

魏兰君,李凡凡,秦 毅,等. 蝴蝶生态景观功能植物选择及评价[J]. 江苏农业科学,2021,49(21):147-152.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.21.023

蝴蝶生态景观功能植物选择及评价

魏兰君¹, 李凡凡¹, 秦 毅¹, 孙洪武¹, 廖怀建^{1,2}

(1. 江苏省农业科学院, 江苏南京 210014; 2. 农业农村部都市农业重点实验室, 上海 200240)

摘要:生态景观设计是城乡规划中的重要组成部分,营造生物生息空间的理念也正被积极应用。蝴蝶是观赏昆虫中最受人们喜爱的昆虫之一,蝴蝶生态景观的营建逐渐成为新兴的景观方向。目前,关于蝴蝶生态景观功能性植物选择的原理和方法尚缺乏系统性研究。总结国内外有关资料 and 实践经验,广泛征集专家和群众意见,从社会性评价指标、经济性评价指标、生态性评价指标、蝴蝶功能性评价指标等 4 个方面,构建蝴蝶生态景观植物选择和评价体系。并以江苏地区封闭式蝴蝶生态园作为案例,对评价指标权重进行专家评分,再对初选的具有代表性的 20 种高层植物和 20 种中低层植物进行该案例场景下应用的适应性评价和分析。以期为蝴蝶生息空间营造技术的成熟化和健康化发展提供经验参考和理论支持。另外,采用植物选择和评价体系,不仅适用于蝴蝶生态景观的营建,对其他生物友好型城市或乡村生态景观的构建都具有参考借鉴意义。

关键词:蝴蝶生态景观;植物选择;评价指标;景观营造

中图分类号:S181 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)21-0147-06

随着休闲农业与生态休闲理论和实践的普及,生态景观成为城乡设计中的重要组成部分,营造生物生息空间也成为城乡建设中被积极应用的理念之一。蝴蝶是一种备受人们喜爱的观赏昆虫,营造适合蝴蝶生长栖息的生态景观近年来成为蓬勃发展的休闲农业产业的热点项目。该类项目通常与蝴蝶保育、科普教育、环保宣传等公益性功能相结合。蝴蝶生态景观可分为封闭型和开放型。在热带地区冬季气温高、植物种类多、野外蝴蝶种群多,开放型蝴蝶景观能够实现全年观赏效果;在亚热带或温带地区,开放型蝴蝶生态景观通常进行季节性观赏。封闭型蝴蝶生态景观通常被称为蝴蝶园或蝴蝶馆,一般依托玻璃温室进行建设,内部能够进行精准的环境调控,在温带地区也能够实现全年蝴蝶观赏。目前,关于蝴蝶生态景观植物选择的原理和方法尚缺系统性研究。对于蝴蝶生态景观的研究主要集中在商业型蝴蝶园的类型介绍、蝴蝶种类、设计方法、环境要素、配套设施、旅游产品开发

等方面^[1-7]。刘桂玲等总结了各类蝴蝶喜好的寄主植物和蜜源植物清单^[1,8-9]。任一涵等对我国部分地区自然生境中的蝴蝶种类进行调查,总结出不同生境要素对蝴蝶种群的影响,并对构建蝶类生境时的景观设计提出建议^[8,10-14]。前人的研究虽较少集中关注植物的选择和搭配,但给本研究提供了宝贵的的基础资料和经验参考。国外一些文献中较多的是关于城市发展和乡村改造对蝴蝶种群影响的研究,还有鼓励人们在城市中建设生物友好型花园,从而吸引蝴蝶等动物,丰富城市物种多样性^[15-19]。还有学者及一些机构专门针对如何营造蝴蝶花园进行介绍和科普^[20-23]。由于国外的环境气候、植物种类等相关因素与我国有较大差异,所以该类资料对我国蝴蝶生态景观营建的参考价值有限,但其中的先进理念还是值得学习借鉴的。

1 蝴蝶生态景观植物评价指标及选择

无论在何种类型的蝴蝶生态景观中,植物都具有十分重要的作用,且是蝴蝶生长过程中不可或缺的重要元素。本研究基于国内外有关蝴蝶生态景观中植物种类的文献资料,结合我国多地调研及经验总结,广泛征集专家和群众意见,构建植物选择体系,并以江苏地区封闭型蝴蝶生态景观作为研究案例,进行植物选择和评价。

