传粉昆虫资源评估、传粉昆虫多样性及传粉服务影响机制、传粉昆虫保护技术和策略研究,为进一步调整、完善传粉昆虫和传粉服务管理策略提供科学决策依据。首先,加快建立我国传粉昆虫物种编目系统和传粉昆虫多样性全国监测网络,从地方、区域、国家不同尺度评估物种多样性资源及受威胁现状。其次,紧跟国际前沿研究趋势,深入认识和量化土地利用与景观结构变化、气候变化与农业管理方式等驱动因素以及协同效应对野生传粉昆虫种群变化的影响^[7]。最后,加强传粉昆虫及传粉服务的生态价值、经济价值和社会价值的系统全面评估,研究开发传粉昆虫多样性保护与可持续利用技术,为传粉昆虫保护政策的制定提供理论和实践依据,推进传粉昆虫多样性保护主流化进程。

(2)将传粉昆虫保护纳入我国自然保护区和农业景观生物多样性保护工作,加快推进以保护和提升野生传粉昆虫栖息地及传粉服务为主的传粉昆虫多样性保护政策,推动传粉昆虫保护主流化。具体可以通过加强自然与半自然生境的管护、建设非作物生境和优化蜜粉源植物配置^[51-52]等措施,为传粉昆虫提供持续食物来源和筑巢生境,逐步实现传粉昆虫多样性保护和恢复。

(3)制定推进传粉昆虫友好型农药使用的政策和措施。加强和完善农药对野生传粉昆虫影响的风险评估体系,将其纳入国家农药登记重要组成部分。进一步加大传粉昆虫友好型农药使用的政策支持 and 资金补贴,加大对可替代的绿色防控技术和措施(如使用低毒生物农药或病虫害综合防治方法)的推广和利用^[52],降低农药对传粉昆虫及农业生态环境的负面影响。

(4)研究制定传粉昆虫多样性保护和传粉服务管理的农业生态补偿机制。抓准农业补贴政策由促进农户增产增收向关注环境保护转变的重要时机,将强制性措施与激励性措施相结合,以依赖传粉作物种植户为补偿对象,形成针对传粉昆虫栖息地创建与质量提升的传粉昆虫多样性保护补偿机制。同时,拓宽对养蜂业的扶持与补贴方式^[53],鼓励养蜂农户采取先进蜜蜂饲养技术及传粉服务管

理措施,提升及加强蜜蜂良种化程度和蜂群抗病能力,进一步促进传粉昆虫对农业的增产作用。

(5)加强政策评估和追踪。定期检验政策和措施的实施进度、执行效率,审查阶段性和最终成果。与此同时,定量评估政策实施产生的生态效益、经济效益和社会效益,为后续生态补偿标准及长效政策机制的制定和完善提供理论支撑。

参考文献:

- [1] OLLERTON J, WINFREE R, TARRANT S. How Many Flowering Plants Are Pollinated by Animals? [J]. *Oikos*, 2011, 120(3): 321-326.
- [2] SENAPATHI D, FRÜND J, ALBRECHT M, *et al.* Wild Insect Diversity Increases Inter-annual Stability in Global Crop Pollinator Communities [J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2021, 288(1947): rspb.2021.0212.
- [3] POTTS S G, IMPERATRIZ-FONSECA V, NGO H T, *et al.* Safeguarding Pollinators and Their Values to Human Well-being [J]. *Nature*, 2016, 540(7632): 220-229.
- [4] WOODCOCK B A, GARRATT M P D, POWNEY G D, *et al.* Meta-analysis Reveals that Pollinator Functional Diversity and Abundance Enhance Crop Pollination and Yield [J]. *Nature Communications*, 2019, 10(1): 1-10.
- [5] 戴漂漂, 张旭珠, 刘云慧. 传粉动物多样性的保护与农业景观传粉服务的提升 [J]. *生物多样性*, 2015, 23(3): 408-418. [DAI Piao-piao, ZHANG Xu-zhu, LIU Yun-hui. Conserving Pollinator Diversity and Improving Pollination Services in Agricultural Landscapes [J]. *Biodiversity Science*, 2015, 23(3): 408-418.]
- [6] POTTS S G, ROBERTS S P M, DEAN R, *et al.* Declines of Managed Honey Bees and Beekeepers in Europe [J]. *Journal of Apicultural Research*, 2010, 49(1): 15-22.
- [7] GOULSON D, NICHOLLS E, BOTÍAS C, *et al.* Bee Declines Driven by Combined Stress from Parasites, Pesticides, and Lack of Flowers [J]. *Science*, 2015, 347(6229): 1255-1257.
- [8] POTTS S G, BIESMEIJER J C, KREMEN C, *et al.* Global Pollinator Declines: Trends, Impacts and Drivers [J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2010, 25(6): 345-353.
- [9] WAGNER D L. Insect Declines in the Anthropocene [J]. *Annual Review of Entomology*, 2020, 65: 457-480.
- [10] 谢正华, 徐环李, 杨璞. 传粉昆虫物种多样性监测、评估和保护概述 [J]. *应用昆虫学报*, 2011, 48(3): 746-752. [XIE Zheng-hua, XU Huan-li, YANG Pu. Notes on Monitoring, Assessing and Conserving Pollinator Biodiversity [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48(3): 746-752.]
- [11] Intergovernmental Science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. The Assessment Report of the Intergovernmental Science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination and Food Production [EB/OL]. (2016-08-01) [2021-10-10]. <https://ipbes.net/assessment-reports/pollinators>.
- [12] 欧阳芳, 王丽娜, 闫卓, 等. 中国农业生态系统昆虫授粉功能与服务价值评估 [J]. *生态学报*, 2019, 39(1): 131-145. [OUY-

