

可持续农业实践与传粉昆虫保护的关系和影响

——以大湾区为例

王家芑, 张颖*

北京林业大学经济管理学院 北京

【摘要】随着全球人口增长和资源压力加剧, 可持续农业和传粉昆虫保护共同成为解决粮食安全与生态保护问题的重要途径。大湾区作为中国经济最发达的城市群之一, 农业发展面临快速城市化、土地资源紧张及生态环境压力等多重挑战。研究表明, 传粉昆虫在农业生产中具有重要的经济和生态价值, 但其种群正受到土地利用变化、农药过度使用等因素的威胁。可持续农业与传粉昆虫保护之间存在相互促进的良性循环关系, 通过提升农业生态系统健康和生物多样性, 可有效促进传粉昆虫种群恢复, 同时增强农业生产力和生态服务功能。本研究提出恢复传统农业和发展都市农业的具体路径, 通过优化农业景观结构、减少化肥农药使用, 推动可持续农业发展, 并为传粉昆虫提供更好的保护。

【关键词】可持续农业; 传粉昆虫; 粤港澳大湾区; 生态服务

【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.20250006

Relationship and implications of sustainable agricultural practices and pollinator conservation

—Take the Greater Bay Area as an example

Jiapeng Wang, Ying Zhang*

School of Economics and Management, Beijing Forestry University, Beijing

【Abstract】 With the global population growth and increasing resource pressure, sustainable agriculture and pollinators have become important ways to solve the problems of food security and ecological protection. As one of the most economically developed urban agglomerations in China, the Greater Bay Area's agricultural development is facing multiple challenges, such as rapid urbanization, land resource constraints, and ecological and environmental pressures. Studies have shown that pollinators have important economic and ecological value in agricultural production, but their populations are threatened by factors such as land use change and overuse of pesticides. There is a virtuous cycle between sustainable agriculture and pollinator conservation, which can effectively promote pollinator population recovery by improving the health and biodiversity of agroecosystems, while enhancing agricultural productivity and ecosystem services. This study proposes a specific path to restore traditional agriculture and develop urban agriculture to promote sustainable agriculture and provide better protection for pollinators by optimizing agricultural landscape structure and reducing the use of chemical fertilizers and pesticides.

【Keywords】 Sustainable agriculture; Pollinators; Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area; Ecological service

作者简介: 王家芑, 男, 博士研究生, 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。

人口的增长和资源压力的加剧成为全球关注的重要问题, 发展可持续农业已成为解决全球粮食安全与生态保护双重挑战的重要方式。中国政府高度重视农业可持续发展, 通过了一系列政策文件明确了未来农业发展的方向。《全国农业可持续发展规划(2015-2030年)》提出要优化农业发展布局, 保护促进耕地永续利用, 改善农村环境治理环境污染, 修复农业生态并最终达到推动农业与生态系统的协调发展的可持续农业, 这一规划为全国范围内的农业可持续发展奠定了基础。其中2017中央一号文件进一步强调了推进可持续农业发展的重要性, 提出要通过推行农业绿色生产方式、深入推进化肥农药零增长以减少化学投入品使用同时保护农业生态环境, 实现农业的可持续发展。大湾区作为中国经济最发达的城市群之一, 在快速城市化和土地资源紧张的背景下, 农业发展面临着多重挑战。《全国农业可持续发展规划(2015-2030年)》对大湾区所在的华南区农业的要求是以减少农药和化肥用量、水土流失治理为重点, 发展特色农业、生态农业以及高效农业, 从而构建优质的农业生产体系。《“十四五”全国农业绿色发展规划》明确提出要加强农业资源的合理保护和利用, 提升农业的可持续发展能力。该规划特别强调了推进化肥农药的减量使用以及保护生物多样性的重要性, 为大湾区农业的可持续发展提供了明确的方向。

可持续农业不仅关注粮食产量的提升, 还尤其强调生态系统的健康与生物多样性的保护。传粉昆虫是农业生产中不可或缺的一环, 对全球粮食安全具有重要意义, 约75%的主要作物依赖动物传粉, 而传粉昆虫的种群类型和数量正因栖息地丧失、化肥农药过度使用、生态系统生物多样性缺失等因素而受到威胁。因此, 在粤港澳大湾区这一特殊区域探讨可持续农业实践对昆虫传粉的影响, 具有重要的理论和实践意义。本研究旨在论述可持续农业的实践对昆虫传粉的影响, 并结合大湾区的特色进行针对性分析, 为该地区的可持续农业的发展提供科学依据。