收稿日期:2021-02-23

基金项目:农业农村部都市农业重点实验室开放基金(编号:UA201906);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(20)3184]。

作者简介:魏兰君(1993—),女,江苏扬州人,硕士,从事城市园艺、生态景观设计及休闲农业规划研究。E-mail:995023107@qq.com。

通信作者:廖怀建,博士,副研究员,从事观赏昆虫与食用昆虫研究。
E-mail:huaixiyu_08@126.com。

1.1 蝴蝶生态景观植物评价指标体系建立

蝴蝶的功能性植物主要有 4 种,即寄主植物、蜜源植物、栖息植物和躲避植物^[24],且蝴蝶生态景观建设对这 4 种功能性植物的需求缺一不可。寄主植物为蝴蝶成虫产卵提供场所,为卵孵化后的幼虫提供食物。蜜源植物为蝴蝶成虫采蜜、补充蝴蝶生长和繁殖提供所需营养;栖息植物用于制造地面太阳光斑,提供蝴蝶成虫栖息、等待停驻点,寻觅配偶婚飞和躲避阳光直射。躲避植物为蝴蝶提供躲避高温和休息的停歇场所。

此外,由于蝴蝶生态景观的特殊性,植物的选择与其他园林景观相比有所不同。从植物的生理特性看,蝴蝶生态景观中通常不喷洒杀虫剂等化学药品,植物须具有较强的抗病虫能力;封闭型蝴蝶园中的植物对于夏季高温高湿环境须有较好的适应性,而对冬季低温的耐受性要求降低等。从植物的服务对象看,蝴蝶生态景观对于人们尤其是儿童的环保和生态教育尤为重要,植物拥有某些适于教育的特征是很有益的;另外,以儿童为主要参观对

象的景观,植物的安全性十分重要。从植物的生态性看,在以提升生物多样性为重要目标的景观中,植物选择的多样性以及植物与其他生物和整个生态系统的互作关系也是须要侧重考量的因素。

参考国内外关于景观植物评价普适性标准的文献^[25],结合蝴蝶生态景观植物的特殊性需求,将评价指标分为 4 个层次,分别为社会性评价指标、经济性评价指标、生态性评价指标、蝴蝶功能性评价指标,各层次又细分为多个具体的评价指标(表 1)。其中,社会性评价指标包括观赏价值、教育及文化价值和是否具有危险性等 3 个方面;经济性评价指标包括植物获取成本、植物维护成本、是否易出现病虫害和植物寿命与观赏期等 4 个方面;生态性评价指标包括是否为本地乡土物种、种群泛滥的可能性、对其他生物的吸引力和对小环境调控改善能力等 4 个方面;蝴蝶功能性评价指标包括是否为寄主植物、是否为蜜源植物、是否为躲避植物、是否为停歇植物等 4 个方面。针对各项指标给出尽量具体和方便判断的评价标准,给出 0~3 分的打分区间。

表 1 蝴蝶生态景观植物评价指标及评分标准

分类	指标	解释说明	0 分	1 分	2 分	3 分
社会性评价指标	观赏价值	观赏程度高的植物特征如开花艳丽、彩色叶、叶型独特、树形独特等	花、叶、果、枝中均无显著的观赏价值	花、叶、果、枝中有 1~2 个具观赏价值的特征	花、叶、果、枝中有 2 个以上具观赏价值的特征,且至少具有 1 个尤为重要的观赏特征	花、叶、果、枝的色彩、造型等各方面均具有较高的观赏价值,且具有多个重要的观赏特征或具有出色的季相特征
	教育及文化价值	有一定的教育及科普价值或文化内涵或宣传意义,如具有引起儿童好奇的特征、当地的特殊保护物种、一定历史意义的物种等	文化内涵以及科普教育价值较弱	具有个别特征能够产生一定的科普价值,具有一些宣传潜力	具有一定的文化内涵或科普教育价值,有较强的宣传潜力,能够吸引一些特定人群的关注	具有非常重要的文化内涵以及科普教育价值,可以深入挖掘其教育及文化背景
	是否具有危险性	是否具有危险性,如产生毒素、带有尖刺等	具有 2 个以上危险特征,且该特征极易造成人员伤害	具有 1~2 个可能形成危险的潜在可能,但危险性较低,对人员的伤害程度有限	具有造成某种危险的潜在可能,但通常情况下不易发生	无毒无害,安全可亲近
经济性评价指标	植物获取成本	植物是否易于获得,购买及运输过程中产生的成本	极难获得,未进行量化生产,种群数量少	较难在市场上获得,或需经过某些特定途径或程序获得	能够通过市场获得,但由于产地限制、运输距离等原因,需投入较高的获取成本	能够在本地市场获得,且获取成本较低,运输成本合理
	植物维护成本	植物在种植过程中及后期维护过程中的成本,如修剪、灌溉等	极难维护,需水量大,需进行 2 次/个月及以上修剪、施肥等维护,或需要特殊的维护手段,投入大量时间和人力成本	较难维护,需每月进行修剪维护,需水量较大,灌溉较频繁	较易维护,每个季度进行修剪维护,需水量适中	极易维护,基本不用修剪维护,耐干旱,耐贫瘠

