

昆虫授粉服务价值及其评估研究进展

赵敏

(西华师范大学, 四川南充 637000)

摘要 昆虫授粉是一种具有全球重要性的生态系统服务, 与陆地生态系统中的重要生态过程一起, 为人类社会提供重大的经济和美学利益以及文化价值。研究表明, 野生传粉昆虫的数量及多样性由于生境破碎化、单一种植等原因正在持续减少。基于相关科学研究文献, 首先对昆虫授粉服务价值研究评估的国内外研究现状进行分析并对比, 研究其理论依据和评估理论; 其次分析其评估研究方法及过程, 对评估成果表现形式和评估结果进行总结; 最后根据研究结果提出建议。

关键词 传粉昆虫; 授粉服务; 生态系统服务; 价值评估; 保护利用

中图分类号: S18

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)07-0100-03

昆虫在高等生物类群中种类最多、数量和生物量最大, 约占世界上动物种类的80%, 是当今地球上尚未被充分认识和利用的最大生物资源。昆虫虫体本身及其产物或行为具有巨大的资源潜力和广阔的应用前景。随着人口的急剧增长和人类经济活动的不断加剧, 而作为人类生存最主要的物质基础——生物多样性也受到了严重威胁, 昆虫物种正以人类历史上前所未有的速度在消失。我国昆虫资源极为丰富, 种类之多居于世界前列, 因此合理开发我国昆虫资源, 有利于维护生态环境和提高经济效益, 从而造福人类。昆虫授粉是一种具有全球重要性的生态系统服务, 通常也被列为濒危的生态系统服务, 与陆地生态系统中的重要生态过程一起, 为人类社会提供重大的经济和美学利益以及文化价值。授粉昆虫在访花采蜜的过程中促进了经济作物的增产效益, 被称为农业之“翼”。实践证明, 能在生产上起明显作用的受粉昆虫类群主要是蜜蜂总科, 其种群数量大, 访花频率高, 授粉效果好。因此, 为了提高经济收益, 种植者会饲养蜜蜂专门为作物提供传粉服务。然而, 近几年研究表明, 与单一受管理的传粉昆虫物种提供的服务相比, 野生昆虫传粉昆虫种群的多样性行为和形态可能提供更有效的传粉服务。

1 昆虫传粉生态系统服务功能概况

1.1 相关概念

生态系统服务可分为供给服务、调节服务、文化服务和支撑服务四个类别, 昆虫传粉服务则属于调节服务。昆虫授粉是指昆虫在访花采蜜时将一株植株的花粉带到另一植株, 从而帮助花粉进行受精作用, 有

授粉行为的昆虫称为授粉昆虫(Pollination insect)或传粉昆虫, 植物授粉80%以上是靠生物传粉, 而生物传粉中80%以上是靠昆虫传粉。昆虫传粉服务功能是指昆虫作为传粉媒介为植物提供授粉的服务, 昆虫的传粉对象有油料作物、果蔬作物以及粮食谷类等。

1.2 昆虫传粉服务功能的价值及面临的问题

1.2.1 经济价值

昆虫授粉容易形成杂种优势, 而且其传粉效果远比人工授粉好得多, 经济价值极高。在农业生产过程中, 昆虫授粉可帮助许多农作物和果树提高产量, 例如人类赖以生存的蔬菜, 油料作物菜籽、花生、大豆、向日葵、橄榄、棕榈等; 另外, 牛羊等家禽的饲料原料紫花苜蓿、三叶草、胡枝子和车轴草等也依赖于昆虫授粉。昆虫授粉中, 蜜蜂是最典型的代表, 蜜蜂授粉可使农作物等大幅增产(使向日葵增产20%~64%、油菜19%~37%、大豆14%~15%、苹果32%~52%、西瓜1.7倍和草莓10倍)。在我国, 昆虫传粉助力设施农业提质增效的潜力巨大。例如河西走廊戈壁设施番茄^[1], 研究人员比较了熊蜂传粉、人工振动授粉以及激素喷花三种方法作用下的番茄产量和品质。结果表明, 熊蜂传粉能够提高番茄产量, 有效改善果实的口感品质。

