

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(7):9-13.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.07.003

传粉昆虫生态作用研究进展

张立微,张红玉

(贵州师范大学生命科学学院,贵州贵阳 550001)

摘要:传粉昆虫作为生态系统的重要组成部分,其种类组成、传粉对象、数量变化直接或间接地反映着生态环境状况及其发展趋势;同时,传粉昆虫为生态系统提供了重要的生态服务功能,对于维持生态系统的动态平衡与相对稳定发挥了重要作用。本文结合传粉昆虫资源保护和利用现状,阐述了传粉昆虫的生态价值和经济价值,以及在粮食安全、种质资源保护、环境监测等方面的贡献,从而明确了传粉昆虫生态服务功能的类型和潜在价值,为传粉昆虫资源保护和利用提供新视角。

关键词:传粉;生态服务功能;生态价值;经济价值

中图分类号: Q968.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)07-0009-04

千年生态系统评估(MA)及其后续的项目生态系统和生物多样性经济学(TEEB)工作使人类从生态系统中获得的收益引起关注^[1]。MA 报告指出,昆虫具有控制病虫害和传粉的独特生态服务功能^[2]。昆虫独特的传粉服务功能,使传粉昆虫成为与保证野生植物异花传粉和主要作物生产有高度相关性的功能团^[3-4]。然而近年来研究表明,许多植物和传粉者正在大规模减少,这无疑是传粉昆虫面临的紧迫问题,也使得传粉者的生态服务功能更受关注^[5]。Biesmeijer 等发现,23 种蜜蜂、18 种蝴蝶在 200 年内已经从英国消失,而且欧洲一些地区野生蜜蜂和食蚜蝇的减少也伴随着其传粉植物的减少^[5]。Potts 等从生境减少及破碎化、农药、外来物种、气候变化及其交互作用的角度,系统分析了全球传粉昆虫减少的趋势及其对全球生态系统和农林经济的影响^[6]。可见,传粉昆虫的生态服务功能至关重要,传粉昆虫资源保护和综合利用刻不容缓^[4]。本文结合传粉昆虫资源保护和利用现状,阐述了传粉昆虫的生态价值和经济价值,以及在粮食安全、种质资源保护、环境监测等方面的贡献,以期开展传粉昆虫的科普宣传、传粉昆虫多样性及其生境保护提供理论依据。

1 传粉昆虫的生态服务功能

生态系统服务(ecosystem services)通常是指人类从生态系统中获得的各种直接收益、间接收益^[2,7]。传粉昆虫的生态服务功能强调了传粉昆虫类群在生态系统中发挥的作用,包括直接作用、间接作用以及为人类提供的各种收益,包括有形收益的产品和无形收益的服务,主要体现在传粉昆虫生态服务功能的生态价值与经济价值,传粉昆虫对维系野生植物

群落^[8-9]、提高农业生产力^[10-11]至关重要。

1.1 生态价值

1.1.1 传粉 昆虫为植物提供传粉服务,使植物能够顺利繁衍。开花植物进行有性生殖必须依赖一定的媒介来传递花粉,昆虫传粉占有所有动物传粉的 80%~85%,对象包括水果、蔬菜、油料作物、谷物、饲料,代表了全球近 1/3 的粮食产量^[12]。邓园艺等研究发现,油茶不存在无融合生殖和自动自花授粉现象,其结实和结籽依赖传粉者^[13]。刘林德等研究表明,刺五加(*Acanthopanax senticosus*)的种子形成完全依赖于传粉昆虫的活动^[14]。Klein 等指出,咖啡(*Coffea arabica* 和 *Coffea canephora*)传粉离不开丰富的传粉功能团^[15]。Corbet 等也指出了野生传粉者对农作物传粉的重要性^[16]。Walker 等以洋葱为例,对小型节肢动物潜在的传粉进行研究,指出小型节肢动物的多样性、丰度及其对农作物传粉的贡献决定了其作为潜在传粉者的价值^[17]。