1 昆虫传粉对可持续农业的影响

1.1 可持续农业定义

为了更好地理解可持续农业与昆虫传粉的关系和影响, 首先需要确定可持续农业的定义。可持

续农业是指以可持续发展思想为基础, 综合利用农业生态系统的自然和生物资源, 尽可能是农地生态环境与农业经济同步发展的农业对策(戈峰等, 1997)^[1]。吴国庆(2001)^[2]进一步强调, 可持续农业的本质是协调社会经济发展与资源、生态环境之间的问题, 其中资源和生态环境是可持续农业发展的核心。此外, 可持续农业是生态文明建设的重要内容之一, 是在有机农业、生态农业和保护性农业等为代表的农业发展模式基础上, 贯彻可持续发展理念形成的综合体系。可持续农业综合了现代科学管理的理论, 在减少外部资源投入的同时提高资源利用效率(张卫信等, 2020)^[3]。

1.2 传粉昆虫授粉的重要性

在明确了可持续农业的内涵之后, 本研究接下来将分析传粉昆虫在可持续农业中的重要作用。授粉行为是花粉从植物雄蕊传到雌蕊的过程, 是大多数植物形成种子的必要条件。传粉方式有许多种, 主要有虫媒、风媒和水媒, 授粉的好坏将直接影响作物的产量(李江红等, 1999)^[4]。传粉动物在授粉行为中扮演着重要角色, 对农产品生长能产生重要影响, 在欧洲, 264种作物中由传粉动物授粉的比例有84%, 有4000种蔬菜的生存依赖蜜蜂的授粉(Kluser et al.)^[5]。发达国家已将传粉昆虫列为机械化农业外的另一项重要农艺措施, 在不增加其他人工的情况下, 利用传粉昆虫可使农作物增产10-30%(尤民生, 1997)^[6]。全球开花植物中90%依赖传粉昆虫繁衍后代, 产生种子, 传粉昆虫为中国农业带来的价值占农业总产值的19.1%, 未来中国农业对传粉昆虫的需求将越来越高(郭保地等, 2021)^[7]。由此可见, 无论是全球范围还是中国, 传粉昆虫在农业发展中都处于重要地位。

1.2.1 传粉昆虫的经济和生态价值

传粉动物能为人类发展提供重要的经济和生态价值, 传粉动物多样性能提升粮食安全, 能保障人类福祉, 可以维持植物遗传多样性, 同时也可以应对气候变化。但目前传粉动物正面临丧失生物多样性的危机, 其中土地利用变化导致的农业景观结构改变、农药的过度使用以及气候变化是主要影响因素(戴漂漂等, 2015)^[8]。传粉动物数量减少是全球面临的问题, 全球范围内土地覆盖的配置是传粉动物减少的最重要驱动因素, 在所有地区农药过度使

用和气候变化都是使传粉动物减少得重要驱动因素 (Dicks et al.)^[9]。传粉昆虫是传粉动物的主要组成部分, 昆虫提供的传粉服务能使植物顺利繁衍, 昆虫的传粉能提高农作物产量, 提供多种副产品, 保障全球粮食安全等经济价值 (张立微等, 2015)^[10]。安建东等 (2011)^[11]计算了传粉昆虫为中国水果和蔬菜带来的经济价值, 该价值占 44 种作物总产值的 25.5%, 传粉昆虫带来的经济价值中, 水果类占 84.5%, 蔬菜类占 15.5%, 中国的水果类作物对昆虫授粉的依赖程度为 44.4%, 比蔬菜类作物的依赖程度高。综上所述, 传粉昆虫在农业生产中能带来大量经济和生态价值。