1.2.2 生态价值

昆虫传粉服务是全球生态系统服务中的重要组成部分, 其生态价值主要有以下几点。第一, 昆虫授粉对于维护生物群落多样性和遗传稳定性具有重要的生态功能。原因之一就在于这种传粉方式更加精准高效、可靠性强, 在自然界中, 许多植物就不会因为无法完成授粉而灭绝; 原因之二则是授粉昆虫在频繁的访花过程中能携带远距离植株的花粉来进行异花授粉, 经

过异花授粉之后,授粉植株的遗传多样性及基因型的复杂程度得到提高,保障了结实的质量,进一步维持了生物群落的多样性和遗传稳定性。第二,授粉昆虫对于恢复植被和改善生态环境具有重要作用。此外,昆虫授粉还可减少农药和化肥的施用,从而减少环境污染。适宜生态农业和绿色农业的发展试验和生产实践证明,通过蜜蜂的传粉,即使不使用农药和化肥,也可以大幅提高产量和质量。

1.2.3 面临的问题

目前,昆虫授粉主要面临以下几个问题:第一,农业机械化水平提高,土地大面积的平整翻耕导致野生授粉昆虫的地下巢穴毁坏。第二,农业生产集约化导致许多野生昆虫(尤其对专门取食花粉和花蜜的高效传粉昆虫)的生存和发展得不到持续的食料供应。第三,气候变化、栖息地丧失和生境破碎化、杀虫剂、病原体和入侵物种等人类相关影响导致授粉昆虫丰富度和多样性下降。第四,传粉群体种类多,数量大,传粉网络复杂庞大,不同传粉者在不同的地区对于不同作物有不同传粉效益,因此,为了更好地了解野生传粉昆虫如何促进授粉,必须量化不同传粉者以及对特定作物的授粉服务。

保持传粉者的多样性有助于确保具有觅食模式的高效传粉物种的存在,在多变的天气条件下增加授粉服务的互补性,研究显示大黄蜂和蜜蜂存在的属通常可以作为互补的传粉者,大黄蜂在一天中较早或较晚的时间和较冷的天气条件下觅食。然而,野生蜜蜂的数量和多样性正处于不断下降的趋势,导致了其提供的传粉服务水平同样下降,更有甚者会出现野生植物多样性的减少,因此对于野生传粉类群(尤其是蜜蜂)及其生境的保护迫在眉睫。值得注意的是,目前仍然有一些种植者认为传粉昆虫有害于生产,例如,孟加拉国的油菜种植者怀疑蜜蜂(当地采样的主要传粉者)可能会消耗或带走花粉和花蜜,从而影响他们的作物^[2]。事实上,蜜蜂确实从花朵中收获食物,但研究数据也显示这些昆虫增加了油菜产量,对这些作物的经济价值做出了重大贡献,而不是危及最终的生产。假如孟加拉国种植者不鼓励昆虫传粉,根据研究数据显示,他们可能会损失近三分之一的作物产量。

2 昆虫传粉服务功能价值评估进展

价值评估是指将生态系统所能提供的服务功能量化为货币数量的评价过程。通过评估价值,可以引起社会对昆虫授粉的关注,从而提高对生态系统各项服务功能的认识、保护和利用以及管理水平。经全球评估,发现全球农业对传粉昆虫(尤其是蜜蜂)的依赖

