

•保护论坛•

IPBES框架下的全球传粉评估及我国对策

田 瑜 兰存子 徐 靖 李秀山 李俊生*

(中国环境科学研究院生物多样性研究中心, 北京 100012)

摘要: 作为重要的生态系统服务之一, 传粉与粮食生产和食品安全密切相关。传粉者的下降直接影响人类的福祉, 因此近年来受到全球各界的广泛关注。基于此, 生物多样性和生态系统服务政府间科学-政策平台(Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES)将“传粉者、传粉和粮食生产评估”列为2014–2018年工作方案中最优先开展的快速评估。其“决策者摘要”已在IPBES第四届全体会议上获得通过。本文以IPBES框架为背景, 介绍了该评估专题的由来和评估报告的主要内容。IPBES评估报告强调了传粉和传粉者在生态系统中的重要价值, 分析了传粉和传粉者的现状与濒危趋势, 通过案例详细介绍了全球传粉者面临的威胁、驱动因素和缓解措施等。本文同时探讨了该评估与其他进程的关系及可能产生的影响, IPBES不仅是千年生态系统评估(Millennium Ecosystem Assessment)的后续, 它同时应各国政府和7个生物多样性相关公约的评估请求, 对实现《2011–2020生物多样性战略计划》和《生物多样性爱知目标》具有重要意义。作为科学和政策的桥梁, IPBES通过科学层面的评估分析, 将为决策者提供工具和方法。通过深入分析这次评估的经验教训以及我国存在的问题, 我们提出以下建议: (1)开展传粉者本底调查, 评估传粉服务的价值; (2)建立传粉监测体系; (3)深入开展致危因素分析, 制定并开展传粉者保护和恢复行动; (4)促进耕作模式优化, 加强政策支持; (5)扩大宣传, 提高公众参与。

关键词: IPBES; 2014–2018年工作方案; 传粉; 传粉者; 粮食生产; 决策者摘要

Assessment of pollination and China's implementation strategies within the IPBES framework

Yu Tian, Cunzi Lan, Jing Xu, Xiushan Li, Junsheng Li*

Biodiversity Research Center, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012

Abstract: Pollination is an important ecosystem services closely related to grain products and food security. Recent research has shown that pollinator declines directly affect human wellbeing, which has attracted widespread attention from the global community. Fittingly, the “pollinator, pollination and food production assessment” was listed as a high priority rapid assessment in 2014–2018 work programme of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). The summary for policymakers was adopted at the fourth plenary meeting of IPBES. Within the IPBES framework, we introduce the start point and main contents of the thematic assessment report and explored the relationship between this assessment and other processes and its potential impacts. We also analyze what was learned and current shortcomings. We propose the following actions: (1) to survey pollinator diversity and to assess the value of pollination services; (2) to establish pollination monitoring system; (3) to analyze the risk factors and formulate pollinator conservation and restoration activities; (4) to optimize farming modes and to enhance policy support; and (5) to expand publicity and increase public participation.

Key words: IPBES; work programme for the period 2014–2018; pollination; pollinator; food production; summary for policymakers

收稿日期: 2016-05-16; 接受日期: 2016-08-19

基金项目: 环保部生物多样性调查与评估专项(2096001006)和国家自然科学基金(31300458)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: lijsh@craes.org.cn

传粉是农业生产中的一种重要生态系统服务,传粉者在其中起着极其重要的作用(Free, 1993; Allen-Wardell et al, 1998)。就全球而言,超过30万种有花植物需要动物参与传粉,约占全球有花植物的87.5% (Ollerton et al, 2011),其中,依赖动物传粉的粮食作物种类占全球的75%;至少部分依赖动物传粉的作物占粮食产量的35%。如果传粉者消失,至少12%的主要作物将减产90% (Klein et al, 2007),5–8%的农产品产量将会损失(Lautenbach et al, 2012)。然而,由于生境丧失与破碎化、杀虫剂的使用、病虫害、外来物种入侵、气候变化等环境原因导致了传粉者种群数量呈下降趋势,直接影响了野生植物多样性和作物的产量,对生态系统稳定性、粮食生产、食物安全和人类福祉有很大的负面影响(Le Conte & Navajas, 2008; Chauzat et al, 2010; Potts et al, 2010; Hoover et al, 2012; Montero-Castaño & Vilà, 2012; Goulson, 2013; Vanbergen et al, 2014)。