1.2.2 保护传粉昆虫的必要性

传粉昆虫主要分属于膜翅目、鞘翅目、双翅目、鳞翅目等十多个目中, 传粉昆虫除了能提高农作物产量并提供副产品, 还能保护种质资源, 并在环境监测、评价与预警提供重要作用, 但近年来由于传粉昆虫数量减少, 粮食短缺和资源匮乏等世界性问题日趋严重 (杨大荣, 2018)^[12]。传粉昆虫生物多样性的维持离不开人类的付出, 保护传粉昆虫资源, 创造有利于传粉昆虫传粉行为的生态环境, 能对可持续农业发展产生重要作用。应有针对性的划分传粉昆虫的保护区域, 尽可能限制人类活动带来的不利影响 (周立垚等, 2020)^[13]。付甜甜等 (2023)^[14]认为保护中国农村景观的传粉昆虫, 应该通过建立针对传粉昆虫的生物多样性保护政策, 同时推动建立对传粉昆虫友好的农村景观规划, 完善生态基础设施的方案。同时, 欧阳芳等 (2015)^[15]以传粉作用、控害作用和分解作用为基础计算了传粉昆虫在农业生态系统的价值, 认为昆虫在农业生产中提供的价值会随昆虫的物种数量、种群密度以及空间分布的变动发生变化。因此, 发展可持续农业能够确保传粉昆虫长期为人类社会提供价值。

1.3 可持续农业对传粉昆虫的影响

传统非可持续农业行为中的许多举措会对传粉昆虫产生负面影响, 发展可持续农业就是消除这些影响, 为了保护传粉动物及其提供的生态系统服务, 必须转变农业生产方式, 从密集型农业转向可持续农业, 并解决农业景观同质化问题, 减少农药的使用, 以更可持续的方式获取更高的经济和生态收益。

1.3.1 土地利用变化与化学农药对传粉昆虫的

影响

传粉动物受土地利用和化学农药的影响, 种群种类和数量减少, 进而导致传粉功能的衰退, 对此, 应该转变农业生产方式, 从密集型农业转向可持续农业, 同时改变农业景观同质化问题, 减少农药的使用 (贾翔宇等, 2018)^[16]。这种现象在全球范围内普遍存在, 尤其是在农业集约化程度较高的地区, 农业集约化的发展使农业景观格局产生了巨变, 因此导致农田生态系统的土地利用情况产生快速变化, 这种生境质量的非正常变化使传粉昆虫的生物多样性受到严重影响 (王润等, 2016)^[17]。景观组成能够通过改变昆虫种群进而影响生态系统服务, 农业景观中农田扩张和非农生境的消失减少了传粉昆虫依赖的资源, 使传粉服务加速丧失 (宋博等, 2016)^[18]。张翔等 (2021)^[19]通过调查发现不同昆虫物种和特有物种的物种数都存在从多到少的保护区、人工林、次生林到农田趋势, 生境异质性较高的保护区因为具有较高的生物多样性, 拥有更多的昆虫物种数, 而农田的植被数量单一, 生物多样性最低, 昆虫物种数最少。因此, 提升农田的生境异质性可能是增加传粉昆虫数量和多样性的重要途径, 发展可持续农业正是实现这一目的的重要方式。

1.3.2 可持续农业与生物多样性的关联

生物多样性是可持续农业发展的基础之一。传粉动物是农田生态系统生物多样性的组成部分, 生物多样性支持了传粉动物的授粉行为以及水源涵养、土壤肥力保持等生态系统服务价值, 是可持续农业发展的基础 (刘娅萌等, 2020)^[20]。张国良等 (2004)^[21]提出了传粉动物在可持续农业发展中的重要地位, 生物授粉对维护农业的生物多样性有重要作用, 授粉属于必需的生态系统服务, 传粉动物与植物之间任何一方数量的减少或种群的消失都会影响对方的生存。此外, 昆虫授粉可以减少农业生产中的化学激素污染, 能够在提升作物质量的同时提升生长效率, 是世界上促进绿色食品生产也是可持续农业发展的重要方式 (田丽霞等, 2022)^[22]。传粉昆虫是传粉动物中主要组成者, 提供的传粉服务是许多植物繁育所必需的, 是可持续农业发展的重要资源, 然而目前中国对传粉昆虫的认识仍显不足, 尤其是维持生态系统平衡和生物多样性上的作用上 (阿如汗等, 2023)^[23]。再生农业作为可持续

农业的一个子集, 强调最大化生物多样性, 并通过覆盖作物和整体放牧的方式提高土壤有机质含量, 从而减少化肥农药等化学品的使用 (韩明会等, 2021) [24]。这些举措间接提升了传粉动物尤其是传粉昆虫的种群和个体数量, 为可持续农业提供了重要支持。

综上所述, 可持续农业与传粉昆虫间存在相互促进的双向关系, 即发展了可持续农业可以促进传粉昆虫的保护, 传粉昆虫种群和个体数量的增加又可以促进可持续农业的发展, 形成正向循环。因此, 我们需要推动可持续农业的发展, 并加强对传粉昆虫的保护, 使两者相互促进。