1.1.2 维持植物遗传多样性 传粉昆虫保证了植物的异花授粉,可维持自然界植物的遗传多样性。达尔文很早就发现了异花授粉的重要性,因为维持物种稳定主要依靠杂交来完成。昆虫通过异花传粉携带的异质基因可以进一步增强后代的变异性和适应性,进而推动物种本身的进化^[14]。Ramanatha 等也指出,异花传粉可使植物保持高水平的遗传多样性^[18]。昆虫为同种植物不同植株进行花粉传播,而同种植物不同植株之间的花粉传播会导致等位基因的相互交流和等位基因之间的多种遗传组合,促进基因流动,实现了遗传物质的转移,提高了物种的稳定性,从而产生更多的遗传多样性。然而,随着传粉昆虫种群破碎化,导致等位基因消失,基因流减少,近亲衰退,伴随着其遗传多样性的减少,因此传粉者对遗传多样性有重要影响。Genung 等发现,随着 *Solidago altissima* 斑块中遗传多样性的增加,植物物候发生变化,同时植物丰富度也随之增加^[19]。如果没有传粉者,许多野生植物遗传多样性的维持将面临威胁^[20]。

1.1.3 维持生态系统平衡 传粉昆虫是生态系统的重要组成部分,对维持生态系统的动态平衡和相对稳定有重要作用^[21]。在多种多样的生态系统中,植物与传粉者通过一定的

收稿日期:2014-08-01

基金项目:国家自然科学基金(编号:31260152);贵州省自然科学基金[编号:黔科合 SY 字(2012)3026 号]。

作者简介:张立微(1990—),女,甘肃兰州人,硕士研究生,主要从事昆虫生态学研究。E-mail:zhangliwei1240@163.com。

通信作者:张红玉,博士,教授,主要从事有害生物防控研究与教学工作。E-mail:zh169827@sina.com。

媒介直接或间接地联系起来,这些连接构成了复杂的生态网络^[22],通过分析生态网络可以更好地阐释传粉昆虫对生态系统平衡与稳定的维持。Montoya 等阐述了生态网络复杂度与生态系统稳定性的关系^[23]。Pimm 指出,复杂的生态网络可能会因为物种的增加或减少发生严重改变,其结果可能会使物种的灭绝率比正常速度快几百倍或几千倍^[24]。传粉昆虫所在传粉网络的特征之一是高度嵌套,其中物种的连接伙伴都是更为泛化物种的伙伴子集^[25-26]。因此,传粉网络的嵌套结构对生态网络的稳定性有重要意义,只有传粉者与植物构建了稳定且紧密的关系,传粉者才可能对植物形成稳定的选择作用^[26]。如果大量传粉者的生存受到影响,其所在食物链的营养关系或其他非营养关系随之改变,可能引起生态系统中其他生物的连锁不利反应,从而使传粉网络稳定性降低,整个生态网络都将面临威胁。同时生态系统的多样性和稳定性降低,原有生态平衡也会受到干扰或破坏。因此,传粉昆虫多样性减少不仅影响植物授粉,降低作物产量,破坏生态系统传粉服务功能,同时影响生态系统平衡,从而影响人类可持续发展^[27]。

1.2 经济价值

1.2.1 提高农作物产量和质量 传粉昆虫为农业提供了重要的生态系统服务功能,使全球作物产量增加 75%^[10],对农业产值的贡献约为 1 530 亿欧元^[28]。1961 年以来,全球由昆虫传粉导致的作物面积增加大于 300%,由昆虫提供的传粉服务价值成为美国、俄罗斯等很多国家农业国内生产总值 (GDP) 中逐渐增加的重要部分^[29-30]。美国蜜蜂 1 年产生的传粉服务价值约为 146 亿美元^[31]。蜜蜂以外的传粉昆虫在美国每年创造 50 亿~60 亿美元的价值^[32]。邵永祥等研究表明,蜜蜂授粉的香梨比自然授粉的香梨坐果率提高 25%,香梨增产 32% 以上,商品率提高 50%^[33]。中国农业大学植保系引进加拿大技术,并结合我国切叶蜂现状,人工繁殖切叶蜂,在新疆及黑龙江地区为苜蓿授粉,使其产量提高 3 倍^[34]。昆虫传粉的作物为人类提供关键的营养物质,Brittain 等对传粉植物资源中的营养成分进行分析,发现传粉直接影响对人类健康起重要作用的营养物质,例如不饱和脂肪酸、维生素 E^[35]。同时昆虫传粉可以使植物得到充分选择受精机会,提高杂交优势^[36],提高或改变粮食作物内含物如淀粉、蛋白质等的含量,增加油料作物的含油量,改善瓜果类作物果型的大小、匀称性及提高其内容物、维生素、微量元素含量^[32]。因此,授粉不仅可以提高作物产量和质量,而且能改善作物产品的营养成分。