- ANG Fang, WANG Li-na, YAN Zhuo, *et al.* Evaluation of Insect Pollination and Service Value in China's Agricultural Ecosystems [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(1): 131-145.]
- [13] 张云华, 赵俊超, 殷浩栋. 欧盟农业政策转型趋势与启示 [J]. *世界农业*, 2020(5): 7-11. [ZHANG Yun-hua, ZHAO Jun-chao, YIN Hao-dong. Trend and Enlightenment of EU Agricultural Policy Transformation [J]. *World Agriculture*, 2020(5): 7-11.]
- [14] GILL R J, RAMOS-RODRIGUEZ O, RAINE N E. Combined Pesticide Exposure Severely Affects Individual- and Colony-level Traits in Bees [J]. *Nature*, 2012, 491(7422): 105-108.
- [15] Department for Environment, Food and Rural Affairs. UK National Action Plan for the Sustainable Use of Pesticides (Plant Protection Products) [EB/OL]. [2021-09-29]. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/221034/pb13894-nap-pesticides-20130226.pdf.
- [16] Department for Environment, Food and Rural Affairs. Bees' Needs: Food and a Home [EB/OL]. [2021-09-29]. <https://www.gov.uk/government/news/bees-needs-food-and-a-home>.
- [17] Department for Environment, Food and Rural Affairs. The National Pollinator Strategy: For Bees and Other Pollinators in England [EB/OL]. [2021-10-20]. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/794706/national-pollinator-strategy.pdf.
- [18] SCHOUTEN C, CALON M, VAN DER MARC T. NL Pollinator Strategy "Bed and Breakfast for Bees" [EB/OL]. [2021-10-20]. <https://www.government.nl/documents/reports/2018/02/02/nl-pollinator-strategy-bed--breakfast-for-bees>.
- [19] HALLMANN C A, SORG M, JONGEJANS E, *et al.* More than 75 Percent Decline over 27 Years in Total Flying Insect Biomass in Protected Areas [J]. *PLoS One*, 2017, 12(10): e0185809.
- [20] Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Action Programme for Insect Conservation [EB/OL]. [2022-05-23]. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/aktionsprogramm_insektenschutz_en.pdf.
- [21] CALDERONE N W. Insect Pollinated Crops, Insect Pollinators and US Agriculture: Trend Analysis of Aggregate Data for the Period 1992-2009 [J]. *PLoS One*, 2012, 7(5): e37235.
- [22] 徐轶博. 美国农业支持政策: 发展历程与未来趋势 [J]. *世界农业*, 2017(8): 111-117, 250. [XU Yi-bo. US Agricultural Support Policy: Development and Future Trends [J]. *World Agriculture*, 2017(8): 111-117, 250.]
- [23] United States Department of Agriculture. Report on the National Stakeholders Conference on Honey Bee Health [EB/OL]. (2012-10-15) [2021-12-05]. <https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/ReportHoneyBeeHealth.pdf>.
- [24] The White House. National Strategy to Promote the Health of Honey Bees and Other Pollinators [EB/OL]. (2015-05-19) [2021-09-15]. <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/Pollinator%20Health%20Strategy%202015.pdf>.
