

我国昆虫传粉的生态风险与保护策略

武伟倩, 张颖*

北京林业大学经济管理学院 北京

【摘要】在地球生态系统中,昆虫传粉对生物多样性及生态系统稳定意义重大,约80%开花植物依赖其授粉。当前,我国传粉昆虫面临多重生态风险,城市化扩张、农业集约化使栖息地丧失,极端气候扰乱昆虫与植物物候,化学农药危害传粉昆虫健康,生物入侵破坏生态平衡。为此,需采取系统性保护策略,如完善法律法规保护栖息地、采用可持续农业实践减少农药使用、与气象部门合作预警极端天气、强化监测研究并建立数据共享平台、借助科技手段丰富科普场景以提升公众参与度。未来随着科技发展,我国昆虫传粉在风险防控和保护策略推进上有望取得进展,助力生物多样性保护和生态系统繁荣,实现人与自然和谐共生。

【关键词】昆虫传粉;生态风险;保护策略;生物多样性

【基金项目】国家重点研发计划:政府间国际合作创新项目:野生传粉昆虫下降对生物多样性和生态系统服务的影响及应对策略(2022YFE0115200)

【收稿日期】2025年2月18日

【出刊日期】2025年3月16日

【DOI】10.12208/j.aee.20250004

Ecological risks and protection strategies of insect pollination in China

Weiqian Wu, Ying Zhang*

School of Economics and Management, Beijing Forestry University, Beijing

【Abstract】 Insect pollination is of great importance to biodiversity and ecosystem stability in the earth's ecosystems, and about 80% of flowering plants depend on it for pollination. At present, China's pollinators are facing multiple ecological risks, such as habitat loss due to urbanization expansion and agricultural intensification, extreme climate disruption of insect and plant phenology, chemical pesticides harm the health of pollinators, and biological invasion disrupts the ecological balance. To this end, systematic conservation strategies are needed, such as improving laws and regulations to protect habitats, adopting sustainable agricultural practices to reduce pesticide use, cooperating with meteorological authorities to warn of extreme weather, strengthening monitoring and research and establishing data-sharing platforms, and enhancing science and technology scenarios to increase public participation. In the future, with the development of science and technology, China's insect pollination is expected to make progress in the promotion of risk prevention and control and protection strategies, which will help biodiversity protection and ecosystem prosperity, and achieve harmonious coexistence between man and nature.

【Keywords】 Insect pollination; Ecological risk; Protection policy; Biodiversity

1 引言

1.1 研究背景

在地球生态系统这一复杂的网络架构之中,生物多样性如同基石,对整个生态大厦的稳定与繁荣起着根本性的支撑作用。生物多样性囊括了从微观

基因层面至宏观生态系统层面的繁复变化,其确保了生态系统具备多元功能、强劲韧性以及卓越的生产力。在诸多维系生物多样性的关键生态进程里,昆虫传粉无疑占据着至关重要的地位。昆虫作为地球上最为繁盛的生物类群之一,与植物之间形成了

作者简介:武伟倩,女,硕士研究生,主要研究方向:资源环境统计;

*通讯作者:张颖,博士,教授,主要研究方向:资源、生态环境价值评价与核算,区域经济学。

源远流长且紧密相依的共生关系。它们在觅食过程中无意间扮演了桥梁的角色,将花粉精准地传递于花朵之间,促成植物的授粉、受精,进而实现种子的孕育与物种的物种繁衍。根据联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization, FAO)的数据显示,所有开花植物物种中大约有 80%依赖动物(主要是昆虫)授粉^[1],这一比例直观地彰显了昆虫传粉对于植物世界的不可或缺性。这种传粉服务不仅仅维系了植物物种自身的延续,更深远地影响了整个生态系统的结构与功能。植物作为生产者,其丰富度与分布格局决定了生态系统的初级生产力,进而影响着以植物为食的其他生物群落的生存与发展,一环扣一环,构建起稳定且多元的生态循环。