1.2.2 提供多种副产品 多种多样的副产品是传粉昆虫为人类提供的另一种财富。传粉昆虫中,蜜蜂占据重要地位,它们不仅能提高作物产量,同时能在传粉过程中产出许多副产品,这些副产品为人类做出了重要贡献。1980 年美国统计资料表明,因蜂传粉而间接得到的牛(乳牛)、牛奶产值为 70 多亿美元,蜂蜜、蜂蜡等总价值为 1.4 亿美元^[32]。由于蜂产品对人体的良好保健作用,使人类对于蜂蜜、蜂胶、蜂蜡、蜂王浆的利用逐渐增加。1998—2008 年我国蜂蜜产量为 20 万~40 万 t/年,出口量为 8 万~10 万 t/年^[37]。按照蜂蜜平均价格 60 元/kg^[38] 计算,我国蜂蜜产值为 120 亿~240 亿元/年,出口价值为 48 亿~60 亿元/年。传粉昆虫类群中蝴蝶幼虫

活性蛋白属于全效型蛋白,在国际上被公认为是最高品质、纯天然、无毒无害的活性蛋白,这种蛋白富含各种营养成分,低脂肪,低胆固醇,营养结构合理,肉质纤维少,易于吸收,有预防疾病、营养保健、康复身体等多种效果,具有广阔的市场开发价值^[39]。

1.3 保障粮食安全

粮食产量是粮食安全的基础,传粉昆虫为人类提供持续的粮食供应^[40],因此传粉昆虫对于全球粮食安全起到重要作用。面对世界粮食可供应量及其稳定性下降的问题,21 世纪粮食安全的核心任务是建立持续的粮食系统,而持续的粮食产量离不开传粉昆虫。Oldroyd 指出,传粉者与粮食安全有很大关系^[41]。Potts 等指出,传粉者为人类提供稳定的营养与食物,对粮食安全、生态系统稳定性的价值远远大于人类采取行动来保护它们所付出的成本^[6]。有报道指出,农作物产量的 35% 和全球 70% 的主要农作物依赖动物为其传粉^[10]。McGregor 估计,美国饮食的 15%~30% 直接或间接来源于动物传粉^[42]。欧洲作物的 84% 也是直接或间接依赖于传粉昆虫,尤其是依靠一些野生传粉者对于农业生产力 and 作物产量的维持,因此野生传粉者也被称为维持粮食安全的“冠军”^[43]。Lebuhn 等利用 11 年研究蜜蜂的数据,设计了地区、国家、国际尺度下监测传粉昆虫的项目,指出了传粉昆虫对粮食安全和生态系统功能所发挥的作用^[44]。Steffan - Dewenter 等也通过大量实例说明粮食安全与昆虫传粉的关系^[45]。国际传粉者行动 (IPI) 提出,全球生物多样性保护计划的基本前提是野生传粉者的下降和驯养蜜蜂数量的减少威胁到了全球粮食安全^[46]。由此可见,传粉昆虫减少导致作物产量降低,营养物质流失^[29],给农民带来了潜在的经济困难^[47],威胁到人类生存。