1.3.3 农业发展与传粉昆虫保护面临的挑战

尽管可持续农业对昆虫传粉具有积极作用, 但在实际推广过程中仍面临诸多挑战。近年来由于农业集约化的推进, 导致农业景观同质化以及生态多样性的减少, 导致自然授粉、水土涵养等生态系统服务降低, 影响了可持续农业发展的进步 (孙玉芳等, 2017) [25]。随着城镇化提升和农业的发展, 污染问题破坏了农业依赖的生态环境, 是发展可持续农业面临的挑战 (唐健飞等, 2022) [26]。在农业生产中, 过量的施用农药和化肥不只会导致资源浪费问题, 还会导致严重的生态环境问题 (陈保冬等, 2019) [27]。有害生物对农作物造成的危害威胁可持续农业的发展, 但化学防治仍然是消灭有害生物的重要措施, 大量使用化学农药会为社会生态带来了严重问题, 同样阻碍可持续农业的发展 (徐冠军等, 2006) [28]。罗其友等 (2017) [29]指出中国农村耕地面积减少、污染加剧等问题, 是制约可持续农业发展的重要因素, 还导致生物多样性受到威胁。

2 大湾区可持续农业与传粉昆虫保护发展现状

2.1 大湾区农业现状

大湾区处于中国大陆最南端, 光热水资源丰富, 适合水稻等粮食作物的种植业发展, 但 2000-2020 年间大湾区粮食产量和粮食播种面积均存在下降趋势, 总产量由 2000 年的 498 万 t 下降至 2020 年 304 万 t, 降幅为 39%; 粮食总播种面积由 2000 年的 96.64 万 hm^2 下降至 2020 年的 54.53 万 hm^2 , 降幅为 43.57% (张磊等, 2023) [30]。冯珊珊等 (2023) [31]使用大湾区 2010、2015 和 2020 年遥感影像分析认为, 大湾区耕地的空间破碎度降低, 聚集程度提高, 空间

分布较为集中, 耕地面积先减少后增加, 总体上保持稳定。

大湾区的农业种植结构在过去几十年间发生了显著变化。2020 年, 大湾区种植面积最大的农作物为占比 38% 的蔬菜和占比 34% 的水稻, 1990-2020 年间大湾区农作物种植结构从粮食作物为主转变成种植蔬菜和水果, 为减少经济收益作物高强度种植对农业生态环境的影响, 应大力发展低碳农业、有机农业以减少农业生产的能源消耗, 并减少环境污染, 提高农产品质量 (胡韵菲等, 2023) [32]。周永杰等 (2019) [33]使用大湾区遥感影像, 发现区域农田生态系统面积逐年减少, 减少的部分主要分布在珠三角冲积平原地区, 森林生态系统发生了较大变化, 其次是农田生态系统, 建设用地的扩张使大量自然和半自然生态空间面积丧失。

2.2 大湾区农业问题

随着大湾区城市发展, 城市规模扩大、人口数量急剧增加带来的对生态系统的压力是大湾区农业发展面临的挑战 (周灿芳等, 2020) [34]。孙传淳等 (2023) [35]以大湾区为研究区域, 构建包含生态质量和生物多样性的生态保护修复综合指标体系, 除区域西部和东部少数部分, 中间的大部分区域的生境质量和生物多样性的评分较低, 影响因素主要是人口密度、景观破碎度和城市建设用地对自然用地的胁迫强度。甘琳等 (2018) [36]通过分析大湾区生态敏感性, 认为区域中心的广州市、深圳市等城市的城市化程度高, 建设用地的增长挤压了城区绿化用地面积, 植被覆盖度降低, 导致这几个城市生物多样性减少。此外, 黄国勤 (2017) [37]指出南方农业生态系统面临的一些问题, 分别是耕地撂荒、土地肥力下降、土壤污染加剧、自然灾害频繁、经济效益低下以及发展后劲不足, 其中过度使用农药化肥等化学制品是导致南方农用地土地污染加剧的重要原因。土壤污染问题也间接影响南方传粉昆虫。近年来, 中国经济高速发展加剧了对农田生态系统的影响, 由于传粉昆虫属于该生态系统, 也同步受到了影响 (欧阳芳等, 2019) [38]。