表 1(续)

分类	指标	解释说明	0 分	1 分	2 分	3 分
	是否易出现病虫害	是否易发病虫害,如蚜虫、白粉病、灰霉病等	极易出现病虫害,发生时严重影响植株生长及美观,且传染性较强	较易出现病虫害,但发生时症状较轻,传染性较弱	在某些特定情况下会出现病虫害,但通过及时发现并采取一定防治手段,对植株造成的影响较轻	不易出现病虫害,基本无需进行防治
	植物寿命与观赏期	植物为 1 年生或多年生,是否容易成活,以及观赏期的长短	为季节性植物,或通常作一二年生栽培,植物寿命及观赏期在 6 个月以内,观赏期后需全部更换	每年观赏期小于 6 个月的多年生植物;或需每年进行较大数量补充种植的植物	为多年生植物,但会有休眠期,每年观赏期大于 6 个月,可能需要少量进行种植补充;或具有自播能力且自播后能形成较好景观的一二年生植物	多年生植物,常绿且基本无需每年进行种植补充
	生态性评价指标	是否为本地乡土物种	是当地物种,或是原产中国的物种,或是国外引进物种	原产于其他国家,且引进我国时间较短	原产于其他国家,但引进我国时间较长	原产于我国,但非本地物种,或属于园艺品种
	种群泛滥的可能性	是否容易成为杂草,数量或繁殖方式不可控,或成为入侵物种	极易泛滥或成为杂草,且种群数量难以控制,或为外来入侵物种	较易泛滥或成为杂草,需采取一些手段进行种群控制	具有一些自我繁殖的途径,但是不易泛滥,或成为杂草的可能性很小	不会种群泛滥
	对其他生物的吸引力	是否对其他生物具有吸引力,如是否产生吸引授粉昆虫、是否吸引鸟类等	对其他生物不具有明显吸引力	可能会对某些生物具有一定的吸引力,但通常情况下出现吸引现象的可能性较小	具有 1 个能够吸引其他生物的特征,且观察到吸引现象的可能性较大	具有 2 个及以上能够吸引其他生物的特征,或拥有某种极具吸引力的特征,吸引现象极为常见
	小环境调控改善能力	是否能够对小环境产生调控或改善,如提供遮阴、散发香气、净化环境等	对环境调控改善能力较弱	具有某种环境调控的潜力,但通常情况下,改善能力不明显	具有 1 个环境调控的能力,且具有一定的调控作用	具有 2 个及以上环境调控的能力,且有较明显的调控作用
蝴蝶功能性评价指标	是否为寄主植物	是否是蝴蝶产卵、幼虫取食的植物	不是任何蝴蝶的寄主植物	是某些观赏度低的蝴蝶种类的寄主植物	可作为某些观赏蝶种的寄主植物	是某重要观赏蝶种的专一性寄主植物,或可作为众多观赏蝶种的寄主植物
	是否为蜜源植物	开花是否能够吸引蝴蝶取食	不开花,对蝴蝶无吸引力	能够开花,但是对蝴蝶的吸引力较一般	开花,且对部分蝴蝶有一定的吸引力	开花,且花蜜充足,对大部分蝴蝶有强烈的吸引力
	是否为躲避植物	是否能为蝴蝶提供阴凉、躲避的环境	提供很少的遮阴,难以为蝴蝶提供躲避环境	植株较茂盛,能够形成一定的遮阴和躲避环境,但是植株低矮,功能有限	为中高层植物,能够形成一定的遮阴和躲避环境	为中高层植物,叶片较大且茂密,能够形成很好的遮阴和躲避环境
	是否为停歇植物	是否能为蝴蝶提供停歇的地方	由于某些特征(如叶片光滑、散发气味等)导致很少有蝴蝶停歇	植株矮小,且没有明显的吸引蝴蝶停歇的特征	中高层植物,能够为蝴蝶停歇提供较好的环境	具有某些特征(如叶片大且粗糙、叶片呈条状悬挂等),使蝴蝶便于停歇,或极易成为某一类群的蝴蝶地点