1.4 保护种质资源

生物多样性是人类赖以生存的物质基础,是维持生态环境平衡的关键^[48]。生物多样性保护对于遏制甚至逆转生物多样性持续迅速地丧失、恢复和维护生态系统多种服务能力、确保生态系统的正常运转具有重要意义^[49]。种质资源保护作为生物多样性保护的关键,离不开种类丰富的传粉昆虫。随着珍稀濒危种子植物和农林经济作物传粉生物学研究的大量开展,传粉昆虫对濒危野生植物的维持作用也受到关注。胡世俊等对重庆市特有濒危植物缙云卫矛 (*Euonymus chloranthoides*) 传粉方式对种子萌发率的影响进行研究,发现种群内异花授粉的种子萌发率高达 39%,表明传粉昆虫对缙云卫矛种群的维持起重要作用^[50]。于海中等分析濒危植物风箱果 (*Physocarpus amurensis*) 的致濒因素,结果发现风箱果属异花授粉植物,传粉昆虫的数量、种类影响其结实率,而结实率低是导致风箱果濒危的重要原因,说明传粉昆虫是风箱果物种保护的关键^[51]。兰科植物多为珍稀濒危植物,其多样性被认为是适应于多样化传粉者的结果^[52]。兰花传粉具有很强的专一性,许多种类兰花依赖特定的昆虫传粉。澳大利亚的兰花品种 *Drakea* 就与传粉昆虫之间形成了高度的特化关系^[53]。一旦特化的传粉昆虫减少或消失,就会导致植物有性繁殖失败,直接对应着这类植物数量减少或灭绝。同时,兰科植物的欺骗性传粉使其与传粉者之间形成一种极不对称的关系,兰花对传粉昆虫的依赖远大于传粉昆虫对兰花的依

赖^[52]。如果传粉者受到威胁,就会直接影响到兰科植物的结实能力,从而影响兰科植物的生存^[54]。因此,传粉昆虫对保护异花授粉的濒危植物有重大意义。

1.5 环境监测与评价

传粉昆虫与环境相互依存、协同进化,传粉昆虫对于环境监测及评价起到重要作用。蝶类对污染物敏感,对环境因子改变的响应较明显,它们可作为环境质量监测和评价的指示生物^[55]。蝶类也是目前仅有的可以评估其他物种灭绝率的无脊椎动物^[56]。同时可以通过分析蝶类种群组成、结构、多样性及其动态、趋势等,监测和预警气候变化对生态环境的影响以及对生态系统产生的作用^[56]。欧洲先后实施了许多具有国际性影响的长期环境监测计划,目标是评估区域及国家范围的蝴蝶物种丰富度变化趋势,分析其与栖息地和气候变化等环境因素的相关性,为研究、保护、利用蝴蝶资源及预测环境变化提供基础数据^[57]。随着人类活动强度的加大,生境破碎化对生物多样性和生态系统功能的影响成为当前国内外生态学研究热点之一^[58]。蝴蝶对生境的破碎化响应最为敏感,尤其是稀有蝴蝶种群^[56]。杨芳等对 32 片不同面积、不同隔离指数、不同景观多样性的石灰质草地的蝴蝶群落进行分析,结果表明蝴蝶在破碎生境中呈现集合种群,生境面积是蝴蝶群落结构的最重要指示物^[58]。同时蜂类也被作为生境破碎化的良好指示物,研究表明蜜蜂 *Euglossini* 的物种丰富度和多度在小森林斑块中均有所下降,导致花朵授粉减少^[59]。德国汉堡机场自 1999 年以来利用蜜蜂及其产品来监测空气质量,取得不错成果,之后很多欧洲国家也效仿此举来监测空气质量^[60]。因此,蜜蜂及其产品是生态环境理想的监测器。野生蜂对于巢址和食物来源的专一化,使它们对生境条件变化很敏感。因此,野生蜂被作为环境影响评价的重要指示物。但是,衡量农业生态系统蜂群变化的长期监测机制还较为缺乏^[61]。

2 传粉昆虫的保护、开发、利用现状

基于传粉昆虫多种多样的生态价值与经济价值,传粉昆虫的保护显得极为重要。Brittain 等指出,蜜粉源植物多样性和筑巢地点的适应性是影响传粉昆虫物种多样性最主要的因素^[62],因此传粉昆虫生境的保护成为传粉昆虫保护的重中之重。Garibaldi 等也指出,加强作物周围农业景观保护,可以增加传粉昆虫多样性和传粉服务的稳定性,同时可以保持虫媒植物稳定的生产力^[63]。然而其保护成效还是要通过传粉昆虫数量及丰富度来反映,那么就需要有效的监测和评价系统来对其量化。谢正华等对欧美传粉昆虫物种多样性监测和评估体系进行了介绍,认为其对于传粉昆虫的生境及其恢复和传粉昆虫物种多样性的提高起到一定作用^[21]。我国尚未建立持续的传粉昆虫监测和评价系统以及关于农林生态系统传粉昆虫多样性的保护政策,因此,科研与政策的结合成为未来传粉昆虫保护的热点与方向。