生物多样性和生态系统服务政府间科学–政策平台(Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES)将“传粉者、传粉和粮食生产”作为优先启动的评估项目列入2014–2018年的工作方案,于2014年初组织专家开展快速评估(IPBES, 2013; Tian et al, 2015),2016年3月完成并公开发布。至此,首次由各国科学家联合开展的全球范围的传粉专题评估作为IPBES成立以来的第一批工作方案交付成果宣布完成。本文以IPBES框架为背景,系统介绍“传粉者、传粉和粮食生产”评估的由来、评估内容和主要结论,探讨该评估与其他IPBES进程的关系,分析评估结果可能产生的影响,通过分析这次评估的经验教训,提出我国未来工作的建议。

1 评估背景和由来

IPBES是一个独立的政府间机构,旨在加强科学和政策之间的联系,促进保护和可持续利用生物多样性和生态系统服务功能,确保人类长期福祉和可持续发展(Larigauderie & Mooney, 2010; Perrings et al, 2011)。

IPBES除了开展多尺度生物多样性和生态系统服务评估以外,还回应成员国和利益攸关方提出的评估建议。在成员国和利益攸关方提出的评估请求中,新西兰、挪威、《生物多样性公约》和《保护野

生动物迁徙物种公约》向IPBES提出开展传粉评估的请求,认为就目前传粉者面临的威胁和剧烈下降的区域,迫切需要开展传粉者和传粉的评估,包括传粉者在农业生态系统和自然生态系统中的作用,传粉者的现状、趋势、未来发展、受到的威胁,以及传粉者变化对生态系统服务的影响等。法国、日本、《生物多样性公约》和德国生物多样性研究科学政策平台(NEFO)提出了开展农业、粮食安全和生物多样性的评估请求。考虑到传粉者和传粉对粮食生产的巨大影响,专家建议合并这两项相关的请求,将“传粉者、传粉和粮食生产评估”列为评估专题,在联合国粮食及农业组织(Food and agriculture organization of the united)和其他机构现有工作的基础上开展评估工作。

秘书处针对各成员国和利益攸关方提出的请求,根据重要性、紧迫性、可行性等原则进行优先性排序,结合四项基本职能,形成了2014–2018年工作方案草案(IPBES, 2013; 田瑜等, 2015)。2013年12月,IPBES第二届全体会议通过了该方案的草案,并确定“传粉者、传粉和粮食生产评估”为该份工作方案中首批快速评估的交付成果。各成员国和利益攸关方推荐的专家根据IPBES评估报告的编写程序,经过近两年的努力,完成了传粉评估报告及其决策者摘要,并在IPBES第四次全体会议上获得通过(IPBES, 2016)。

2 评估的内容和主要结论

“传粉者、传粉和粮食生产”评估报告包括“传粉和传粉者的价值”、“传粉和传粉者的现状与趋势”以及“威胁、驱动因素和缓解措施”三个主要部分(IPBES, 2016)。

2.1 传粉和传粉者的价值

传粉是一种基本的生态系统服务,不仅对野生植物繁殖必不可少,对维持农业生产也至关重要。目前,绝大多数传粉者是野生物种,包括超过2万种昆虫及某些鸟类和蝙蝠等脊椎动物,仅一些蜂类(通过养蜂产业)受到管理。这些物种不仅为人们供给食物,它们还直接贡献于药物、生物燃料、建筑材料、娱乐等,以及为艺术、文化、宗教、教育和科技等提供灵感来源。全球有将近90%的野生有花植物物种至少部分依赖动物传粉,这些植物对生态系统功能至关重要,为其他生物提供食物、栖息地

和其他资源。同时,动物传粉也直接关系到全球农业产品的产量,依赖动物传粉的农产品产量占全球的5–8%,每年在世界各地产生的市场价值为2,350–5,770亿美元。其中,主要的粮食作物贡献了全球粮食产量的35%。依赖传粉提供的食物产品为人类的饮食健康和营养做出了重要贡献。这些传粉者对作物发挥着重要作用,但其相对贡献因作物种类和地点而有所不同,作物的产量和质量取决于传粉者的丰度和多样性。同时动物传粉对于不同作物的重要性差别很大,对不同区域作物的经济重要性差别也很大。另外,传粉者的作用可作为身份的象征,作为在美学上非常重要的景观和物种,服务于教育和娱乐,以及促进土著和地方社区的互动管理等。