1.2 以江苏地区的封闭型蝴蝶生态景观为例

江苏省位于我国经济发达的东部沿海地区,人们对于生态休闲的需求广泛,近年来建设蝴蝶生态景观的热情高涨。然而由于缺少实践经验和理论支撑,对于景观中植物选择和配置的基础薄弱。因

此,以江苏省所在的亚热带-温带地区常兴建的封闭型玻璃温室蝴蝶生态景观(蝴蝶生态园/馆)为例,对该植物筛选评价体系进行应用。

1.2.1 植物评价指标权重 针对该案例,由 12 位专家(包括植物、生态、昆虫等专业专家、蝴蝶园营

建技术人员、苗圃工作人员等)对植物评价指标进行权重评分。专家评分结果(表 2)显示,蝴蝶功能性评价指标和经济性评价指标的权重较高,说明针对蝴蝶生态景观而言,蝴蝶功能性植物的选择尤为重要,同时建造及运营成本也是一项重要的考虑因素。虽然植物的社会性评价指标层重要性略低,但其中的单项指标,如植物是否具有危险性以及植物的观赏性仍然具有较高的重要性。而植物的生态性指标整体权重较低,因为在封闭的温室环境下,植物对于生态的影响力较弱。

1.2.2 植物选择评分 通过调研国内多处蝴蝶生态园及江苏地区园林植物苗圃,对蝴蝶园内常用的及江苏地区常见的园林植物进行选择,初选出具有代表性的 20 种低层植被(包括草本及低矮灌木)和 20 种中高层植被(包括乔木、大型灌木、垂直攀援植物等)进行示范。由专家组成员根据植物指标评分标准进行打分,再根据各标准的权重计算出最终评分(表 3)。

表 2 江苏地区封闭型蝴蝶生态景观植物评价指标权重

分类	分类层权重	指标	指标层权重
社会性评价指标	0.201	观赏价值	0.067
		教育及文化价值	0.063
		是否具有危险性	0.071
经济性评价指标	0.276	植物获取成本	0.062
		植物维护成本	0.076
		是否易出现病虫害	0.074
		植物寿命与观赏期	0.064
生态性评价指标	0.224	是否为本地乡土物种	0.056
		种群泛滥的可能性	0.067
		对其他生物的吸引力	0.045
		小环境调控改善能力	0.056
蝴蝶功能性评价指标	0.299	是否为寄主植物	0.081
		是否为蜜源植物	0.083
		是否为躲避植物	0.069
		是否为停歇植物	0.066