资源是当今全球最重要的战略问题之一。昆虫资源是目前地球上最大的尚未被充分利用的自然资源^[64]。种类繁多的传粉昆虫资源,更受到了全球学者的关注。澳大利亚国家科研机构联邦科工组织的科研人员针对蜜蜂研制了一种微小的传感器,以此了解蜜蜂行为,研究蜜蜂授粉和农业生产的关系,以期提高传粉效率和农业生产力,同时还对装有传感器的

蜜蜂进行监测,了解群落动态变化。Formicki 等对波兰蜂产品中重金属含量进行测定,提出蜂产品对重金属污染有指示作用^[65]。吴黎明等也指出,建立蜜源植物-蜜蜂-蜂产品体系,可作为环境污染生物指示器^[66]。植物和昆虫组成的传粉网络也成为当前研究的热点问题。肖宜安等阐述了全球变暖对植物与传粉者的传粉网络的影响,提出了气温持续上升背景下植物-传粉者网络未来的研究趋势^[67]。

传粉昆虫对于维持农业生态系统的稳定性、发挥开花植物的传粉作用等诸多方面具有不可替代的生态作用和重要意义。但目前传粉昆虫对生态环境和农业生产相关的科普宣传和生态文明教育较为缺乏,滞后于公众对这一主题内容的生态文明教育需求,从而使传粉昆虫的重要性并未引起公众的足够重视和认知,不利于当地居民对传粉昆虫进行必要的保护和利用。因此,在生态恢复背景下开展传粉昆虫的科普宣传和生态文明教育对传粉昆虫多样性及其生境保护至关重要。只有公众主动保护和积极利用才能加快保护和利用传粉昆虫进程。

参考文献:

- [1] Fisher B, Turner K, Zylstra M, et al. Ecosystem services and economic theory: integration for policy - relevant research [J]. *Ecological Applications*, 2008, 18(8): 2050 - 2067.
- [2] Joseph A. Ecosystems and human well - being: a framework for assessment [M]. Washington D C: Island Press, 2005: 1 - 245.
- [3] Steffan - Dewenter I, Westphal C. The interplay of pollinator diversity, pollination services and landscape change [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2008, 45(3): 737 - 741.
- [4] Allsopp M H, de Lange W J, Veldtman R. Valuing insect pollination services with cost of replacement [J]. *PLoS One*, 2008, 3(9): e3128.
- [5] Biesmeijer J C, Roberts S P, Reemer M, et al. Parallel declines in pollinators and insect - pollinated plants in Britain and the Netherlands [J]. *Science*, 2006, 313(5785): 351 - 354.
- [6] 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.
- [7] 世界资源研究所. 生态系统与人类福祉: 评估框架 [M]. 张永民, 译. 北京: 中国环境科学出版社, 2007: 1 - 262.
- [8] Ashman T L, Knight T M, Steets J A, et al. Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences [J]. *Ecology*, 2009, 85(9): 2408 - 2421.
- [9] Aguila R L, Galetto L. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta - analysis [J]. *Ecology Letters*, 2006, 9(8): 968 - 980.
- [10] Klein A E, Cane J H. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops [J]. *Proc Biol Sci*, 2007, 274(1608): 303 - 313.
- [11] Ricketts T H, Regetz J, Steffan - Dewenter I, et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? [J]. *Ecology Letters*, 2008, 11(5): 499 - 515.
- [12] Richards A J. Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? [J]. *Annals of Botany*, 2001, 88(2): 165 - 172.
- [13] 邓园艺, 喻勋林, 罗毅波. 传粉昆虫对我国中南地区油茶结实和