- [25] 中华人民共和国农业部. 农业部关于加快蜜蜂授粉技术推广促进养蜂业持续健康发展的意见 [EB/OL]. (2010-03-20) [2021-09-15]. http://www.moa.gov.cn/nygb/2010/dsanq/201805/t20180530_6148336.htm. [Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Opinions of the Ministry of Agriculture on Accelerating the Promotion of Bee Pollination Technology and Promoting the Sustainable and Healthy Development of Apiculture [EB/OL]. (2010-03-20) [2021-09-15]. http://www.moa.gov.cn/nygb/2010/dsanq/201805/t20180530_6148336.htm.]
- [26] 中华人民共和国农业部. 农业部关于印发《全国养蜂业“十二五”发展规划》的通知 [J]. *中华人民共和国农业部公报*, 2011(1): 31-38.
- [27] 中华人民共和国农业农村部. 对十三届全国人大四次会议第8430号建议的答复 [EB/OL]. (2021-08-23) [2021-10-24]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/xmsyj/202108/t20210823_6374615.htm.
- [28] Department for Environment, Food and Rural Affairs. Country Stewardship: An Overview. [EB/OL]. (2020-02) [2021-10-15]. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/996741/Countryside_Stewardship_2020_Overview_leaflet_online.pdf.
- [29] United State Department of Agriculture. Using 2014 Farm Bill Programs for Pollinator Conservation [EB/OL]. (2015-05-31) [2021-10-24]. <https://directives.sc.egov.usda.gov/opennonwebcontent.aspx?content=38006.wba>.
- [30] 彭超. 美国新农业法案的主要内容、国内争议与借鉴意义 [J]. *世界农业*, 2019(1): 4-16, 26. [PENG Chao. Main Contents, Domestic Disputes and Implications of New Agriculture Acts in the US [J]. *World Agriculture*, 2019(1): 4-16, 26.]
- [31] 孙浩. 美国农业环境补贴政策绩效评价与启示 [D]. 济南: 山东师范大学, 2018: 28-33. [SUN Hao. Performance Evaluation and Enlightenment of Agricultural Environmental Subsidy Policy in the United States [D]. Jinan: Shandong Normal University, 2018: 28-33.]
- [32] 财政部, 农业部. 财政部农业部关于全面推开农业“三项补贴”改革工作的通知 [EB/OL]. [2021-12-15]. http://www.moa.gov.cn/gk/tzgg_1/tz/201604/t20160426_5108762.htm.
- [33] Department for Environment, Food and Rural Affairs. UK Biodiversity Indicators 2021 Revised [EB/OL]. (2022-03-22) [2022-04-21]. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1058725/ukbi2021_summary_booklet_rev.pdf.
- [34] HOWARD I. New Year's Count of Western Monarchs Tracks Population Decline during Overwintering Season [EB/OL]. (2022-03-02) [2022-04-21]. <https://www.xerces.org/blog/new-years-count-of-western-monarchs-tracks-population-decline-during-overwintering-season>.
- [35] 胡天宇, 王宁宁, 赵晓倩, 等. 生物多样性监测网络建设进展 [J]. *遥感学报*, 2018, 22(4): 709-712. [HU Tian-yu, WANG Ning-ning, ZHAO Xiao-qian, *et al.* Advances in Biodiversity Observation Network [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2018, 22(4): 709-712.]
- [36] 童泽宇, 徐环李, 黄双全. 探讨监测传粉者的方法 [J]. *生物多样性*, 2018, 26(5): 433-444. [TONG Ze-yu, XU Huan-li, HUANG Shuang-quan. Examining Methodologies of Pollinator Detection in the Field [J]. *Biodiversity Science*, 2018, 26(5): 433-444.]