2.3 大湾区生物多样性与传粉昆虫

大湾区的生物多样性与其生境质量密切相关。生境质量是指生态系统能供给适宜个体与种群群落持续发展和生存的能力, 1990-2020 年间, 大湾区耕

地面积减少不可避免地导致了该区域生境质量持续下降(郑贱成等, 2022)^[39]。生物多样性与生境质量具有一致性, 生物多样性是生境质量的核心, 而维持生境质量以及生物多样性是人类社会经济可持续发展的基础(孙妍, 2017)^[40]。江伟康等(2021)^[41]以 2005、2010、2015 和 2018 年四期大湾区土地利用数据为基础, 预测了 2030 年大湾区生境质量。研究结果显示, 2005 年至 2018 年间, 大湾区整体生境质量逐年降低, 建设用地增加是导致生境质量下降的重要原因。在作者预设的发展情景下, 2030 年大湾区平均生境质量较 2018 年有所下降, 且下降幅度与 2005 年至 2018 年期间一致。

尽管大湾区面临诸多挑战, 但其中的农业生态系统仍为传粉昆虫提供了重要的栖息环境。刘妮等(2023)^[42]研究发现, 大湾区 7-8 月农业区传粉蝴蝶的种类比例为 89.71%, 个体比例为 78.88%, 这两个比例相比珠三角重点生态区域均较高。这可能与大湾区农业区周边一般分布有农林交错带有关, 农林交错带为传粉昆虫提供了丰富的栖息资源。各类型林地除了能为人类提供生态系统服务, 还能有效保护传粉动物, 加强林地的保护和保障传粉动物的生境质量能够促进传粉动物的发展和提高生态系统服务(王美娜等, 2018)^[43]。综上所述, 目前大湾区已经有一些发展可持续农业和保护传粉昆虫的举措, 但仍有提升空间。

3 大湾区可持续农业未来发展路径

根据前文的分析, 本研究将给出一些大湾区可持续农业的未来发展路径, 以及保护传粉昆虫的相关建议。

3.1 恢复传统农业

桑基鱼塘作为大湾区的传统农业模式, 蕴含着人与自然和谐共生的智慧, 是推动大湾区可持续农业发展的重要途径之一。刘通等(2017)^[44]指出, 保护珠江三角洲传统的桑基鱼塘农业生态, 不仅有利于推进生态文明建设, 还能促进可持续农业的发展。然而, 宫清华等(2020)^[45]的研究表明, 目前大湾区特色传统农业生态系统被破坏, 处于衰退局面。因此, 恢复和保护传统农业模式如桑基鱼塘, 对于维持区域农业生态平衡具有重要意义。

3.2 发展都市农业

随着大湾区城市化进程的推进, 都市农业成为

解决城市生态环境问题、保障食品供给和粮食安全以及发展可持续农业的有效途径。周灿芳(2020)^[46]认为, 都市农业不仅有助于保护城市生态环境, 还能通过营造优美的居住环境, 实现城乡生态融合。此外, 通过农业景观化和景观农业化的方式, 可以进一步提升城市的生态价值。全球范围内的大城市如纽约、伦敦等自上世纪 90 年代以来已成功发展都市农业, 将其作为生态保护的有效载体(佟宇竞, 2023)^[47]。大湾区是中国经济最发达的城市群之一, 同样具备发展都市农业的潜力。田璞玉等(2023)^[48]的研究发现, 推广与当地环境相适应的都市农业有助于实现农业的可持续发展。

3.3 促进传粉昆虫保护的建议

目前学界对大湾区可持续农业发展中传粉昆虫的相关研究较少, 学者们普遍认为昆虫传粉使植物得到充分授精的机会, 能够提高果实和种子的产量和质量。例如, 据美国农业部实验, 蜜蜂的传粉行为可使农产品增产 30-40%, 最高可达 80%, 被誉为农业的“希望之翼”。从已有的促进传粉昆虫保护的研究来看, 减少农业景观破碎度、增加生物多样性以及减少农药化肥的使用是促进传粉昆虫种群恢复的关键措施。发展可持续农业的举措中, 恢复传统农业和发展都市农业均可以通过优化农业景观结构和改善生境质量, 为传粉昆虫提供更好的栖息地。桑基鱼塘的恢复可提升生物多样性, 而都市农业中的多样化种植则能够吸引更多种类的传粉昆虫参与授粉过程, 增加传粉昆虫的种群和个体数量, 提升经济和生态价值, 进一步促进可持续农业发展。此外, 在大湾区可持续农业未来发展的过程中, 应将传粉昆虫的保护纳入整体规划, 通过政策支持和技术推广, 实现对传粉昆虫的保护。