- 结籽的作用[J]. 生态学报, 2010, 30(16): 4427–4436.
- [14] 刘林德, 王仲礼, 田国伟, 等. 刺五加传粉生物学研究[J]. 植物分类学报, 1998, 36(1): 20–28.
- [15] Klein A M, Cunningham S A, Bos M, et al. Advances in pollination ecology from tropical plantation crops[J]. Ecology, 2008, 89(4): 935–943.
- [16] Corbet S A, Williams I L. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European community[J]. Bee World, 1991, 72(2): 47–59.
- [17] Walker M K, Howlett B G, Wallace A R, et al. The diversity and abundance of small arthropods in onion, *Allium cepa*, seed crops, and their potential role in pollination[J]. Journal of Insect Science, 2011, 11(2): 160–166.
- [18] Ramanatha V R, Hodgkin T. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources[J]. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 2002, 68(1): 1–19.
- [19] Genung M A, Lessard J P, Brown C B, et al. Non-additive effects of genotypic diversity increase floral abundance and abundance of floral visitors[J]. PLoS One, 2010, 5(1): e8711.
- [20] Kearns C W, Waser N M. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1998, 29(1): 83–112.
- [21] 谢正华, 徐环, 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.
- [22] Montoya J M, Sole R V. Small world patterns in food webs[J]. Theor Biol, 2002, 214(30): 405–412.
- [23] Montoya J M, Sole R V. Ecological networks and their fragility[J]. Nature, 2006, 442(7100): 259–264.
- [24] Pimm L S. World according to Pimm: A scientist audits the earth[M]. New York: McGraw-Hill, 2001.
- [25] Vázquez D P, Blüthgen N, Cagnolo L, et al. Uniting pattern and process in plant-animal mutualistic networks: a review[J]. Annals of Botany, 2009, 103(9): 1445–1457.
- [26] 方强, 黄双全. 传粉网络的研究进展: 网络的结构和动态[J]. 生物多样性, 2012, 20(3): 300–307.
- [27] Watanabe M E. Pollination worries rise as honey bees decline[J]. Science, 1994, 265(5176): 1170.
- [28] Gallai N, Salles J M, Settele J, et al. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline[J]. Ecological Economics, 2009, 68(3): 810–821.
- [29] Eilers E J, Kremen C, Smith Greenleaf S, et al. Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply[J]. PLoS One, 2011, 6(6): e21363.
- [30] Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J, et al. Spatial and temporal trends of global pollination benefit[J]. PLoS One, 2012, 7(4): e35954.
- [31] Morse R, Calderone N. The value of honey bees as pollinators of U. S. crops in 2000[J]. Bee Culture, 2000, 128(1): 1–15.
- [32] 罗峰. 传粉昆虫: 被轻视的“濒危动物”[J]. 科技潮, 2005(12): 48–49.
- [33] 邵永祥, 黄思奇, 伍永福. 蜜蜂为香梨授粉的试验研究[J]. 蜜蜂杂志, 1995(2): 26–27.
- [34] 刘高强, 魏美才. 昆虫资源开发与利用的新进展[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(6): 142–146.
- [35] Brittain C, Kremen C, Garber A, et al. Pollination and plant resources change the nutritional quality of almonds for human health[J]. PLoS One, 2014, 9(2): e90082.
- [36] 郭柏寿, 杨继民, 许育彬. 传粉昆虫的研究现状及存在的问题[J]. 西南农业学报, 2001, 14(4): 102–108.
- [37] 刘志城. 我国蜂蜜产量与出口量关系的协整分析[J]. 蜜蜂杂志, 2011, 30(1): 14–16.
- [38] 高芸. 北京蜂蜜产品价格调查报告[J]. 中国蜂业, 2012, 63(10): 46–47.
- [39] 史军义, 周成理, 易传辉, 等. 我国当前蝴蝶产业面临的挑战与对策[J]. 林业科技情报, 2006, 38(4): 18–20.
- [40] Swaminathan M V. Food production & availability – Essential prerequisites for sustainable food security[J]. Indian Journal of Medical Research, 2011, 138(3): 383–391.
- [41] Oldroyd B P. What's killing American honey bees? [J]. PLoS Biology, 2007, 5(6): e168.
- [42] McGregor S E. Insect pollination of cultivated crop plants[M]. Washington D C: US Department of Agriculture, 1976.
- [43] Wild pollinators support farm productivity and stabilize yield[EB/OL]. [2012-08-28]. http://en.twtn.com/Agriculture/53_6249.html.
- [44] Lebuhr G, Droege S, Connor E F, et al. Detecting insect pollinator declines on regional and global scales[J]. Conservation Biology, 2013, 27(1): 113–120.
- [45] Steffan-Dewenter I, Potts S G, Packer L. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2005, 20(12): 651–652; author reply 652–3.
- [46] Tilman D, Cassman K G, Matson P A, et al. Agricultural sustainability and intensive production practices[J]. Nature, 2002, 418(6898): 671–677.
- [47] Allen-Wardell G, Bernhardt T, Bitner R, et al. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields[J]. Conservation Biology, 1998, 12(1): 8–17.
- [48] 王琳, 易传辉, 和秋菊. 我国蝶类昆虫生物多样性研究进展[J]. 山东林业科技, 2009, 39(1): 105–107.
- [49] 潘景璐, 温亚利. 生物多样性保护社会经济影响因素研究——基于全球分析视角[J]. 林业经济, 2011(12): 48–52.
- [50] 胡世俊, 闫晓慧, 何平, 等. 授粉方式对濒危植物缙云卫矛种子萌发率的影响[J]. 山东林业科技, 2013, 43(2): 58–59, 21.
- [51] 于海中, 张迎新, 王金红. 濒危植物风箱果的致濒因素分析[J]. 防护林科技, 2014(1): 21–22.
- [52] 李鹏, 郑桂灵, 周峰. 兰花的传粉与保护研究[J]. 北方园艺, 2009(5): 133–136.
- [53] Hopper S D, Brown A P. A revision of Australia's shammer orchids (*Drakaea*, Orchidaceae), with some field data on species-specific sexually deceived wasp pollinators[J]. Australian Systematic Botany, 2007, 20(3): 252–285.
- [54] 任宗昕, 王红, 罗毅波. 兰科植物欺骗性传粉[J]. 生物多样性, 2012, 20(3): 270–279.
- [55] Hermy M, Cornelis J. Species diversity and the scale of the landscape mosaic: do scales of movement and patch size affect diversity? [J]. Biological Conservation, 2000, 98(2): 179–190.
- [56] 房丽君, 关建玲. 蝴蝶对全球气候变化的响应及其研究进展[J]. 环境昆虫学报, 2010, 32(3): 399–406.