2.2 传粉和传粉者的现状与趋势

传粉者的数量和多样性有下降趋势。已有研究表明,欧洲西北部和北美洲的地方和区域尺度的野生传粉者数量、多样性以及某些物种的丰度呈下降趋势。尽管缺乏拉丁美洲、非洲、亚洲和大洋洲等区域的概括性研究成果和全面的数据,但局部地区的数据仍显示了传粉者数量下降的趋势。过去50年来,全球受管理的西方蜜蜂蜂箱数量有所增加,但同期在某些欧洲国家和北美洲的数量减少。世界自然保护联盟(IUCN)物种红色名录评估显示,16.5%的传粉脊椎动物面临全球灭绝威胁(岛屿物种的比例高达30%) (IPBES, 2016)。迄今还没有具体针对传粉昆虫的全球红色名录评估,不过,区域和国家评估显示某些蜂类和蝴蝶受到的威胁程度颇高。全球农业中依赖传粉者的作物产量在过去50年增加了300%,使得人类的生存更加依赖于传粉带来的食物供给。然而,依赖传粉者作物的产量增长率和稳定性整体上要低于不依赖传粉者的作物。

2.3 威胁、驱动因素和缓解措施

传粉者的丰度、多样性和健康度,以及传粉服务的提供受到多种威胁,具体包括土地利用变化、集约化农业管理、农药使用、环境污染、外来入侵物种、病原体和气候变化等。世界各地的大量案例显示,这些因素对传粉者大多具有负面影响,常常对生态系统也造成威胁。

减缓这些威胁的对策包括:(1)推动当前密集型农业向更可持续的农业转变,扭转农业景观简单化局面,从而应对和减缓对传粉者的影响;(2)通过减

少农药用量、寻求害虫控制的替代形式,以及采用各种特定农药施用实践,包括减少农药漂移的技术,来降低传粉者对农药的接触量等;(3)无论是在传粉物种受管理还是野生的区系,重视卫生和病原体控制可有助于减少疾病在整个传粉者区系的传播,以缓解病原体的危害。对于受管理的传粉者的大量养殖和大规模运输可能带来的风险,可通过加强贸易和使用监管,降低对传粉者造成伤害的风险;(4)适应气候变化,可采取的对策包括:不断提高作物多样性和区域农业多样性,以及有针对性的生境养护、管理或恢复。可以通过改善治理以更有效地实施很多支持野生和受管理传粉者与传粉的行动。另外,基于土著和地方知识的支持传粉者的丰度和多样性的实践,可以与科学共同发挥作用,成为应对当前挑战的解决方案来源。

3 与IPBES各职能的关系

传粉评估实现了IPBES工作方案的目标之一,充分体现了与IPBES的4个职能的相互关系,IPBES的基本职能包括开展评估、创造新知识、政策支持和能力建设,其中开展全球范围的多尺度生物多样性和生态系统服务评估为核心职能。

首先,传粉评估报告通过整合已有大量的观察性、实证和模拟研究案例,对传粉服务进行了全球范围的综合评估,明确了传粉者和传粉的价值,对传粉者和传粉的现状、威胁、驱动力和趋势有了更深的认识,通过案例分析,提出缓解对策和措施。

其次,传粉评估通过整合现有的知识,识别出一些尚待解决的新问题,以补充现有知识体系对于此类问题的空缺,进而实现创造新知识这一职能。例如,世界各地的研究案例显示,很多驱动因素对传粉者均有不利影响,但具体的影响机制尚不明确,影响程度仍缺乏有效结论。同时,各驱动因素间的相关性也需要进一步研究。转基因植物一直是比较有争议的研究,从传粉角度来讲,种植转基因作物的利弊仍需更深入的研究。

第三,传粉评估报告的结论证实了决策和科学互动的必要性,通过IPBES搭建的科学和政策对话平台,在概念框架的指导下,通过开展评估,为决策提供支持和依据,进而实现科学向政策的转化。例如,投资于传粉者及其赖以生存的栖息地的保护行动,可有助于粮食安全和改善生计,以及保护和