4 结论

本研究以大湾区为例, 探索了昆虫传粉和可持续农业实践的关系与影响。作为中国经济最发达的城市群之一, 大湾区的农业发展面临着快速城市化、土地资源紧张以及生态环境压力等多重挑战。通过分析大湾区的农业现状、生物多样性特征以及发展存在的问题, 本文总结出了恢复传统农业、发展都市农业的具体方案, 以促进可持续农业的发展, 并为传粉昆虫提供更好的栖息环境。这些措施不仅有助于减少农业景观破碎度和化学投入品的使用, 还

能有效提升区域生物多样性, 从而形成可持续农业与传粉昆虫保护的良性循环。

综上所述, 大湾区可持续农业的发展需要将传粉昆虫保护纳入整体规划, 应制定针对传粉昆虫的专项保护政策、推广生态友好型农业技术, 并提高公众参与度, 通过多方协作, 可以有效提升可持续农业的经济与生态效益, 为全球可持续农业发展贡献大湾区的智慧与经验。

参考文献

- [1] 戈峰, 李典谟. 可持续农业中的害虫管理问题[J]. 昆虫知识, 1997, (01): 39-45.
- [2] 吴国庆. 区域农业可持续发展的生态安全及其评价研究[J]. 自然资源学报, 2001, (03): 227-233.
- [3] 张卫信, 申智锋, 邵元虎, 等. 土壤生物与可持续农业研究进展[J]. 生态学报, 2020, 40(10): 3183-3206.
- [4] 李江红, 尤民生. 昆虫授粉研究与应用概述[J]. 福建农业大学学报, 1999, (04): 492-497.
- [5] Kluser S, Peduzzi P. Global Pollinator Decline: A Literature Review[M], UNEP/GRID-Europe. UNEP. 2007.
- [6] 尤民生. 论我国昆虫多样性的保护与利用[J]. 生物多样性, 1997, (02): 56-62.
- [7] 郭保地, 安建东, Dicks. 谁是造成传粉昆虫减少的罪魁祸首[J]. 中国蜂业, 2021, 72(09): 13.
- [8] 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(03): 408-418.
- [9] Dicks et al. A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline[J]. Nature Ecology & Evolution, 2021(05): 1453-1461.
- [10] 张立微, 张红玉. 传粉昆虫生态作用研究进展[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(07): 9-13.
- [11] 安建东, 陈文锋. 中国水果和蔬菜昆虫授粉的经济价值评估[J]. 昆虫学报, 2011, 54(04): 443-450.
- [12] 杨大荣. 传粉昆虫的研究进展[J]. 云南农业科技, 2018, (S1): 3-7.
- [13] 周立垚, 丁圣彦, 卢训令, 等. 人为干扰对传粉昆虫群落物种多样性及其优势类群生态位的影响[J]. 生态学报, 2020, 40(06): 2111-2121.
- [14] 付甜甜, 郝培尧. 乡村生物多样性中昆虫传粉服务功能保护对策研究[J]. 风景园林, 2023, 30(04): 18-26.
- [15] 欧阳芳, 吕飞, 门兴元, 等. 中国农业昆虫生态调节服务价值估算[J]. 生态学报, 2015, 35(12): 4000-4006.
- [16] 贾翔宇, 白彬, 张洁清, 等. IPBES 评估报告对全球生物多样性保护的影响——以美国传粉者保护政策为例[J]. 生物多样性, 2018, 26(05): 527-534.
- [17] 王润, 丁圣彦, 卢训令, 等. 黄河中下游农业景观异质性对传粉昆虫多样性的多尺度效应——以巩义市为例[J]. 应用生态学报, 2016, 27(07): 2145-2153.
- [18] 宋博, 丁圣彦, 赵爽, 等. 农业景观异质性对生物多样性及其生态系统服务的影响[J]. 中国生态农业学报, 2016, 24(04): 443-450.
- [19] 张翔, 卢志兴, 王庆, 等. 区域景观中生境特异性对昆虫多样性的影响——以西双版纳为例[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2021, 29(05): 771-780.
- [20] 刘娅萌, 卢训令, 丁圣彦, 等. 不同农业景观背景下传粉昆虫群落的分布差异[J]. 生态学报, 2020, 40(07): 2376-2385.
- [21] 张国良, 王道龙. 生物授粉资源在现代农业中的地位及面临的问题[J]. 中国农业资源与区划, 2004, (06): 20-23.
- [22] 田丽霞, 王甦, 方锡红, 等. 传粉蜂在设施农业中的应用及挑战[J]. 环境昆虫学报, 2022, 44(05): 1143-1153.
- [23] 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(01): 1-11.
- [24] 韩明会, 李保国, 张丹, 等. 再生农业——基于土地保护性利用的可持续农业[J]. 中国农业科学, 2021, 54(05): 1003-1016.
- [25] 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(07): 993-1001.
- [26] 唐健飞, 刘剑玲. 省域农业可持续发展水平评价及其耦合协调分析——以长江经济带 11 省市为例[J]. 经济地理, 2022, 42(12): 179-185.
- [27] 陈保冬, 于萌, 郝志鹏, 等. 丛枝菌根真菌应用技术研究进展[J]. 应用生态学报, 2019, 30(03): 1035-1046.