表 3 江苏地区封闭型蝴蝶生态景观植物评价得分

植物名称	拉丁学名	植物高度	得分	植物名称	拉丁学名	植物高度	得分
马缨丹	<i>Lantana camara</i>	低层	2.16	叶子花	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	中高层	2.09
马利筋	<i>Asclepias curassavica</i>	低层	2.13	朱槿	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	中高层	2.28
柳叶马鞭草	<i>Verbena bonariensis</i>	低层	1.87	鸡蛋花	<i>Plumeria rubra</i>	中高层	2.01
罗勒	<i>Ocimum basilicum</i>	低层	1.41	凤凰木	<i>Delonix regia</i>	中高层	1.95
萱草	<i>Heemerocallis fulva</i>	低层	2.06	香蕉	<i>Musa acuminata</i>	中高层	1.95
石蒜	<i>Lycoris radiata</i>	低层	1.71	印度榕	<i>Ficus elastica</i>	中高层	1.77
石竹	<i>Dianthus chinensis</i>	低层	1.41	鱼尾葵	<i>Caryota maxima</i>	中高层	1.83
月季花	<i>Rosa chinensis</i>	低层	1.69	加那利海枣	<i>Phoenix canariensis</i>	中高层	1.71
墨西哥鼠尾草	<i>Salvia leucantha</i>	低层	1.82	垂叶榕	<i>F. benjamina</i>	中高层	2.01
矮麦冬	<i>Ophiopogon japonicus</i>	低层	1.35	南山藤	<i>Dregea volubilis</i>	中高层	1.93
矮牵牛	<i>Petunia x atkinsiana</i>	低层	1.30	凌霄	<i>Campsis grandiflora</i>	中高层	2.12
酢浆草	<i>Oxalis corniculata</i>	低层	1.24	木槿	<i>Hibiscus syriacus</i>	中高层	2.47
郁金香	<i>Tulipa x esneriana</i>	低层	1.36	接骨木	<i>Sambucus williamsii</i>	中高层	2.15
醉蝶花	<i>Cleome hassleriana</i>	低层	1.77	合欢	<i>Albizia julibrissin</i>	中高层	2.34
秋英	<i>Cosmos bipinnatus</i>	低层	1.49	穗花牡荆	<i>Vitex agnus-castus</i>	中高层	2.21
迷迭香	<i>S. rosmarinus</i>	低层	1.82	苏铁	<i>Cycas revoluta</i>	中高层	1.68
薄荷	<i>Mentha canadensis</i>	低层	1.05	凤尾竹	<i>Bambusa multiplex</i>	中高层	1.90
凤尾蕨	<i>Pteris cretica</i>	低层	1.41	棕榈	<i>Trachycarpus fortunei</i>	中高层	2.02
矾根	<i>Heuchera</i> spp.	低层	1.36	阔叶樟	<i>Cinnamomum platyphyllum</i>	中高层	2.35
睡莲	<i>Nymphaea tetragona</i>	低层	1.89	马兜铃	<i>Aristolochia debilis</i>	中高层	1.82

注:得分高于 2 分的用灰色底色标注。

1.2.3 植物评价结果分析 从植物评分结果来看,中高层植物的得分普遍高于低层草花,得分高于 2 分的植物较多。主要原因是木本植物的维护方法

相对简单、病虫害少,且通常是较好的躲避和停歇植物,能为蝴蝶提供休憩环境。而低层草花通常对养护的要求较高,会增加投入成本。

在低层植物中,马缨丹、马利筋、萱草的综合得分高于 2 分,在蝴蝶园的实际应用中,这几种植物确实表现优良。马缨丹是十分优秀的蜜源植物,观赏期长、病虫害少;马利筋不仅观赏性好,还是重要的蜜源和寄主植物;萱草抗性强、易维护,花朵美丽,对蝴蝶具有吸引力。然而,一些草本植物的得分较低,如矮麦冬、凤尾蕨、矾根等观叶类植物,对蝴蝶的吸引力小;矮牵牛、郁金香等作 1 年生栽培的植物,需经常更换,成本投入大;薄荷、酢浆草等植物不易控制种群、易泛滥;月季花、石竹等观赏性较好的植物在温室的高温高湿条件下易形成病虫害,难以防治。综上原因,一些在园林中常见且观赏效果较好的植物,在封闭型蝴蝶生态景观中难以成为最佳的选择。

在中高层植物中,开花的灌木或乔木得分较高,因此,既能作为蜜源的同时也能提供躲避停歇环境的多功能性植物更受欢迎。在大部分封闭型蝴蝶景观中,通常会营造热带景观,而在江苏地区,热带植物在购买成本和成活率等方面均不如本地树种。由表 3 可知,一些亚热带-温带树种,如凌霄、接骨木、合欢、穗花牡荆等综合得分不低于鸡蛋花、凤凰木、垂叶榕等热带植物。这些植物更适应江苏省本地环境、使用成本低,同样能够呈现较好的景观效果。然而,一些寄主植物,如南山藤和马兜铃虽是我国的乡土植物,但一般较少作景观化应用,植物较难获取,且在蝴蝶园中放养幼虫难以控制幼虫数量,易对寄主植物造成过度取食的现象,增加了维护难度。因此,是否为寄主植物虽然所占权重较高,但是在实际应用中须综合考虑植物的整体表现进行植物筛选。