可持续利用生物多样性。

最后,传粉评估关于传粉者在全球范围内的濒危现状、驱动因素等问题尚待补充证据,特别是发展中国家,由于缺乏研究投入,案例比较少,影响了评估结论的全面性。这就对能力建设提出了新的要求,需要依靠能力建设对发展中国家的相应研究和监测样地布设予以支持,从而进一步完善全球传粉评估。

4 与其他进程的关系及可能影响

作为千年生态系统评估(MA)的后续行动,IPBES开展的传粉评估也是一项针对生态系统及其服务与人类福祉之间联系的全球性评估。千年生态系统评估在政策支持方面尚待进一步补充完善,而IPBES在设计之初就考虑到了这一问题。因此,该传粉评估报告的决策者摘要强调了减缓威胁战略和措施,不仅开展评估,也适用于不同尺度的管理和政策执行、某一尺度内(如不同的政策部门之间)权衡利弊,以及不同尺度之间权衡利弊(兰存子等,2015)。另外,考虑到全面性和创新性,IPBES在千年生态系统评估的基础上增加了对土著和地方知识体系的利用,将土著和地方知识作为评估的一个重要来源,成立了土著和地方知识工作队,以确保土著和地方知识的科学化和标准化使用(Turnhou et al, 2012; 兰存子等, 2015)。

传粉评估对执行《2011–2020生物多样性战略计划》和实现《生物多样性爱知目标》具有重要意义。传粉专题评估报告指出,传粉是《生物多样性爱知目标》中“目标14”的一项重要的生态系统服务,探讨了传粉的重要价值,阐明了与“目标7”中可持续农业相关的关键内容。该报告评估了传粉和传粉者的威胁因素,包括生境丧失、污染、入侵物种和物种丧失等问题,也反映了“目标5、8、9和目标12”的内容;同时还完成了与传粉有关的“目标1–4”,即提出保护对策和方案,缓解对传粉者和传粉的危害。另外,评估工作组与土著和地方知识工作队联合,充分利用地方知识体系完成评估,显示了“目标18”(土著居民和地方社区传统知识、创新和做法)和“目标19”(知识、科学基础和技术)的相关性(CBD SBSTTA, 2016)。

由联合国粮食及农业组织(FAO)牵头组织的“通过生态系统做法保护和管理可持续农业传粉者”

国际传粉者倡议行动计划得到了全球环境基金的支持,参加该项目的7个国家(巴西、加纳、印度、肯尼亚、巴基斯坦、尼泊尔和南非)对传粉服务进行了评估。该倡议的一系列研究借鉴了IPBES传粉评估,包括传粉者现状快速评估、传粉服务经济价值评估、保护传粉者做法的评价及政策主流化等工具。

作为IPBES首份工作方案的首个交付成果,该评估报告完成了关于传粉者、传粉和粮食生产的评估目标,响应了挪威、法国、《生物多样性公约》等成员国和利益攸关方的评估请求,为谈判提供了科学证据。尽管各公约对评估结论如何使用尚属未知,但仍可预见,包括该报告在内的一系列IPBES评估报告将通过不断完善来影响各国生物多样性保护和生态系统服务科学发展及相关政策制定,从而成为各国在生物多样性领域对话、博弈、争取本国利益最大化的平台。

5 对我国相关工作的建议

我国对传粉者的认识大体经历了3个阶段:自然传粉阶段、人们对传粉昆虫的认识阶段和利用阶段(葛凤晨, 2012)。然而,由于对野生物种的传粉行为对农业生产的作用重视不够,以往的研究多限于对传粉者分类、人工繁育,以及经济价值的利用方面,更多关注野生传粉者种类的驯养、人工繁殖等。近些年,科学家逐渐认识到传粉服务的重要性,每两年举办一次的“全国植物繁殖生态学研讨会”第五届会议也将“传粉昆虫的多样性及其应用”列为主题之一,以促进研究人员对相关问题的研究和交流。由此,我们建议结合国外的实践经验,针对国内普遍存在的问题开展一系列有针对性的战略行动,促进传粉者种群的保护和恢复。

5.1 开展传粉者本底调查,评估传粉服务的价值

我国野生传粉动物的生物多样性十分丰富,但由于重视不够,国内在传粉的现状、作用及传粉需求方面相关的研究、保护以及利用远远落后于欧美国家,存在着现状不清楚、对未来发展缺乏预测的问题,对于中国物种的传粉功能和价值、本地和引进传粉者的种群变化趋势、农业生态系统的相应机制等研究很少涉及,对本底了解不清。近年来,我国仅有少数研究是针对传粉服务开展的评估,对传粉服务的价值评估也停留在理论探索或针对养蜂