1.2 关键传粉昆虫

野生传粉昆虫数量不断减少,蜜蜂等传粉昆虫也面临过度损失的风险,这对粮食安全和可持续的生态系统功能构成了严重威胁。

蜜蜂凭借其高度社会化的群居模式、卓越的导航本领以及精妙的花粉采集技艺而备受瞩目。在全球范畴内,蜜蜂族群为大量农作物及野生植物提供了不可或缺的授粉服务。单就农业领域而言,蜜蜂授粉促使苹果、草莓、杏子等诸多具备高经济价值作物的产量实现显著增长,部分作物果实形成对蜜蜂传粉的依赖程度甚至超过 90%^[2]。此外,蜜蜂于花粉采集进程中,并非仅仅实施简单的机械搬运,其还会对花粉展开初步加工与混合操作,这在相应程度上推动了植物的基因交流,为植物遗传多样性增添动力。

相较于蜜蜂,蝴蝶展现出更为宽泛的食物偏好特性,其能够在多种不同植物间穿梭,为花朵细小、花蜜分泌量少但极具生态意义的植物提供传粉契机。蝴蝶的飞舞轨迹通常较为复杂,这使其能够在更大范围实现花粉传播,推动植物种群的扩散以及基因交流进程^[3]。此外,蝴蝶成虫阶段对生态环境变化高度敏感,其种群动态往往可作为生态系统健康状况的“晴雨表”,为生态监测工作提供直观且关键的参考指标。

2 传粉昆虫面临的生态风险

昆虫传粉是维持陆地生态系统功能与农业生产的关键环节,其生态服务价值占全球农业产值的 15%-30%^[4]。然而,当前蜜蜂、蝴蝶等传粉昆虫正面

临多重困境,生物多样性保护的这一重要防线面临严峻挑战。

2.1 栖息地丧失的生态风险

城市化扩张导致天然植被覆盖率下降。有研究通过对 2003-2020 年期间,利用 18,000 多张高分辨率遥感影像,对 315 个城市核心区的植被变化进行监测,发现城市植被覆盖率从 12.23%降至 5.91%^[5],在一定程度上反映了城市化对植被覆盖的消极影响。

栖息地丧失是制约传粉昆虫生存与发展的首要因素。伴随城市化进程的快速推进,诸多自然土地被城市建筑所覆盖,森林砍伐、湿地干涸、草原退化等现象频繁发生,致使原本适合传粉昆虫栖息、繁衍的环境遭到严重破坏。以城市扩张作为典型例证,城市周边的郊野区域,往昔是蜜蜂筑巢、蝴蝶化蛹的优良场地,现今却被密集的建筑与纵横交错的道路所割裂,栖息地呈现碎片化态势,昆虫难以寻觅到连贯且适宜的生存空间,种群间的交流受阻,近亲繁殖风险显著提升。

2.2 极端气候的生态风险

极端天气一方面通过气温、降水直接影响昆虫的作息规律;另一方面通过扰乱植物生长和栖息地等因素间接的影响昆虫采蜜量和原本的栖息地。

冯兆忠教授团队^[6]发表了相关研究论文,该研究探讨了臭氧污染对植物-传粉昆虫系统的潜在生态影响和进化影响,并指出臭氧污染会使花的视觉信号和挥发物信号紊乱,同时干扰传粉昆虫的各项功能,影响其记忆、行为等方面,导致臭氧对植物-传粉昆虫系统的伤害。此外极端天气导致物候错位,升温导致植物花期提前(2.3 天/10 年)快于传粉昆虫羽化速率(1.1 天/10 年)^[7],从而使传粉昆虫错过植物花期等,影响传粉昆虫的正常生存。

气候变化也为传粉昆虫带来了前所未有的挑战。气温的持续上升扰乱了昆虫的生理节律与物候周期,使得诸多昆虫过早出蛰或延迟入蛰,与植物花期的契合度显著降低。降水模式的异常变动,诸如暴雨洪涝或长时间干旱现象,一方面对植物生长产生影响,致使花蜜分泌量减少,另一方面还可能直接冲毁昆虫巢穴,淹没幼虫栖息地。极端气候事件的频繁发生,更是令脆弱的传粉昆虫群体处境愈发艰难,一场突如其来的飓风、寒潮,便能在顷刻间

摧毁大面积的昆虫栖息地,造成种群数量急剧减少。

2.3 化学农药的生态风险

越来越多的研究表明,田间实际接触农药对传粉媒介的健康和适应性产生负面影响,导致它们数量急剧减少。

新烟碱类农药导致蜂类神经机制紊乱,摄入新烟碱类杀虫剂后,蜜蜂对太阳光的判断能力受到干扰,导致导航错误,使蜜蜂迷失方向,学习能力下降;有研究从细胞水平证实了吡虫啉对成年意蜂工蜂脑神经细胞具有致其凋亡作用^[8,9]。目前研究发现,当蜜蜂在田间实际水平下暴露于多种农药时,农药之间存在着协同效应^[10],即多种农药的联合作用大于各自单独作用相加。