2 结果与分析

2.1 植物选择方法解析

通过以上植物筛选体系,每种植物都对应不同的得分,得分高低仅具有比较意义,体现出植物在该评价体系中的相对合适程度,而并不意味着得分较低的植物就无法在蝴蝶生态景观中应用。如一些管理维护简单的观叶类植物作为优秀的园林景观植物,经常被应用于其他园林场景中,而在蝴蝶景观中由于其对蝴蝶缺少吸引力,虽不建议大面积种植,但仍可作为必要点缀进行合理搭配。另外,一些当地的乡土植物或野生植物,虽观赏效果较差,但是可作为重要的蜜源或寄主植物,为当地蝶

种提供食物来源,同时也具备较高的科普价值和生态价值^[16-19]。事实上,生境的异质性和多样性越高,对蝴蝶的生存越有利^[10-11]。因此,在对所用植物足够了解的情况下,可以增加蝴蝶生态景观中植物的丰富度,模拟野外自然生境进行景观营造。

得分较高的植物意味着可能更适于该情境下建设的蝴蝶生态景观,但是在使用时仍须注意一些风险因素。如马缨丹、石蒜、郁金香等均为较好的观赏和蜜源植物,但枝叶、根茎、花朵等部位含有毒素;叶子花等植物带有尖刺;这些植物在误食或触碰后会产生或重或轻的身体伤害,在以儿童为主要参观对象的蝴蝶园中,应尤其注意这类植物的种植位置,或加以警示提醒。再如马鞭草、秋英、薄荷等不易控制种群数量的植物,在使用时宜限制地块,防止种群泛滥且不易拔除。

此外,蝴蝶生态景观的成功营建不仅须要筛选出合适的植物种类,还须对植物进行合理的搭配,形成适于蝴蝶活动的生境;还须要进行精细的管护,维持一个既美观又生态的环境^[8,26]。

2.2 植物选择需因地制宜

本研究所构建的植物筛选体系针对江苏地区封闭型蝴蝶生态景观建立,在其他情境下,该评价标准权重须重新评估。如对于开放型蝴蝶生态景观而言,植物的生态性评价指标就变得尤为重要。对于外来物种或易泛滥的植物种类使用须尤为谨慎,如上述评分较高的马缨丹原产于南美洲,20 世纪中期作为观赏植物被引进,但在我国热带及南亚热带地区扩散蔓延,被《云南省外来入侵物种名录(2019 版)》列为 I 级恶性入侵植物^[27],且常因对蜂蝶的吸引力过大而导致其对乡土植物的传粉减少^[14]。开放型生态景观通常还具有生态修复、本地蝶种保育等生态功能^[21],因此,选用乡土植物或易于吸引其他动物的植物对于退化生态系统的修复和保护生物多样性的意义重大。

2.3 该植物选择体系的不足

本研究使用层次分析法对蝴蝶生态景观植物进行评价选择,仅对初选的 40 种具有代表性的植物进行测评,举例分析植物选择中须注意的事项和评价方法,其他未测评的植物可参照该方法,总结植物特性后进行细化评估。该方法旨在提升蝴蝶生态景观营建时对于植物配置的重视程度并提供方法参考。但该方法在使用上较繁琐,在实际应用中可适当简化程序,如减少评价参数、减少分数等级

或省略权重测评流程等。

3 总结与展望

随着我国社会经济的不断发展,人们对于生态环境、精神文化等方面的需求日益增长,蝴蝶生态景观集生态保护、科普教育、休闲娱乐等功能为一体,未来必将受到更多的重视,其营建也将由传统的盈利思维转变为更加可持续的生态保育、科普教育等理念的践行。本研究从蝴蝶生态景观植物选择的角度,为营建技术的成熟化、健康化发展提供经验参考和理论支持。研究采用的植物选择评价体系,不仅适用于蝴蝶生态景观的建设,对其他生物友好型城市或乡村生态景观的构建,都具有参考借鉴意义。

参考文献:

- [1]刘桂玲,王 欣. 开放式蝴蝶园建设研究[J]. 广东农业科学, 2010,37(4):235-237,245.
- [2]顾茂彬. 生态蝴蝶园的类型与建设[J]. 环境昆虫学报,2008,30(2):167-171.
- [3]史军义,王明旭,姚 俊,等. 蝴蝶主题公园及其建设模式[J]. 江苏林业科技,2014,41(6):21-23,27.
- [4]姚德权,唐宇翀. 蝴蝶观赏园景观设计探究[J]. 现代园艺,2016(18):106-107.
- [5]唐宇翀. 广安地区蝴蝶生态园的建设[J]. 现代园艺,2017(1):63-64.
- [6]马茜茜,魏永平,刘 扬. 蝴蝶放飞的观赏性评价及人工调控研究[J]. 西北农业学报,2018,27(7):1071-1076.
- [7]卢星东. 蝴蝶观赏园的景观设计[J]. 现代园艺,2014(8):79.
- [8]任一涵,杨 凡,史 琰,等. 杭州地区构建蝶类生境的植物景观设计[J]. 风景园林,2016(3):105-114.
- [9]陈晓鸣,周成理,史军义. 中国观赏蝴蝶[M]. 北京:中国林业出版社,2008.
- [10]尹丽文. 杭州市江洋畈生态公园蝶类多样性和植物景观相关性研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2019.
- [11]姬婷婷. 浙江天目山蝴蝶多样性及群落动态规律研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2019.
- [12]张辰生. 佛坪国家级自然保护区蝶类多样性研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2018.
- [13]严 莹,李 恺,杨 辉. 观赏性昆虫在园林绿化中的运用

- [J]. 昆虫知识,2010,47(6):1287-1293.
- [14]王绪平,李德志,盛丽娟,等. 城市园林中鸟类及蜂蝶的重要性及其招引与保护[J]. 林业科学,2007,43(12):134-143.
- [15]Nelson G S,Nelson S M. Bird and butterfly communities associated with two types of urban riparian areas [J]. Urban Ecosystems, 2001,5:95-108.
- [16]Gaston K J,Smith R M,Thompson K,et al. Urban domestic gardens (II): Experimental tests of methods for increasing biodiversity[J]. Biodiversity & Conservation,2005,14(2):395-413.
- [17]Dylewski Ł, Maćkowiak Ł, Banaszak - Cibicka W. Linking pollinators and city flora: How vegetation composition and environmental features shapes pollinators composition in urban environment [J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2020, 56:126795.
- [18]Bergerot B,Fontaine B,de Renard M,et al. Preferences for exotic flowers do not promote urban life in butterflies[J]. Landscape and Urban Planning,2010,96(2):98-107.
- [19]Wijesinghe E, Minor E S, Karunarathne I, et al. Relative attractiveness of ruderals and ornamental plants to flower - visiting insects in a tropical anthropogenic landscape[J]. Urban Forestry & Urban Greening,2020,51:126657.
- [20]Majewska A A, Altizer S. Planting gardens to support insect pollinators[J]. Conservation Biology,2020,34(1):15-25.
- [21]Sankaranar R V,Mathew G,Naduvil N,et al. Butterfly gardens and butterfly populations: Do host and nectar plant strategies drive butterfly status[J]. Research Journal of Environmental Sciences, 2018,12(1):21-32.
- [22]Hurwitz J. Butterfly gardening [M]. New Jersey: Princeton University Press,2018.
- [23]Ajilvsgi G. Butterfly gardening for Texas[M]. Texas:Texas A & M University Press.
- [24]廖怀建,杜 婷,刘微芬,等. 一种珍稀蝴蝶大帛斑蝶 *Idea leuconoe* (Erichson) 的人工饲养方法[J]. 应用昆虫学报,2016, 53(3):668-675.
- [25]Radhakrishnan M,Kenzhegulova I,Eloffy M G,et al. Development of context specific sustainability criteria for selection of plant species for green urban infrastructure: The case of Singapore[J]. Sustainable Production and Consumption,2019,20:316-325.
- [26]魏兰君,唐楚飞,李凡凡,等. 亚热带-温带地区蝴蝶生态馆的营建方法与展望[J]. 江苏农业科学,2020,48(22):242-247.
- [27]徐成东,董晓东,陆树刚. 红河流域的外来入侵植物[J]. 生态学杂志,2006,25(2):194-200.