产业的研究方面,对自然生态系统中传粉和传粉者的总体评估数据和案例均十分稀少。而从IPBES发布的传粉评估报告决策者摘要以及评估过程来看,这是目前发展中国家普遍存在的问题,研究能力有限、投入不足等原因,导致IPBES评估报告中涉及的这部分结论并不能充分且完整地在全球各个区域得到验证。与此同时,这一问题直接限制了本国决策者对传粉者普遍现状的掌握,以及保护战略的制定。

由此,我们建议在全国范围及自然生态系统和农业生态系统典型区域开展传粉者本底调查,有针对性地在典型作物区查明主要传粉者的多样性特征和空间分布现状,以及依赖于传粉者的主要植物,特别是农作物种类。了解我国传粉者特别是传粉昆虫的总体情况,查明传粉动物的种类及种群数量、空间分布格局和特点、生境需要和食物选择、致危因素及影响程度,尤其掌握农业生态系统中传粉者的基本情况、受威胁现状及对农业生产的影响。综合评估传粉服务的价值,为制定传粉者保护和恢复政策、开展行动计划提供科学依据。

5.2 建立传粉监测体系

国际上十分重视传粉者,特别是传粉昆虫的监测。例如,欧盟委员会设立了以蝴蝶和蜜蜂监测为主的大尺度生物多样性监测和传粉昆虫的状态与趋势研究项目,通过这两个项目积累了丰富的经验,建立了遍及欧洲的监测体系。我国作为世界生物多样性起源中心之一,传粉者数量多、种类丰富,传粉服务效益高。据估计,我国已被命名的传粉蜂有1,000多种,但对这些传粉蜂的种群数量、空间分布特征、威胁因素等知之甚少(徐环李等,2009)。目前,中国环境保护部推动了一系列相关的昆虫多样性监测工作,中国科学院建立了中国昆虫多样性监测网,但要实现对传粉物种的现状、动态等问题的掌握仍有一段很长的路要走。传粉者数据的缺失,直接影响着对我国传粉者多样性的综合评估,从而限制了对我国传粉状况的其他研究(谢正华等,2011)。

由此,我们建议借鉴国外已有的大规模监测体系构建模式,依赖现有基础,在对传粉者依赖度高的区域,吸取国际上长期开展传粉者监测的经验与做法,重点在秦岭、横断山、川西等对气候变化敏感且物种丰富度高的地区,以及我国重要的粮食

主产区、水果种植区规划和布设监测站点,构建监测网络体系,对传粉者和传粉行为进行长期监测,积累和掌握传粉动物特别是传粉昆虫种群多样性和分布状况的动态趋势数据,为开展传粉者致危因素分析和保护策略的提出提供权威科学的基础。

5.3 深入开展致危因素分析,制定并开展传粉者保护和恢复行动

人口增长、生境退化和片断化降低了植物多样性,缩小了野生传粉昆虫适合生存的范围。同时,农田农药的过量使用和土地不合理利用极大地降低了传粉昆虫的数量。IPBES评估报告针对传粉者的濒危现状,结合各国的研究案例和实践经验,提出了应对与传粉和传粉者相关的风险与机遇的战略对策,主要体现在:(1)改善目前的传粉条件,维持传粉现状;(2)转变农业景观;(3)改变社会与自然的关系等(IPBES, 2016)。而我国对这方面的研究多体现在定性的描述,缺乏定量的研究和分析,更缺乏政策推广和应用。尽管我国针对传粉者特别是传粉昆虫的分类和适应机制等问题开展了较为深入细致的研究,也有研究对我国传粉昆虫面临的主要致危因素进行了梳理,但对传粉者的影响因素及机理研究并不透彻,仅能从总体上分析说明影响因素,但具体的影响程度和作用机理尚缺乏足够的科学依据和案例支持,有待进一步完善。

由此,我们建议借鉴国外的先进经验,在全国或区域范围开展传粉者的保护和恢复行动,以及区域尺度的实践推广行动:

(1)限制和管理农药、杀虫剂的使用。目前,我国作物种植区存在广谱性杀虫剂和除草剂等不合理使用的现象,直接或间接地影响了传粉者的种群数量;或由于杂草的减少,传粉动物的食物来源减少。由此,建议开展农药和杀虫剂的安全性评价,限制甚至禁止使用对传粉者有毒性的农药和杀虫剂;另一方面,鼓励科技创新,研发传粉者友好型农药或杀虫剂,或专一型农药或杀虫剂。

(2)评估和管理外来入侵传粉昆虫。研究表明,外来蜂种常常通过影响本地蜂的繁殖、筑巢等行为对本地种造成威胁,由此建议加强对本土传粉蜂的保护和可持续利用,对外来蜂种,严格评估其生态风险,加强管理,以消除潜在威胁。

(3)研究转基因作物的影响。近年来,随着国内外转基因作物的研究和大规模商品化种植,转基因

作物的安全风险评估越来越受到重视,许多转基因作物就是依靠动物传粉的,同时有研究表明,转基因作物对传粉昆虫还有直接或间接的影响,其对传粉动物的安全性成为安全风险评估的一个重要方面(徐环李等,2009)。由此,从机理上探究转基因作物对传粉动物的影响迫在眉睫。

(4)推广有机农业,促进生态集约化。除农药、杀虫剂、外来入侵物种和转基因作物以外,病虫害也是造成传粉者种群数量下降的主要原因之一。因此,建议寻求减少农药使用、控制病虫害、防控病原体等科技手段,促进生态集约化,支持有机农业体系、多元化农业体系,因地制宜的开发和推广有机种植。

(5)建立以保护传粉者为目的的保护地。土地利用的改变和农业生产等人为因素以及气候和环境变化等多重因素的影响,导致传粉者生境隔离和丧失、食物来源减少、甚至某些行为的改变,严重影响传粉者种群数量和分布。为保护传粉者的核心种群,建议建立以保护传粉者为目的的保护地,有针对性地进行生境养护、管理或恢复,以适应气候变化和人为干扰。

5.4 促进耕作模式优化,加强政策支持

随着现代育种技术的发展,具有高产、抗病等功能的优良作物的研发日益受到重视,大多数区域采用大面积单一种植优良作物的模式,减少了粮食作物产地、水果蔬菜产区生态系统的多样性。由于作物类型单一,导致传粉动物的食物来源减少,从而导致种群数量下降。鉴于此,建议开展针对传粉依赖度高的农业生产模式的研究和相应政策支持工具的研发,促进可持续农业的推广,扭转农业景观简单化的现状,改变目前这种农作物大面积单一化种植模式,在农田边际选择适合传粉者生存的蜜源植物,补充野生蜂食物来源,并在农业生产中开展推广示范,促进农作物产量提升。

5.5 扩大宣传,提高公众参与

提升公众对传粉者重要性的认识,鼓励公众参与传粉者的调查和保护工作,对于自然生态系统的监测和调查,培训当地的护林员、教师、学生、业余爱好者;对于农业生态系统,充分发挥农民和当地居民的积极性,给予适当补助,实现长期监测。另一方面,通过鼓励科学家参与,提高传粉者的调查者和生物多样性保护工作者的科技创新能力,进