顾克余,周蓓蓓,宋长年,等. 植物生长调节剂及其在葡萄生产上的应用综述[J]. 江苏农业科学,2015,43(7):13-16.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.07.004

植物生长调节剂及其在葡萄生产上的应用综述

顾克余¹,周蓓蓓³,宋长年²,胡鑫²,房经贵²

(1. 江苏沿海地区农业科学研究所,江苏盐城 224002; 2. 南京农业大学园艺学院,江苏南京 210095;

3. 江苏省农业科学院人事处,江苏南京 210014)

摘要:简要介绍了包括生长素类、赤霉素类、细胞分裂素类、乙烯类、脱落酸等不同种类的植物生长调节剂的性质及作用机制。阐述了目前生产上植物生长调节剂在葡萄上的应用范围和方法,提出了植物生长调节剂在葡萄生产应用上存在的问题。

关键词:植物生长调节剂;葡萄;作用机制

中图分类号:S663.104 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)07-0013-04

植物生长调节剂是指由人工合成、人工提取或生物发酵而成,具有内源植物激素相似的生理活性或能影响内源激素合成、运输、代谢或生理作用的外源活性物质。目前,国内外已经生产的植物生长调节剂有 100 种以上,其中重要的有 30~40 种^[1]。植物生长调节剂因具有显著、高效的调节效应,已被广泛地应用于大田作物、果树、林木、蔬菜等的生产上,并取得了显著的经济效益,对促进农业生产起了一定的作用。