度越来越高,而作为农业大国的中国对传粉蜜蜂的需求远超全球平均水平。近几年研究表明,在 2018–2019 的作物种植季中,孟加拉国油菜 Tori-7 品种的昆虫授粉经济价值(IPEV)为 2692 万美元^[3],在全球范围内,昆虫授粉价值 179.0×10^9 美元,对蔬菜生产贡献 59.6×10^9 美元,对水果生产贡献 59.2×10^9 美元,野生油茶地蜂和大分舌蜂的成虫活动期与油茶花期高度吻合,并且两者身体特征与油茶花部结构相吻合,保护并利用油茶林地及周边林区大分舌蜂、浙江地蜂及油茶地蜂等野生蜜蜂以提高油茶坐果率和产量^[4]。在英国,野生授粉昆虫每年为苹果授粉的贡献估计为 7070 万英镑,而人工蜜蜂每年为苹果授粉的贡献为 2140 万英镑^[5]。

选取中国知网数据库和 Elsevier 全文数据库作为国内外文文献来源。国内以“昆虫授粉服务”或“昆虫传粉服务”为主题词检索 2023 年之前发表的文章。国外文献的数据来源限定为“Journals”,以“insect pollination services”为关键词在题目/摘要/关键词中检索 2023 年之前发表的文章,课题所属领域选择“Environmental Science”文章类型为“Review Articles”和“Research Articles”。中文检索到 2010 至 2022 年底国内发表昆虫传粉服务文章 37 篇。英文检索到 1993 年至 2022 年底国际发表“insect pollination services”相关论文 226 篇。

传粉昆虫多样性及数量的减少促使人们努力评估土地利用变化如何影响农业景观结构中的昆虫传粉者和授粉服务。然而,许多测量昆虫授粉服务的工具需要大量的景观尺度数据和专业技术。Ratto Fabrizia 等研发了 3 种直接的方法^[6]。分别是案例研究法(基于现有的数据)、实地调查和排除性实验的经验操作。这三种方法可用于现场规模的昆虫授粉快速评估,为资源有限的非专业人员提供了一个可适应的结构框架。欧洲部分国家实施“农田环境计划”项目(Agri-Environmental Schemes)能够保护农田生态系统中传粉昆虫的栖息环境,恢复和提高传粉昆虫物种多样性,近十年来,我国也逐步加大力度建立传粉昆虫物种多样性监测和评估体系。

在评估过程中,我们会涉及以下具体过程:(1)访花昆虫种类以及数量、访花频率、访花之后的身体携粉量;(2)确定昆虫授粉与产量参数的关系;(3)确定经昆虫访问花朵之后,特定作物相关产物百分比是否会发生变化(例如油菜中的油脂百分比);(4)根据该地区的植物产量参数,评估昆虫授粉对某特定物种的经济价值。若是评估特定作物,还要涉及作物品种的选择。在评估授粉昆虫和其他访花者时,有两

种广泛使用的方法来调查昆虫：第一种，利用彩色盘式捕虫器（白色、黄色和蓝色），这是一种被广泛推荐为标准化方法的技术，被研究证明可以在全球研究中提供一致的、可比较的数据；第二种，通过在每个调查板块内缓慢行走一个样带进行观察性调查（例如100米行走两次，1米宽的路径）结合使用手网进行空中清扫收集访花昆虫。^[7]

花卉访客的丰富度通常被用作授粉服务的代表参数，通常与作物产量密切相关，一个特定物种的潜在授粉服务不仅由其“数量”（即种群丰富度）决定，还由其“质量”（即每个个体的授粉效率）决定。个体授粉效率是指昆虫在单位时间内对花朵有效授粉的相对能力，可用单位时间内每次访花所沉积的相容花粉粒数来衡量，可用单次访花（相容）花粉沉积量（SVD）×访花率来计算。^[8]