农药的滥用亦是不容忽视的关键要素。在现代农业生产进程中,为达成高产高效之目标,化学农药得到广泛运用,而传粉昆虫却常常沦为无辜受损对象。部分农药具备高毒性,一经直接接触,便能致昆虫死亡;即便属于低毒农药,其残留累积亦会干扰昆虫的神经系统、内分泌系统,进而对昆虫的飞行、觅食、繁殖等行为产生影响,促使传粉效率急剧下滑,种群繁衍难以为继。

2.4 生物入侵的生态风险

生物入侵是破坏当下生态系统维持稳定的利剑。有研究发现,意大利蜜蜂与中华蜜蜂的竞争导致后者分布区退缩,入侵植物豚草替代本土蜜源,改变传粉网络拓扑结构,外来蜂种因暂无天敌而肆虐繁殖等等^[11]。在栖息地、食物等资源争夺物种的强势入侵情况下,对我国传粉昆虫、植物-传粉者关系和生态系统的稳定都有着严重的威胁。

外来物种入侵致使传粉昆虫的生存困境进一步加剧。外来植物依托其强劲的竞争优势,能够快速挤占本土植物的生存空间,进而改变原有植物群落结构,使得本土传粉昆虫的食物来源急剧减少。与此同时,部分外来昆虫,诸如某些具有侵略特性的蜂种,会与本土蜜蜂竞争巢穴与花蜜资源,且存在传播疾病的可能性,这给本土传粉昆虫种群造成了毁灭性的冲击^[12,13]。

综上所述,深入剖析我国昆虫传粉所面临的生态风险,探寻切实可行的保护策略,已成为守护生物多样性、维系生态系统平衡的当务之急,这也是本文研究的核心要义。

3 系统性保护策略

我国昆虫传粉正面临多重生态风险,包括气候变化、栖息地破坏、农药使用和外来物种入侵等因素。为了应对这些挑战,需要采取一系列保护策略,包括保护栖息地、减少农药使用、应对气候变化、加强监测与研究,以及公众教育和参与。通过这些措施,可以有效保护昆虫传粉,维护生态平衡和农业可持续发展。

3.1 保护栖息地

栖息地呈现碎片化态势,昆虫难以寻觅到连贯且适宜的生存空间。保护措施可在借鉴国外经验的同时结合我国本土具体情况进行完善。

国家层面应及时出台昆虫保护、传粉者保护等相关法律法规的政策。例如,美国白宫于2015年正式颁布了《关于保护蜜蜂及其他传粉者的国家战略规划》^[14],以保护传粉者并对其进行有效管理。具体来说,可以设立跨部门协调机构,整合农业、生态环境、自然资源等部门职责,避免职能重叠,并将保护成效纳入地方政府绩效考核,实行“生态保护一票否决”制。通过政府层面的提倡与监督,引起广大群众及社会各界的关注,加强对传粉昆虫等保护。

本土化生态修复:推广“退耕还花”政策,在农田边缘配置3-5m宽本土野花带,提升传粉效率。从紫云英、二月兰等蜜源植物中,选用本土植物配置,混合播种6-8种花期交错的物种(如早春油菜+夏秋菊科植物),保障全年蜜源供给。同时,考虑农户参与模式的补偿机制,按野花带面积定期发放生态补贴,弥补耕地损失。“退耕还花”通过重构农田边缘生态位,提高传粉昆虫栖息地面积,实现了传粉服务强化、农业减投增效与生物多样性保育的多重目标。

3.2 减少农药使用

传粉昆虫对农药高度敏感,新烟碱类农药等的亚致死效应可导致其导航能力下降、种群衰退。为平衡病虫害防治与生态保护需求,需采取以下综合措施:

考虑可持续农业实践。采用轮作、间作等种植模式,能够改变农田生态环境,抑制害虫滋生。例如,玉米与大豆间作,由于大豆根瘤菌的固氮作用为玉米提供养分,玉米又为大豆提供遮荫,形成互利共生关系,同时这种复杂的种植结构不利于害虫