葡萄是应用植物生长调节剂较广泛的作物之一。植物生长调节剂在葡萄的无核化、促进生根、控制生长、保花保果、增加产量、提高浆果品种、延长或打破休眠、防止或促进脱落,提高抗性、组织培养和防除杂草等方面,都发挥着重要的作用^[2]。目前,在葡萄生产中的应用主要偏重于对葡萄营养器官和生殖器官的调控上,有些应用技术不太成熟,还需进一步

完善。

1 植物生长调节剂种类、性质及作用机制

1.1 生长素类

生长素最早由荷兰人温特(F. W. Went)于 1928 年发现,1934 年荷兰人柯葛(F. Kgl)等从人尿中分离出吲哚乙酸(indole acetic acid, IAA),这是第一个被发现的植物内源激素,也是第一种植物生长调节剂。生长素最明显的生理功能就是促进细胞的伸长生长。

1.1.1 萘乙酸(NAA) 萘乙酸可经植物的根、茎、叶吸收,然后传导到作用部位。其生理作用和作用机制类似于内源吲哚乙酸:能刺激细胞分裂和组织分化,促进子房膨大,诱导单性结实,形成无籽果实,促进开花。低浓度抑制纤维素酶的合成,促进植物生长发育,防止落花落果落叶,高浓度会引起内源乙烯的大量生成,促进离层形成,可用于疏花疏果和催熟增产。萘乙酸可诱发枝条不定根的形成,加速树木的扦插生根,还可提高某些作物的抗旱、抗寒、抗涝及抗盐碱的能力。100 mg/L NAA 可有效增加葡萄根量和促进新根生长,促进根皮内蛋白质水解,新根内蛋白质含量增加,高质量浓度的 NAA(800 mg/L)诱使葡萄根系皮层异常生长,表现为皮层组

收稿日期:2014-07-09

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(12)3005]。

作者简介:顾克余(1969—),男,江苏盐城人,副研究员,主要从事果树栽培、育种技术研究。E-mail: yegkyu@163.com。

通信作者:宋长年,博士,讲师,主要从事葡萄基因组学和逆境生物学、果树栽培技术研究与应用推广。E-mail: songchangnian@njau.edu.cn。

[57] 房丽君,徐海根,关建玲. 欧洲蝴蝶监测的历史、现状与我国的发展对策[J]. 应用生态学报,2013,24(9):2691-2698.

[58] 杨芳,贺达汉. 生境破碎化对植物-昆虫及昆虫之间相互关系的影响[J]. 昆虫知识,2007,44(5):642-646.

[59] Powell A H, Powell G N. Population dynamics of male euglossine bees in amazonian forest fragments[J]. Biotropica, 1987, 19(2): 176-179.

[60] 班玮. 德国汉堡机场利用蜜蜂“侦探”监测空气质量[EB/OL]. [2015-05-27]. http://news.xinhuanet.com/world/2009-05/06/content_11320980.htm.

[61] Schindler M, Diestelhorst O, Härtel S, et al. Monitoring agricultural ecosystem by using wild bees as environment indicators[J]. Bio Risk, 2013(8):53-71.

[62] Brittain C, Bommarco R, Vighi M, et al. The impact of an insecticide on insect flower visitation and pollination in an agricultural landscape

[J]. Agricultural and Forest Entomology, 2010, 12(3):259-266.

[63] Garibaldi L A, Steffan-Dewenter I, Kremen C, et al. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits[J]. Ecology Letters, 2011, 14(10):1062-1072.

[64] 熊谱成. 昆虫资源用之不竭[J]. 科学世界, 1994(4):39-40.

[65] Formicki G, Gren A, Stawarz R, et al. Metal content in honey, propolis, wax, and bee pollen and implications for metal pollution monitoring[J]. Polish Journal of Environmental Studies, 2013, 22(1):99-106.

[66] 吴黎明,薛晓峰,刘海民,等. 环境污染生物指示器:蜜源植物-蜜蜂-蜂产品体系[J]. 中国蜂业, 2011, 62(7):35-36, 44.

[67] 肖宜安,张斯斯,闫小红,等. 全球气候变暖影响植物-传粉者网络的研究进展[J]. 生态学报, 2015, 35(12):1-13.