- [28] 徐冠军,李建洪.生物农药与农业可持续发展战略[J].化工之友,2006,(10):50-52.
- [29] 罗其友,唐曲,刘洋,等.中国农业可持续发展评价指标体系构建及研究[J].中国农学通报,2017,33(27):158-164.
- [30] 张磊,周灿芳,方伟.粤港澳大湾区粮食产业现状、矛盾透视及高质量发展实现路径[J].广东农业科学,2023, 50(01): 28-39.
- [31] 冯珊珊,刘序,胡韵菲.粤港澳大湾区 2010—2020 年耕地时空变化研究[J].广东农业科学,2023,50(01):141-152.
- [32] 胡韵菲,刘序,梁俊芬,等.粤港澳大湾区 1990-2020 年农作物种植结构时空演变[J].广东农业科学,2023, 50(01): 13-27.
- [33] 周永杰,易灵,邝红艳,等.粤港澳大湾区生态系统演变及其服务价值研究[J].环境保护,2019,47(23):56-60.
- [34] 周灿芳,梁俊芬,黄红星.粤港澳大湾区都市农业建设分析[J].科技管理研究,2020,40(06):121-127.
- [35] 孙传璋,王梓辰,李景刚,等.基于生态系统多维特征的粤港澳大湾区国土空间生态保护修复分区研究[J].生态学报,2023,43(05):2061-2073.
- [36] 甘琳,陈颖彪,吴志峰,等.近 20 年粤港澳大湾区生态敏感性变化[J].生态学杂志,2018,37(08):2453-2462.
- [37] 黄国勤.中国南方农业生态系统可持续发展面临的问题及对策[J].中国生态农业学报,2017,25(01):13-18.
- [38] 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.
- [39] 郑贱成,谢炳庚,游细斌.1980—2020 年粤港澳大湾区生境质量变化特征[J].经济地理,2022,42(08):41-50.
- [40] 孙妍.生物多样性保护视角下的武汉市生境服务时空演变研究[D].华中农业大学,2020.
- [41] 江伟康,吴隽宇.基于地区 GDP 和人口空间分布的粤港澳大湾区生境质量时空演变研究[J].生态学报,2021, 41(05): 1747-1757.
- [42] 刘妮,彭孝含,徐安乐,等.粤港澳大湾区主要农业区蝶类群落及其携粉特征研究[J].环境昆虫学报,2023, 45(02): 304-312.
- [43] 王美娜,卢训令,崔洋,等.不同人为干扰下林地类型对传粉昆虫的影响——以河南省巩义市为例[J].生态学报,2018, 38(02):464-474.
- [44] 刘通,程炯,苏少青,等.珠江三角洲桑基鱼塘现状及创新发展研究[J].生态环境学报,2017,26(10):1814-1820.
- [45] 宫清华,张虹鸥,叶玉瑶,等.人地系统耦合框架下国土空间生态修复规划策略——以粤港澳大湾区为例[J].地理研究,2020,39(09):2176-2188.
- [46] 周灿芳.城乡融合背景下粤港澳大湾区都市农业发展研究[J].广东农业科学,2020,47(12):175-182.
- [47] 佟宇竞.城乡融合视角下粤港澳大湾区城市圈都市农业经济发展探析[J].农业经济,2023,(03):24-26.
- [48] 田璞玉,张丹婷,周灿芳.粤港澳大湾区现代都市农业评价、区域差异及驱动因素研究[J].广东农业科学,2023, 50(01):1-12.

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