的聚集与繁殖,使害虫数量减少,相应地减少了农药需求。此外,实行农药精准投放,借助定位系统以及传感器技术,农户能够精准定位农田中的病虫害发生区域,实现农药的精准投放。例如,在大面积的果园种植中,通过无人机搭载多光谱相机进行实时监测,一旦发现某区域果树出现病虫害症状,无人机可立即携带精准定量的农药飞至该区域进行靶向喷雾,避免了对整个果园的无差别施药。

强有力的农药监管体系是确保农药合理使用的制度保障。首先,改进农药审批程序,政府部门应严格把控农药的登记、生产、销售环节,禁止高毒、高残留农药的生产与流通,提高农药准入门槛。对违规生产、销售农药的企业加大处罚力度,形成有效的威慑。同时,加强对农民的培训教育工作不容忽视。农民作为农药的直接使用者,其对农药危害的认识程度和使用技能直接影响农药的实际用量。

新增“传粉毒性”评估指标,对具有神经毒性的新烟碱类农药实施使用限制。欧盟已通过类似法规,设立研究项目,探明蜜蜂死亡的真正原因,并查清蜜蜂死亡的严重程度及后果;同时修改欧盟相关法令,禁止对蜜蜂有害的农药进入市场,使蜜蜂种群回升 21%左右^[15]。

3.3 应对气候变化

提前预警传粉者可能受影响的极端天气,以便留出足够的时间应对,极大概率地保护蜜蜂等传粉昆虫的行动。一方面,与气象部门建立深度合作关系,充分依托其尖端的气象监测设备与精准的预测模型,量身打造聚焦传粉昆虫栖息地及周边农业区域的极端天气预警专属体系。该体系要精准预判飓风、暴雨、寒潮、高温干旱等极端天气的降临时间、肆虐强度以及持续时长。另一方面,借助手机短信、智能农业 APP 等多元信息推送渠道,将极端天气预警直抵养蜂户、果农等与传粉昆虫休戚相关的从业者,确保他们提前至少 24 小时知悉即将来袭的极端天气详情,为后续应对举措的落地预留充裕时间。

推行传粉者友好型绿化,达成气候缓冲。推行“城市传粉友好型绿化”,采用乔木-灌木-草本三层植被结构,为昆虫提供垂直梯度栖息空间。根据上海植物园实测数据,垂直结构可形成 0.5-2℃微气候温差,为昆虫提供极端高温避难所。

极端天气过后,及时修复传粉昆虫生存环境。

若遭遇暴雨洪水侵袭,需及时清理淹没区域的杂物、淤泥,助力蜜源植物重拾生机;对于被冲毁的蜂巢,尽力收集残留部件,协助蜜蜂重建家园,或提供人工蜂巢供其临时栖身。在高温干旱致使植被受损的区域,尽快启动人工灌溉与植被补种行动,提升蜜源植物的覆盖率,为传粉昆虫及时补充食物储备。与此同时,关注栖息地周边生态环境,严防因极端天气引发的次生灾害,如山体滑坡、泥石流等,对栖息地造成二次打击。

3.4 加强监测与研究

强化科研支撑。于国家级保护区内精心布局传粉生态定位站,聚焦气候变化适应性展开深度探究,力求精准剖析传粉昆虫在气候动态变化下的生存响应策略。同时,匠心打造种质资源离体保存库,将目光聚焦于 top50 种濒危传粉昆虫,全力留存其珍贵基因样本,为物种延续筑牢根基。

建立相关数据信息共享平台。倾力构建昆虫传粉相关数据管理库,全方位涵盖传粉昆虫的种类、数量动态,自然栖息地的面积、数量变迁,研究涉及区域内的农药使用详情,以及外来物种入侵的类别与规模态势。优化县级监测站的布局,达到精准布局监测站的密度标准,并且实现数据实时联网率 100%,确保海量监测数据能够第一时间汇聚、共享,为科学决策提供坚实依据。以某地区为例,其传粉昆虫相关数据全面、真实可靠:

① 传粉昆虫维度,详细记录种类构成与数量起伏;

② 栖息地丧失层面,精准监测森林、草地、湿地等自然栖息地的面积消长,并配套详实的土地利用变化数据,直观呈现生态空间的演变轨迹;