- [37] DROEGE S, ENGLER J, SELLERS E, *et al.* U.S. National Protocol Framework for the Inventory and Monitoring of Bees. U.S. Fish and Wildlife Service [EB/OL]. (2017-06-17) [2021-12-10]. <http://ecos.fws.gov/ServCatFiles/reference/holding/47682>.
- [38] 冯晓娟, 米湘成, 肖治术, 等. 中国生物多样性监测与研究网络建设及进展[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(12): 1389-1398. [FENG Xiao-juan, MI Xiang-cheng, XIAO Zhi-shu, *et al.* Overview of Chinese Biodiversity Observation Network (Sino BON) [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(12): 1389-1398.]
- [39] 马方舟, 徐海根, 陈萌萌, 等. 全国蝴蝶多样性观测网络 (China BON-Butterflies) 建设进展[J]. 生态与农村环境学报, 2018, 34(1): 27-36. [MA Fang-zhou, XU Hai-gen, CHEN Meng-meng, *et al.* Progress in Construction of China Butterfly Diversity Observation Network (China BON-butterflies) [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2018, 34(1): 27-36.]
- [40] 洪德元. 生物多样性事业需要科学、可操作的物种概念[J]. 生物多样性, 2016, 24(9): 979-999. [HONG De-yuan. Biodiversity Pursuits Need a Scientific and Operative Species Concept [J]. Biodiversity Science, 2016, 24(9): 979-999.]
- [41] 王昕, 张凤麟, 张健. 生物多样性信息资源: I. 物种分布、编目、系统发育与生活史性状[J]. 生物多样性, 2017, 25(11): 1223-1238. [WANG Xin, ZHANG Feng-lin, ZHANG Jian. Biodiversity Information Resources: I. Species Distribution, Catalogue, Phylogeny, and Life History Traits [J]. Biodiversity Science, 2017, 25(11): 1223-1238.]
- [42] 黄家兴, 安建东. 中国熊蜂多样性、人工利用与保护策略[J]. 生物多样性, 2018, 26(5): 486-497. [HUANG Jia-xing, AN Jian-dong. Species Diversity, Pollination Application and Strategy for Conservation of the Bumblebees of China [J]. Biodiversity Science, 2018, 26(5): 486-497.]
- [43] CHEN C. M. CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature [J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006, 57(3): 359-377.
- [44] 臧云鹏. 美国农业政策框架及启示[J]. 中国国情国力, 2020(2): 60-64. [ZANG Yun-peng. American Agricultural Policy Framework and Its Enlightenment [J]. China National Conditions and Strength, 2020(2): 60-64.]
- [45] 郑晓明, 杨庆文. 中国农业生物多样性保护进展概述[J]. 生物多样性, 2021, 29(2): 167-176. [ZHENG Xiao-ming, YANG Qing-wen. Progress of Agricultural Biodiversity Conservation in China [J]. Biodiversity Science, 2021, 29(2): 167-176.]
- [46] 刘云慧, 张鑫, 张旭珠, 等. 生态农业景观与生物多样性保护及生态服务维持[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(7): 819-824. [LIU Yun-hui, ZHANG Xin, ZHANG Xu-zhu, *et al.* Ecoagricultural Landscape for Biodiversity Conservation and Ecological Service Maintenance [J]. Chinese Journal of Eco-agriculture, 2012, 20(7): 819-824.]
- [47] 孙玉芳, 李想, 张宏斌, 等. 农业景观生物多样性功能和保护对策[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(7): 993-1001. [SUN Yu-fang, LI Xiang, ZHANG Hong-bin, *et al.* Functions and Countermeasures of Biodiversity Conservation in Agricultural Landscapes: A Review [J]. Chinese Journal of Eco-agriculture, 2017, 25(7): 993-1001.]
- [48] 蔺哲广, 孟飞, 郑火青, 等. 新烟碱类杀虫剂对蜜蜂健康的影响[J]. 昆虫学报, 2014, 57(5): 607-615. [LIN Zhe-guang, MENG Fei, ZHENG Huo-qing, *et al.* Effects of Neonicotinoid Insecticides on Honeybee Health [J]. Acta Entomologica Sinica, 2014, 57(5): 607-615.]
- [49] 谭丽超, 程燕, 朱昱璇, 等. 油菜蚜虫防治用药对蜜蜂的急性毒性与风险评估[J]. 生态与农村环境学报, 2019, 35(4): 500-505. [TAN Li-chao, CHENG Yan, ZHU Yu-xuan, *et al.* Acute Toxicity and Risk Assessment of Nine Insecticides to Honeybees in Oilseed Rape Fields [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2019, 35(4): 500-505.]
- [50] 刘云慧, 王诗皓, 陈宝雄, 等. 中国农业生物多样性保护主要政策、措施回顾及2020年后展望[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(10): 1225-1233. [LIU Yun-hui, WANG Shi-hao, CHEN Bao-xiong, *et al.* A Review of Policies and Measures for Agricultural Biodiversity Conservation in China and Outlook for Post 2020 [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2021, 37(10): 1225-1233.]
- [51] 胡文浩, 那书豪, 李学东, 等. 乡土野花组合在农业景观中的应用[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(12): 1846-1856. [HU Wen-hao, NA Shu-hao, LI Xue-dong, *et al.* Application of Native Wildflower Mixtures in Agricultural Landscapes [J]. Chinese Journal of Eco-agriculture, 2019, 27(12): 1846-1856.]
- [52] 戴漂漂, 张旭珠, 肖晨子, 等. 农业景观害虫控制生境管理及植物配置方法[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(1): 9-19. [DAI Piao-piao, ZHANG Xu-zhu, XIAO Chen-zi, *et al.* Habitat Management and Plant Configuration for Biological Pest Control in Agricultural Landscapes [J]. Chinese Journal of Eco-agriculture, 2015, 23(1): 9-19.]
- [53] 席桂萍. 中国养蜂业国内支持政策研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014. [XI Gui-ping. Studies on Domestic Supporting Policy of Chinese Apiculture [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014.]

作者简介: 阿如汗(1993—), 女(蒙古族), 内蒙古兴安盟人, 博士生, 主要研究方向为景观生态与生物多样性。E-mail: aruhan1230@foxmail.com

(责任编辑: 王昌群)