不同地区、不同作物品种间授粉需求具有品种差异，因此，对于一些关键栽培的品种，需要在品种和区域层面更全面地了解作物授粉需求，以确保适当地传粉昆虫保护和授粉管理^[9]，例如在国外，饲养的蜜蜂，特别是欧洲蜜蜂（*Apis mellifera*），长期以来一直被认为是作物最重要的传粉者。然而，近几年的研究表明，蜜蜂并不总是对所有作物物种最有效的传粉者。此外，传粉群体的组合和环境条件（如气候和景观）可能在区域和农场或田野规模上有所不同，这会导致在地理基础上产生的边缘效应，可能会影响授粉服务。这就需要研究板块（比如果园）中心与边缘之间昆虫数量丰度、物种丰富度和访花率是否存在差异。因此，确定某重要经济作物的关键传粉者在特定地区和果园内以及不同栽培品种之间的变化，以确保实施有效的授粉服务管理至关重要。有学者在研究不同农业景观背景下传粉昆虫群落的分布差异时发现：农业景观中的自然、半自然生境为传粉昆虫提供丰富蜜（粉）源植物、适宜的栖息地环境，对维持传粉昆虫生物多样性起着不可替代的作用。不同的传粉者群体对栖息地的需求和对环境变化的反应也各不相同，这意味着维持多样化的传粉者群体可能会缓冲目前威胁作物传粉服务稳定性的环境压力的负面影响。此外，有证据表明，目前受管理的蜜蜂种群可能不足以满足全球农业需求，这意味着如果野生昆虫传粉昆虫种群继续下降，仅使用受管理的传粉昆虫将不足以提供足够的全球作物传粉服务。

3 建议

为了保持昆虫授粉服务的好处，我们应当鼓励在生态集约化概念范围内推广措施。尤其建议种植者避

免在作物开花期间使用农药，选择那些毒性较小、剩余寿命较短的农药，以限制它们对传粉者的影响。值得注意的是，保护田地边缘的半天然（非作物栖息地）可以为野生授粉物种提供支持性栖息地，使蜜蜂和非蜜蜂作物授粉者都受益。随着极端气候的出现（如高温气候），人工授粉增加了成本和潜在损失，所以优势传粉昆虫的调查和研究也十分重要。此外，国内应加大力度评估关键栽培品种的授粉服务，研究不同地区、不同品种作物间授粉需求的品种差异，这需要在品种和区域层面更全面地了解作物授粉需求，从而提供更加准确的决策建议。

参考文献：

- [1] 安建东,张红,赵亚周.关于将传粉昆虫保护与利用上升为国家战略的建议[J].中国蜂业,2022,73(07):36-37.
- [2] Islam Rabiul,Howlett Brad G.,Chapman Hazel,Haque Md. Azizul,Ahmad Masum. The value of insect pollination to yield of oilseed rape (*Brassica rapa*) in Bangladesh[J]. Journal of Asia-Pacific Entomology,2022,25(01).
- [3] 同 [2].
- [4] 张欢,刘文平,魏玮,等.中国油茶主产区传粉昆虫群落多样性分析[J].应用昆虫学报,2022,59(06):1223-1239.
- [5] Garratt MPD,Breeze TD,Boreux V,Fountain MT,McKerchar M,Webber SM,et al.(2016) Apple Pollination: Demand Depends on Variety and Supply Depends on Pollinator Identity.PLoS ONE 11(5):e0153889.https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153889.
- [6] Ratto Fabrizia,Breeze Tom D,Cole Lorna J,Garratt Michael P D,Kleijn David,Kunin Bill,Michez Denis,O'Connor Rory,Ollerton Jeff,Paxton Robert J,Poppy Guy M,Potts Simon G,Senapathi Deepa,Shaw Rosalind,Dicks Lynn V,Peh Kelvin SH. Rapid assessment of insect pollination services to inform decision-making[J]. Conservation biology:the journal of the Society for Conservation Biology,2022,36(04).
- [7] 同 [2].
- [8] Ruirui Liu,Delai Chen,Shudong Luo,Shujuan Xu, Huanli Xu,Xiaoyu Shi,Yi Zou.Quantifying pollination efficiency of flower-visiting insects and its application in estimating pollination services for common buckwheat[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment,2020,301.
- [9] Katherine L.W.Burns,Dara A.Stanley,The importance and value of insect pollination to apples:A regional case study of key cultivars,Agriculture, Ecosystems & Environment,Volume 331,2022,107911,https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107911.