而促进我国基础研究和成果转化的能力。

参考文献

- Allen-Wardell G, Bernhardt P, Bitner R, Burquez A, Buchmann S, Cane J, Cox PA, Dalton V, Feinsinger P, Ingram M, Inouye D, Jones CE, Kennedy K, Kevan P, Koopowitz H, Medellin R, Medellin-Morales S, Nabhan GP, Pavlik B, Tepedino V, Torchio P, Walker S (1998) The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology*, 12, 8–17.
- CBD SBSTTA (Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice) (2016) UNEP/CBD/SBSTTA/20/9: Implication of the IPBES Assessment on Pollinators, Pollination and Food Production for the Work of the Convention. Montreal, Canada. <https://www.cbd.int/doc/recommendations/sbstta-20/sbstta-20-rec-09-en.doc>.
- Chauzat MP, Martel AC, Zeggane S, Drajnudel P, Schurr F, Clement MC, Ribiere-Chabert M, Aubert M, Faucon JP (2010) A case control study and a survey on mortalities of honey bee colonies (*Apis mellifera*) in France during the winter of 2005–6. *Journal of Apicultural Research*, 49, 40–51.
- Free JB (1993) *Insect Pollination of Crops*. Academic Press, London.
- Ge FC (2012) Review: history of bee pollination (1). *Journal of Bee*, (11), 11–12. (in Chinese) [葛凤晨 (2012) 回顾我国蜜蜂传粉的历史(1). *蜜蜂杂志*, (11), 11–12.]
- Goulson D (2013) Review: an overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50, 977–987.
- Hoover SER, Ladley JJ, Shchepetkina A, Tisch M, Giese SP, Tylianakis JM (2012) Warming, CO₂, and nitrogen deposition interactively affect a plant–pollinator mutualism. *Ecology Letters*, 15, 227–234.
- IPBES (2013) Report of the Second Session of the Plenary of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, pp. 1–96. Antalya, Turkey.
- IPBES (2016) Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. In: *Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services Deliverables of the 2014–2018 Work Programme* (eds Potts SG, Imperatriz-Fonseca VL, Ngo HT, Biesmeijer JC, Breeze TD, Dicks LV, Garibaldi LA, Hill R, Settele J, Vanbergen AJ, Aizen MA, Cunningham SA, Eardley C, Freitas BM, Gallai N, Kevan PG, Kovács-Hostyánszki A, Kwapong PK, Li J, Li X, Martins DJ, Nates-Parra G, Pettis JS, Rader R, Viana BF), pp. 1–28. IPBES, Bonn, Germany.
- Klein AM, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 274, 303–313.

- Lan CZ, Tian Y, Xu J, Li JS (2015) Conceptual framework and operational model of Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *Biodiversity Science*, 23, 681–688. (in Chinese with English abstract) [兰存子, 田瑜, 徐靖, 李俊生 (2015) 生物多样性和生态系统服务政府间科学-政策平台的概念框架和运作模式. *生物多样性*, 23, 681–688.]
- Larigauderie A, Mooney HA (2010) The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services: moving a step closer to an IPCC-like mechanism for biodiversity. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2, 9–14.
- Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J, Dormann CF (2012) Spatial and temporal trends of global pollination benefit. *PLoS ONE*, 7, e35954.
- Le Conte Y, Navajas M (2008) Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique*, 27, 499–510.
- Montero-Castaño A, Vilà M (2012) Impact of landscape alteration and invasions on pollinators: a meta-analysis. *Journal of Ecology*, 100, 884–893.
- Ollerton J, Winfree R, Tarrant S (2011) How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120, 321–326.
- Perrings C, Duraipah A, Larigauderie A, Mooney H (2011) The Biodiversity and Ecosystem Services Science-Policy Interface. *Science*, 331, 1139–1140.
- Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE (2010) Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25, 345–353.
- Tian Y, Li JS, Lan CZ, Li XS (2015) Interpretation of the work programme of Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services for the period 2014–2018. *Biodiversity Science*, 23, 543–549. (in Chinese with English abstract) [田瑜, 李俊生, 兰存子, 李秀山 (2015) 生物多样性和生态系统服务政府间科学-政策平台2014–2018年工作方案解析. *生物多样性*, 23, 543–549.]
- Turnhout E, Bloomfield B, Hulme M, Vogel J, Wynne B (2012) Conservation policy: listen to the voices of experience. *Nature*, 488, 454–455.
- Vanbergen AJ, Woodcock BA, Gray A, Grant F, Telford A, Lambdon P, Chapman DS, Pywell RF, Heard MS, Cavers S (2014) Grazing alters insect visitation networks and plant mating systems. *Functional Ecology*, 28, 178–189.
- Xie ZH, Xu HL, Yang P (2011) Notes on monitoring, assessing and conserving pollinator biodiversity. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48, 746–752. (in Chinese with English abstract) [谢正华, 徐环李, 杨璞 (2011) 传粉昆虫物种多样性监测、评估和保护概述. *应用昆虫学报* 48, 746–752.]
- Xu HL, Yang JW, Sun JR (2009) Current status on the study of wild bee-pollinators and conservation strategies in China. *Acta Phytophylacica Sinica*, 36, 371–376. (in Chinese with English abstract) [徐环李, 杨俊伟, 孙洁茹 (2009) 我国野生传粉蜂的研究现状与保护策略. *植物保护学报*, 36, 371–376.]

(责任编辑: 黄双全 责任编辑: 时意专)