③ 气候变化范畴,系统收集多年的平均气温、极端气温的出现频次与强度峰值、降水与干旱指数波动,为解读气候对传粉生态的影响提供量化支撑;

④ 农药使用板块,一方面深度挖掘农业年鉴中的农药使用总量、单位面积农药施用配比,尤其关注新烟碱类、拟除虫菊酯类等高关注度农药的占比情况。另一方面,搭建农药残留监测网络,建立涵盖 2000+监测站的庞大数据库,动态追踪土壤、花粉中的农药残留浓度,及时为高风险区域拉响预警“警报”;

⑤ 外来物种入侵领域,严密监测入侵物种分布

密度,如意大利蜜蜂、红火蚁等典型入侵物种的扩散态势,同步追踪本土传粉昆虫种群下降速率,像中华蜜蜂种群数量的微妙变化,以及植物-传粉网络连接度的动态调整,全方位洞悉外来物种入侵引发的生态连锁反应。

通过上述严密且系统的监测与研究布局,能够为我国昆虫传粉生态保护织就一张“数据密网”,精准捕捉生态脉搏,为科学决策与精准施策注入强大动力,护航昆虫传粉生态的稳健前行。

3.5 公众教育和参与

丰富科普场景。例如,借助增强现实(AR)技术打造沉浸式互动展馆,公众用智能移动终端扫描展馆植物,就能触发3D蜜蜂授粉动画,逼真还原传粉动态,还能依托实时数据运算,精准呈现传粉服务的经济价值量化信息,诸如“每朵苹果花所对应的传粉服务可产生0.03元经济价值”的直观展示。以交互与可视化结合,助公众深入理解其经济意义、提升知识接收效果。此外,推出《城市传粉者图鉴》立体书,书中系统收录常见传粉昆虫资料,每种昆虫生态功能附专属二维码,扫码即可观看对应微纪录片,了解其生态习性、传粉行为与关键作用,融合纸质与数字媒体,为公众开辟多元立体学习路径。

新媒体内容推广。一方面,可以在线上进行短视频系列创作及多元传播。精心打造系列短视频,纪实呈现养蜂人四季迁徙应对气候变化的历程,投放至抖音、B站等热门平台,通过算法推荐与社交分享功能,短视频得以迅速触达海量用户群体,引发公众对养蜂行业以及传粉昆虫保护的广泛关注。另一方面,提高线下曝光率。开展“最美传粉瞬间”摄影大赛,吸引爱好者参与,赛后整合获奖作品制成主题专刊,布设于地铁、公交、广场等人流密集处。借高曝光让作品兼具艺术美感与知识普及功能,于公众日常出行中提升全民生态保护意识。

激发公民参与,公民科学参与在生态保护实践中具有巨大推动力量。例如,上海“传粉昆虫观察者”项目通过951名志愿者收集13695份数据,识别出加拿大一枝黄花等入侵植物对传粉网络的破坏,为后续制定针对性强的生态修复决策提供了关键的数据支撑与科学依据。与此同时,根据《北京传

粉网络观察报告(2021—2023)》的内容可知,选取北京的6处典型的公园进行调查,同时考虑可行性等多种因素,充分整合公民志愿活动的热情与高校专家团队的专业优势,由高校专家担任领队,组织公民志愿者共同开展实地实验与数据收集工作。通过这种协同合作模式,既保障了调查数据的科学性与可靠性,又激发了公众参与生态保护的积极性与责任感,为全国的传粉昆虫保护工作提供了有益的实践范例。

综上所述,通过构建多层次、全方位的公众教育与参与体系,充分利用现代科技手段与新媒体平台,整合社会各方力量,能够有效提升公众对传粉昆虫保护的认知水平与参与热情,为推动我国昆虫传粉生态保护事业的蓬勃发展奠定坚实的社会基础。

4 未来展望

未来,我国昆虫传粉领域挑战与机遇同在,生态风险防控及保护策略推进有望向着更加深入更加全面的方向发展。

生态风险防控层面,气候变化研究深入促使高精度气候预测模型渐趋完善,能提前精准预判气候走向,为传粉昆虫栖息地规划提供依据。具体来说,依据预测,在易旱区布局耐旱蜜源植物,应对海平面上升为沿海湿地昆虫建内陆“生态备份区”。基因编辑技术用于农业有望培育抗病虫害作物,减少农药危害,精准打击害虫同时护昆虫种群。例如,华中农业大学研发抗鳞翅目害虫水稻,农药使用量降低50%,稻田蜘蛛数量恢复至传统农田的3倍¹。借助遥感与大数据,可早监测外来物种入侵,用智能无人机搭载生物制剂精准治理。例如,在云南草地贪夜蛾防控中,植保所研发了迁飞害虫高空灯精准阻截技术及性诱、食诱等理化诱控技术;创新生物防治技术,筛选、挖掘了夜蛾黑卵蜂等5种草地贪夜蛾的寄生性和捕食性天敌;采用植保无人机施药,并研发出适用于无人机撒施的杀虫剂颗粒剂,对草地贪夜蛾防治效果达90%²。在保护策略推进上,跨区域、跨部门协同成趋势,多部门联动规划保护项目。

制定国土空间规划时考量昆虫栖息地,设置“生

¹ 资料来源: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/pbi.13504>

² 资料来源: https://szb.farmer.com.cn/nmrb/html/2024/20241122/20241122_6/nmrb_20241122_12868_6_1859712099787313215.htm

态廊道”；联合开展生态修复工程，恢复退化生态，为昆虫营造家园。教育领域将融入昆虫传粉科普内容，从基础教育抓起，培养青少年保护意识，以校园活动让其体验昆虫传粉魅力。公众生态意识提升，民间力量壮大，志愿者组织、环保社团将助力监测、宣传、筹资，形成全民保护氛围。

总之，依靠科技、协同与公众力量，我国昆虫传粉生态风险可控，保护策略落地有望，将助力生物多样性维护与生态系统繁荣，共同迈向人与自然和谐共生。

参考文献

- [1] 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(01):131-145.
- [2] 胡丹,李秀山,常雪梅,等.南充市昆虫传粉网络及其对主要授粉作物传粉服务价值研究[J].昆虫学报,2024,67(02): 255-269.
- [3] 邹晓春,龚燕兵.传粉者友好型城市: 现状与展望[J].生物资源,2021,43(06):597-605.
- [4] Peng Z ,Yulin D ,Zhibin R , et al.Rapid urbanization and meteorological changes are reshaping the urban vegetation pattern in urban core area: A national 315-city study in China.[J].The Science of the total environment, 2023,904: 167269-167269.
- [5] K S M ,Hong Z ,Wenfeng C , et al.Temporal Trends in Pollination Deficits and Its Potential Impacts on Chinese Agriculture.[J].Journal of economic entomology,2021, 114(4):1431-1440.
- [6] Evgenios A ,Zhaozhong F ,Josep P .Ozone pollution disrupts plant-pollinator systems[J].Trends in Ecology & Evolution,2022,37(11):939-941.
- [7] 王文,杜军,何志斌,等.植物与传粉者物候错配效应研究进展[J].生态学报,2023,43(15):6465-6474.
- [8] 吴艳艳,周婷,Abebe Jenberie WUBIE,等.吡虫啉对成年意大利蜜蜂脑神经细胞致凋亡作用[J].昆虫学报,2014, 57(02):194-203.
- [9] 李艾芮,尹令虹,柯俐,等.新烟碱类杀虫剂对蜜蜂学习与记忆相关行为影响的研究进展[J].福建农林大学学报(自然科学版),2023,52(06):717-727.
- [10] 张伟,齐素贞,薛晓锋,等.农药对蜜蜂的影响及毒理机制研究进展[J].农药学报,2022,24(05):1125-1138.
- [11] 任晓晓,张炫,赵文正,等.外来蜂种对本地传粉蜂物种多样性的影响[J].中国蜂业,2016,67(07):23-27.
- [12] 孟柏达,任晓晓,龚雪阳,等.西方蜜蜂对东方蜜蜂采集行为及食物资源利用的影响[J].应用昆虫学报,2019, 56(05):1070-1078.
- [13] 钟承恩,谢庆乐,司尧尧,等.西方蜜蜂对秦岭及其周边地区传粉蜂的群落组成及其传粉网络的影响 (英文) [J].Entomotaxonomia,2024,46(03):167-205.
- [14] 张红.美国白宫正式颁布《关于保护蜜蜂及其他传粉者的国家战略发展规划》[J].中国蜂业,2015,66(07):63.
- [15] 王艳,万金泉.生态与环境保护概论[M].北京: 化学工业出版社,2024.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS