

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2021.11.003

利用色盆法对贵州生态茶园传粉昆虫的比较研究

胡 阳¹, 耿 坤², 刘 霞³,
张 玉⁴, 胡吉峰⁵, 吴 琼⁶, 谈孝凤⁶

1. 贵州省农业科学院 植物保护研究所, 贵阳 550006; 2. 贵州省贵阳市植保植检站, 贵阳 550081;
3. 贵州省湄潭县植保植检站, 贵州 湄潭 564100; 4. 贵州省龙里县种植业发展中心, 贵州 龙里 551200;
5. 贵州省贵阳市花溪区植保站, 贵阳 550025; 6. 贵州省植保植检站, 贵阳 550001

摘要: 传粉昆虫的极速衰退问题日益引起关注, 为了解贵州生态茶园生境中活动的传粉昆虫基本情况, 采用白、黄、蓝 3 种颜色色盆于 2019 年 5—10 月对贵州都匀毛尖(龙里茶园)和湄潭翠芽(湄潭茶园)2 种茶叶核心产区的生态茶园开展了传粉昆虫调查。结果表明: 在龙里茶园发现 58 科、119 种传粉昆虫, 湄潭茶园发现 41 科、76 种传粉昆虫。在龙里茶园中, 白盆诱集到的物种丰富度显著高于黄盆和蓝盆的, 诱集个体数量以蓝盆的较高但与白盆和黄盆差异无统计学意义。在湄潭茶园中, 白盆和黄盆诱集到的物种丰富度高于蓝盆的, 但差异无统计学意义, 而白盆和黄盆诱集的个体数量显著高于蓝盆的。在 2 个茶园中诱集到的传粉昆虫均以膜翅目为主, 但是在龙里茶园诱集到了较多的鞘翅目昆虫种类, 而在湄潭茶园诱集到了数量很多的姬小蜂和广腹细蜂。总体而言, 在贵州山地生态茶园中活动着种类和数量均较多的传粉昆虫, 说明了贵州生态茶园较好的生态环境, 同时也说明了生态茶园与其周边环境的传粉昆虫存在着良好的互动关系, 显示了生态茶园也是传粉昆虫重要的栖息环境。这些结果也为今后贵州建设生态茶园提供了有益的依据。

关键词: 色盆法; 茶园; 传粉昆虫; 多样性; 贵州

中图分类号: S571.1; Q969.9

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2021)11-0018-08

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



A Comparative Study of Insect Pollinators in Ecological Tea Plantations in Guizhou Based on Colored Pan Traps

HU Yang¹, GENG Kun², LIU Xia³, ZHANG Yu⁴,
HU Jifeng⁵, WU Qiong⁶, TAN Xiaofeng⁶

1. Institute of Plant Protection, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, China;
2. Guiyang Plant Protection and Inspection Station, Guiyang 550081, China;
3. Meitan Plant Protection and Inspection Station, Meitan Guizhou 564100, China;
4. Longli Developmental Center for Farming, Longli Guizhou 551200, China;
5. Guizhou Guiyang Huaxi Plant Protection Station, Guiyang 550025, China;
6. Guizhou Provincial Plant Protection and Inspection Station, Guiyang 550001, China

收稿日期: 2021-04-29

基金项目: 贵州省科技支撑计划项目([2018]2359)。

作者简介: 胡 阳, 博士, 研究员, 主要从事害虫绿色防控研究。

通信作者: 谈孝凤, 农业推广研究员。

Abstract: Currently, the rapid depression of insect pollinators is catching more and more attention. In order to understand the current situation of pollinator insects in ecological tea plantations of Guizhou province, an investigation was conducted in two important tea-producing areas (Longli and Meitan) of Guizhou from May to October in 2019 via the white, yellow and blue pan traps. In the Longli tea plantation, 119 species of pollinator insects belonging to 58 families were recorded; in the Meitan tea plantation, 76 pollinator insect species belonging to 41 families were identified. In the Longli tea plantation, species richness of pollinator insects trapped in white pans was significantly greater than that in yellow and blue pans. The number of species trapped in blue pan was higher than that trapped in yellow and blue pans, but there was no significant difference detected between white pan and yellow pan. In the Meitan tea plantation, species richness of pollinator insects trapped in white and yellow pans was not-significantly higher than that trapped in blue pan, while individuals trapped in white or yellow pan were significantly more than those trapped in blue pan. Most pollinators trapped in both tea plantations were Hymenoptera. Relatively numerous Coleoptera insects were collected in the Longli tea plantation, while a great number of individuals of Eulophids and Platygasterids were collected in the Meitan tea plantation. In generally, there were many species and great numbers of pollinators harbored in the tea plantations in Guizhou mountainous area, which indicates that the ecological environment of Guizhou ecological tea plantations is good. The results also showed that a strong interaction of pollinators between the tea plantation and its surrounding habitats and suggested the tea plantation could be an important habitat for pollinators. The above results also provide useful evidences for constructing the tea plantations in landscape scale in Guizhou and similar areas.

Key words: colored pan trap; tea plantation; insect pollinator; biodiversity; Guizhou

农田生态系统生活着种类繁多且数量巨大的各种节肢动物, 这些节肢动物提供的生态系统服务(如生物控制、授粉等)是农业可持续发展的重要条件, 为人类带来巨大的经济利益^[1-3]. 集约化经营的农业生产方式为保障粮食生产和供给发挥了巨大作用, 却导致农田生态系统生物多样性的下降和生态系统服务功能的减退, 也是传粉昆虫及传粉服务功能急剧下降的主要原因之一^[4-5]. 昆虫传粉是生态系统中传粉服务功能最重要的媒介形式, 也是形成和制约生态系统发挥服务功能的关键因素, 传粉昆虫的种类多少和传粉质量对依赖动物传粉的作物产量和质量至关重要, 传粉昆虫也为农业生态系统和自然生态系统的健康状况提供预警和反馈^[6-9].

贵州省正在大力发展茶叶产业, 目前全省的茶园面积已达 46.67 万 hm^2 , 贵州省茶叶产业将生态、有机、干净茶作为基本出发点和追求目标. 贵州处于我国生物多样性较为丰富的西南地区, 山区地貌是贵州地貌的基本属性, 因此贵州的大部分茶园表现为林中有茶、茶中有林的镶嵌林窗式茶园分布格局, 茶园周边的自然、半自然植被在春、夏、秋 3 季基本上都有不同的植物次序开花, 因此生活在这些自然、半自然林地的传粉昆虫种类较为丰富. 同时, 由于林地和茶园的镶嵌林窗式分布格局, 使得茶园成为许多传粉昆虫的重要生境, 然而, 在贵州开展茶园传粉昆虫的调查和研究报道相对缺乏. 因此本研究在贵州 2 个重要茶叶产区(都匀毛尖和湄潭翠芽)的核心地带, 利用节肢动物研究常用的色盆法, 对多年未使用化学农药的生态茶园开展了茶园传粉昆虫多样性调查和研究, 以期初步了解贵州茶园生境传粉昆虫多样性基本情况, 为贵州大力打造干净茶和生态茶提供一定的数据支撑; 同时, 通过比较白、黄、蓝 3 种色盆对茶园传粉昆虫的诱集效果, 为今后开展茶园传粉昆虫的研究选择合适的方法提供依据.

1 材料与方法

1.1 调查地点概况

本次调查的 2 个生态茶园分别属于都匀毛尖(黔南州龙里县)和湄潭翠芽(遵义地区湄潭县)的主产区. 龙里茶园位于东经 $107^{\circ}2'8''$, 北纬 $26^{\circ}13'29''$, 海拔 1 277 m; 湄潭茶园位于东经 $107^{\circ}32'19''$, 北纬 $27^{\circ}39'48''$, 海拔约 886 m. 2 个茶园均位于山区, 与其周围的树林构成了镶嵌分布的林窗式生态茶园. 总体而言, 龙里茶园周边的自然、半自然生境面积明显多于湄潭茶园, 且龙里茶园地貌多样性优于湄潭茶园.

1.2 调查方法

调查采用色盆诱集法、又称彩盆法或挂盆陷阱法^[10], 色盆为市售一次性圆形透明塑料快餐盒用自喷漆自制而成. 色盆上口内径 13 cm, 下口内径 8.5 cm, 高 8 cm, 自喷漆颜色分为珍珠白(pearl white)、美术黄(canary yellow)、天蓝(sky blue)3 种颜色, 将塑料盒的内外均匀喷好漆后晾干备用. 使用时盆内加入 400 mL 水、1.2 g 苯甲酸钠防腐剂及 1 滴液体清洁剂, 色盆放置在茶蓬冠层上, 并保持色盆上口与冠层上部齐平. 在一条茶蓬上 3 种颜色的色盆各放一个, 色盆间距在 3 m 左右. 试验设 3 次重复, 即 3 条茶蓬, 重复间相隔 5 条茶蓬.

色盆在茶园中放置 7 d 后收回, 调查频率为每月 1 次, 从 5 月至 10 月共调查 6 次.

1.3 数据处理与分析

本文所述的传粉昆虫包括: 膜翅目、双翅目(食虫虻总科、食蚜蝇总科和蝇总科)、鞘翅目、半翅目(显角亚目)、缨翅目、鳞翅目昆虫^[11-13].

所收集标本均带回实验室进行分类鉴定和统计分析. 数据整理在 Excel 上进行, 物种丰富度、群落多样性(Shannon-Wiener index)香农指数、均匀度指数和群落相异系数均在 DPS 18.10 软件上进行统计分析.

Shannon-Wiener 多样性指数(H'):

$$H' = - \sum_i^s P_i \ln P_i$$

Pielou 均匀度指数(E), 基于 Shannon-Wiener 多样性指数计算, 其中 $H_{\max} = \ln S$.

$$E = \frac{H'}{H_{\max}}$$

群落相异系数即 Jaccard 指数(C_j):

$$C_j = \frac{j}{a + b - j}$$

式中, P_i 为第 i 个物种个体数量占群落中总个体数量的比例, N_i 为第 i 个物种的数量, N 为群落个体总数; \ln 为以 2 为底的对数计算, S 为群落的物种总数; a, b 为两群落各自的物种丰富度, j 为两群落共有物种丰富度. 根据 Jaccard 指数的原理, 当 C_j 为 0~0.25 时, 两群落为极不相似, C_j 在 0.25~0.50 时, 为中等不相似, C_j 为 0.50~0.75 时, 为中等相似, C_j 在 0.75~1.00 时为极相似.

2 结果与分析

2.1 龙里、湄潭两地茶园传粉昆虫情况

总体而言, 龙里茶园诱集到的物种丰富度和个体数量均高于湄潭茶园. 在龙里茶园共采集到 2 225 头传粉昆虫, 分别属于 58 科、119 种. 其中白盆诱集到的传粉昆虫物种丰富度和香农指数均为最高, 分别是 73 种和 2.68; 蓝盆诱集的物种丰富度最低, 仅为 47 种, 而数量最高, 为 854 头, 相对而言, 其香农指数和均匀度均为最低. 在湄潭茶园采集到 1 658 头传粉昆虫, 分别属于 41 科、76 种. 其中白盆和黄盆诱集到的物种丰富度和个体数量基本一样, 白盆和黄盆物种丰富度分别为 44 种和 45 种, 个体数量分别为 710 头和 767 头; 蓝盆只诱集到 35 种, 个体数量也明显低于白盆和黄盆, 诱集数量仅为 181 头, 但是蓝盆的香农指数和均匀度指数均高于白盆和黄盆(表 1).

表 1 龙里、湄潭 3 种色盆传粉昆虫群落特征

地点		物种丰富度	个体数量/头	香农指数	均匀度指数
龙里	白盆	73	717	2.68	0.611 4
	黄盆	54	654	1.79	0.445 7
	蓝盆	47	854	1.78	0.443 7
湄潭	白盆	44	710	2	0.524 8
	黄盆	45	767	1.69	0.4425
	蓝盆	35	181	2.33	0.646 1

2.2 3 种色盆诱集的传粉昆虫物种丰富度比较

试验分析了龙里和湄潭每个色盆每次取样时诱集到的传粉昆虫物种丰富度. 结果看出, 龙里茶园白盆诱集到的物种丰富度高于黄盆和蓝盆, 且差异有统计学意义($p=0.0096$), 白盆平均每次诱集到接近 10 种传粉昆虫, 黄盆和蓝盆诱集到的物种丰富度几乎一样; 而湄潭茶园白盆和黄盆诱集到的物种丰富度相似, 蓝盆每次诱集到的物种丰富度仅为 3 种, 但是 3 种色盆之间的物种丰富度差异无统计学意义($p=0.0564$)(图 1).

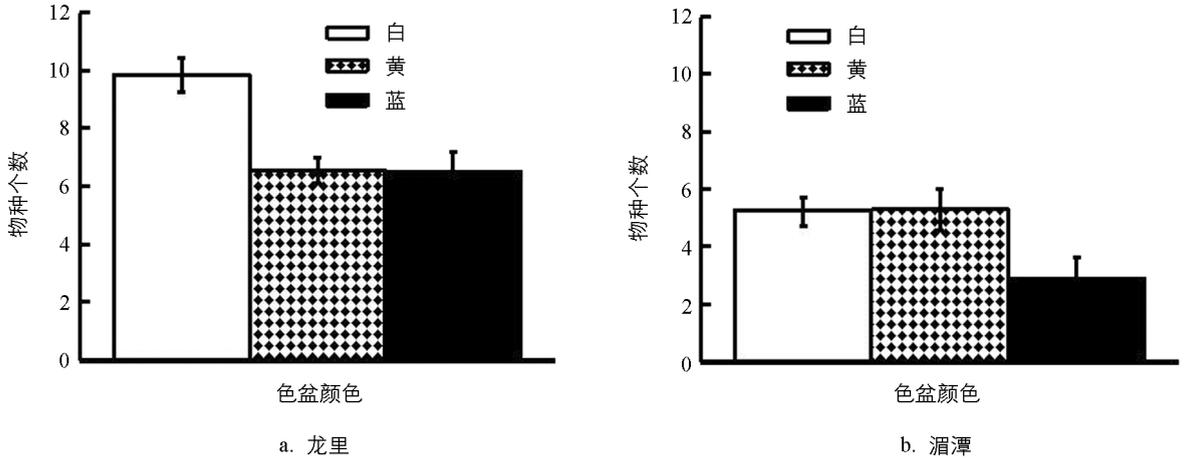


图 1 3 种色盆诱集的传粉昆虫物种丰富度

2.3 3 种色盆诱集的传粉昆虫个体数量比较

试验统计了 3 种色盆在龙里和湄潭茶园每次取样时的诱集数量, 结果可以看出, 龙里茶园的 3 种色盆诱集数量差异无统计学意义($p=0.5494$), 而湄潭茶园的蓝盆诱集数量低于白盆和黄盆的, 且差异有统计学意义($p=0.0227$)(图 2), 主要原因是白盆诱集到了数量很高的姬小蜂, 黄盆诱集到了数量很高的广腹细蜂, 而蓝盆以上 2 种蜂均很少.

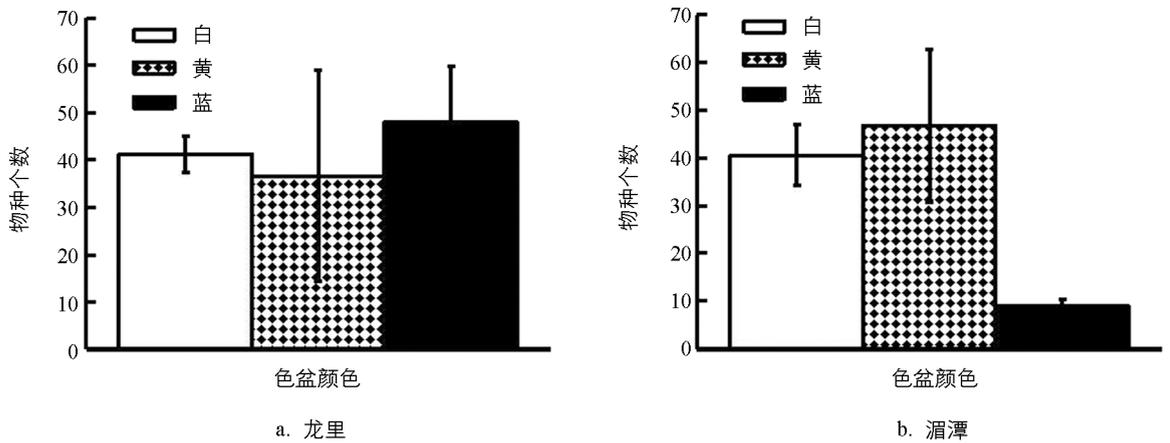


图 2 3 种色盆在两地茶场采集到传粉昆虫个体数量

2.4 3 种色盆诱集的物种相异性比较

试验结果看出, 3 种色盆诱集到的种类均属于中等不相似的范围之内, 说明了在 2 个茶园 3 种色盆诱集到的种类差异较大. 在龙里茶园, 黄盆与蓝盆的诱集种类区别最大, 相异性系数为 0.2614, 基本上接近极不相似范围(0.25); 而湄潭茶园白盆与黄盆的诱集种类区别最大, 相异性系数仅为 0.2639, 也基本上接近极不相似范围. 说明在不同地点不同色盆诱集到的种类差别较大(表 2).

表 2 龙里、湄潭 3 种色盆诱集到的传粉昆虫种类相异性比较

龙里	白盆	黄盆	蓝盆
白盆	1	0.3077	0.3636
黄盆	0.3077	1	0.2614
蓝盆	0.3636	0.2614	1
湄潭	白盆	黄盆	蓝盆
白盆	1	0.2639	0.4138
黄盆	0.2639	1	0.4068
蓝盆	0.4138	0.4068	1

2.5 龙里茶园不同目物种丰富度及其数量比较

试验结果看出,龙里茶园中 3 种色盆诱集到的传粉昆虫均以膜翅目昆虫多样性最高,白、黄、蓝盆诱集到的膜翅目昆虫物种丰富度分别为 27 种、33 种和 24 种,分别占其总物种丰富度的 36.99%,61.11%和 51.06%;而诱集到的个体数量比例相对较低,其中白、黄、蓝盆诱集数量占总诱集数量的百分比分别为 15.76%,18.56%,10.89%。鞘翅目昆虫的物种丰富度在龙里茶园为次高类群,其中白盆诱集到了 22 种,远远高于黄盆的 12 种和蓝盆的 6 种;同时,鞘翅目昆虫诱集数量的差异也较为明显,主要原因是在 8 月时,白盆和蓝盆的无斑弧丽金龟诱集数量分别为 40.3 头/盆和 35.3 头/盆,而黄盆没有诱集到。双翅目昆虫的物种丰富度诱集情况与鞘翅目较为相似,也表现为白盆和蓝盆诱集到的物种丰富度高于黄盆,但是数量差异没有鞘翅目明显。缨翅目昆虫数量是龙里茶园的物种优势类群,白、黄、蓝盆的诱集数量分别为总诱集数的 36.54%,67.58%,61.48%。主要种类为茶园常见的害虫茶棍蓟马和茶黄蓟马,2 种蓟马的发生期均以 5 月为主,6—10 月取样时,每盆诱集到的数量基本低于 10 头(表 3)。

表 3 龙里茶园 3 种色盆诱集传粉昆虫物种丰富度及其数量 (2019 年)

目名	参数	白 色		黄 色		蓝 色	
		物种	个体	物种	个体	物种	个体
膜翅目	数量/个	27	113	33	122	24	93
	百分占比/%	36.99	15.76	61.11	18.65	51.06	10.89
双翅目	数量/个	16	73	4	45	10	35
	百分占比/%	21.92	10.18	7.41	6.88	21.28	4.10
鞘翅目	数量/个	22	251	12	26	6	184
	百分占比/%	30.14	35.01	22.22	3.98	12.77	21.55
半翅目	数量/个	2	2	1	2	2	3
	百分占比/%	2.74	0.28	1.85	0.31	4.26	0.35
缨翅目	数量/个	2	262	2	442	2	525
	百分占比/%	2.74	36.54	3.70	67.58	4.26	61.48
鳞翅目	数量/个	4	16	2	17	3	14
	百分占比/%	5.48	2.23	3.70	2.60	6.38	1.64
	总计/个	73	717	54	654	47	854
	百分比/%	100	100	100	100	100	100

2.6 湄潭茶园不同目物种丰富度及其数量比较

试验结果看出,湄潭茶园中 3 种色盆诱集到的传粉昆虫也以膜翅目昆虫类群为主,白、黄、蓝盆诱集到的膜翅目昆虫物种丰富度分别为 26 种、32 种和 24 种,分别占总诱集物种丰富度的 59.09%,71.11%和

68.57%；其中白盆和黄盆诱集数量的百分比也较高，分别为总诱集数量的 49.44% 和 61.54%，而蓝盆为 24.73%；白盆诱集数量较高的物种为姬小蜂，黄盆诱集数量较多的为广腹细蜂，蓝盆则没有诱集到数量明显较多的类群。物种多样性的次高类群为双翅目，白、黄、蓝盆诱集到的物种丰富度分别为 7, 5, 4 种，诱集到的个体数量均较少。湄潭茶园中的鞘翅目昆虫物种丰富度和个体数量均较低。缨翅目昆虫数量也是湄潭是茶园的优势类群，白、黄、蓝盆的诱集数量分别为总诱集数量的 43.52%、32.72% 和 63.19%。湄潭茶园诱集到的主要种类为茶园常见的茶棍蓟马和茶黄蓟马，数量发生高峰期在 10 月(表 4)。

总体而言，2 个茶园物种多样性最多的类群均为膜翅目昆虫，龙里茶园的物种多样性要高于湄潭茶园，主要原因是龙里茶园诱集到的鞘翅目昆虫物种丰富度和个体数量均高于湄潭茶园。

表 4 湄潭茶园 3 种色盆诱集传粉昆虫物种及其数量(2019 年)

目名	参数	白 色		黄 色		蓝 色	
		物种	个体	物种	个体	物种	个体
膜翅目	数量/个	26	351	32	472	24	45
	百分比/%	59.09	49.44	71.11	61.54	68.57	24.73
双翅目	数量/个	7	29	5	38	4	15
	百分比/%	15.91	4.08	11.11	4.95	11.43	8.24
鞘翅目	数量/个	6	18	4	4	3	6
	百分比/%	13.64	2.54	8.89	0.52	8.57	3.30
半翅目	数量/个	1	2	1	1	0	0
	百分比/%	2.27	0.28	2.22	0.13	0.00	0.00
缨翅目	数量/个	3	309	2	251	3	115
	百分比/%	6.82	43.52	4.44	32.72	8.57	63.19
鳞翅目	数量/个	1	1	1	1	1	1
	百分比/%	2.27	0.14	2.22	0.13	2.86	0.55
总计	数量/个	44	710	45	767	35	182
	百分比/%	100	100	100	100	100	100

3 结 论

本研究调查的 2 个生态茶园传粉昆虫群落总体特征为物种丰富度较高，且群落均匀度较好，在龙里茶园共诱集到 119 种传粉昆虫，共 2 225 头。在湄潭茶园共诱集到 76 种，共 1 658 头，其中 881 头为膜翅目昆虫，超过了整个群落个体数量的一半。其中白盆在湄潭茶园中诱集到了数量较大的姬小蜂(226 头)，黄盆诱集到了 403 头广腹细蜂，由于这 2 类昆虫不取食茶树，而且在调查中也未在这茶园中发现其潜在寄主大发生的迹象，因此推断茶园周边的生境中有其寄主大量发生，且这些寄主有较高的寄生率。较高的物种丰富度和较为均匀的数量不仅说明了这 2 个生态茶园均有较为合理的群落结构，也说明了林窗式茶园与其周边自然、半自然生境有着较为频繁的物种交流和互动。

相对于湄潭茶园，龙里茶园诱集到较多的鞘翅目物种和个体数量。尤其是白盆和蓝盆诱集到数量较大的丽金龟科无斑弧丽金龟，说明这 2 种颜色对无斑弧丽金龟有较好的诱集作用，今后在针对弧丽金龟的绿色防控工作中可开展相关研究工作。无斑弧丽金龟是优质阔叶用材和高效生物防火树种木荷的主要传粉昆虫，其携粉量甚至高于中华蜜蜂^[14]，但目前我们只关注到了无斑弧丽金龟的负作用^[15-16]。在茶园生境中，尽管无斑弧丽金龟也可能取食茶叶，但是在茶叶生产中未见造成经济损失的相关报道，考虑到无斑弧丽金龟的传粉功能，在制定防控措施的时候也应加以考虑。在茶园生境中诱集到大量的无斑弧丽金龟也说明了茶园生境与其周边生境有着强度较高的种群数量流动。

鳞翅目是一类十分重要的传粉昆虫, Ollerton^[17] 估计鳞翅目昆虫占有所有传粉者物种种数的 40%, 而本研究获得的鳞翅目类群无论物种多样性和个体数量均很少, 与鳞翅目种类是重要传粉昆虫的统计结果不太一致, 我们认为导致这种差异的主要原因可能是色盆法对鳞翅目昆虫诱集效果较差. 盘诱法对蜂类而言是最为通用、适合的方法, 此方法不仅采样效率高, 而且不受采集者的经验影响^[18-19], 段美春等^[10] 的研究也证明了色盆法对蜂类研究好于扫网法、目测法、地陷法. 今后的类似研究工作可以考虑采用马氏网法和扫网法, 这 2 种方法均简单且高效, 可获得更加全面的传粉昆虫多样性研究结果.

3 种色盆诱集到的传粉昆虫物种构成相异性较大, 而且在龙里和湄潭 2 个地方导致相异性较大的具体类群均有所不同, 在龙里茶园是鞘翅目类群的差异较大, 而在湄潭茶园是膜翅目类群的差异较大. 因此在今后的研究中可以根据研究重点而使用不同颜色的色盆, 例如, 如果重点考虑膜翅目昆虫, 则采用黄色色盆, 如果重点考虑鞘翅目可以考虑白色或者蓝色色盆.

4 讨 论

茶树种植的目的不是收获其开花后的果实, 从而导致我们对茶园生境中活动的传粉昆虫调查和研究很少, 在多山地貌的贵州, 茶园基本上建在山坡地, 因而茶园与其周边的自然、半自然生境呈现出镶嵌式分布格局, 茶园必然是其周边各种生境的重要组成部分, 因此可以预见贵州茶园与其周边的各种生境存在着较为频繁的传粉昆虫交流和互动. 正如李良涛等^[20] 指出, 农田与半自然生境的互补是促使传粉昆虫在破碎化景观中得以续存的一种机制; 同时, 农业景观中自然、半自然生境的存在能有效提高传粉昆虫的多样性与丰富度, 从而提升作物的产量, 有研究证明了生境复杂度更高的生境比生境简单的地区有更高的传粉昆虫多样性、丰富度和均匀度, 也指出自然、半自然生境的存在能更好地维持传粉者的多样性和群落数量的稳定性^[21-22]. 因此, 在贵州进行茶园园区规划和建设时也应该考虑如何有效利用当地自然、半自然生境中提供的各种生态服务功能, 包括生产、环境保护、野生动植物保护和景观美学功能.

传粉者物种丰富度和数量的多寡直接反映出该生态系统的健康程度, 本次调查的龙里茶园采集到 58 科、119 种传粉昆虫, 而湄潭茶园仅采集到 41 科、76 种. 本研究认为两地茶园物种多样性的差异反应出两地茶园周边生态系统的不同, 例如龙里茶区的自然森林面积高于湄潭茶区, 山地相对垂直差异大于湄潭茶区, 村庄密度小于湄潭茶区, 但是当地目前的茶园传粉昆虫数据很难将这两者的定量关系直接关联, 传粉昆虫在贵州山区茶园与其周边茶园镶嵌式分布的自然、半自然生境的互动机制和互动强度值得进一步深入开展量化研究. 就目前来说, 开展茶区传粉昆虫长期监测较为合适, 开展传粉昆虫长期系统地监测不仅能对整个茶园所处的地区生态系统进行有效监测和预警^[23], 也能为今后开展量化研究和茶园生态工程规划建设提供必要基础信息. 近年来, 建设农田生态系统的生态工程研究引起了越来越多的关注^[24-27]. 同时, 如果把生态茶园建设视为生态保护计划的一个组成部分, 可有效促进经济效益、社会效益和生态效益的相互协调发展.

致谢: 感谢温迪岚女士在标本采集和室内鉴定中付出的大量劳动和时间, 也感谢中国水稻研究所的何佳春先生在标本鉴定中给与的无私帮助. 湄潭翠芽核心产区的周志利先生和黔南都匀毛尖核心产区的陈明先先生在研究工作中给与了极大的支持和便利, 在此表示衷心的感谢.

参考文献:

- [1] 谢正华, 徐环李, 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.
- [2] ALTIERI M A. The Ecological Role of Biodiversity in Agroecosystems [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 1999, 74(1-3): 19-31.
- [3] 尤民生, 刘雨芳, 侯有明. 农田生物多样性与害虫综合治理 [J]. 生态学报, 2004, 24(1): 117-122.
- [4] POTTS S G, IMPERATRIZ-FONSECA V, NGO H T, et al. Safeguarding Pollinators and Their Values to Human Well-being [J]. Nature, 2016, 540(7632): 220-229.
- [5] PIMENTEL D, STACHOW U, TAKACS D A, et al. Conserving Biological Diversity in Agricultural/Forestry Systems Most Biological Diversity Exists in Human-Managed Ecosystems [J]. BioScience, 1992, 42(5): 354-362.
- [6] BROSI B J, ARMSWORTH P R, DAILY G C. Optimal Design of Agricultural Landscapes for Pollination Services [J].

- Conservation Letters, 2008, 1(1): 27-36.
- [7] MACE G M, NORRIS K, FITTER A H. Biodiversity and Ecosystem Services: a Multilayered Relationship [J]. Trends in Ecology & Evolution, 2012, 27(1): 19-26.
- [8] WOOD S A, KARP D S, DECLERCK F, et al. Functional Traits in Agriculture: Agrobiodiversity and Ecosystem Services [J]. Trends in Ecology & Evolution, 2015, 30(9): 531-539.
- [9] 童泽宇, 徐环李, 黄双全. 探讨监测传粉者的方法 [J]. 生物多样性, 2018, 26(5): 433-444.
- [10] 段美春, 覃如霞, 张宏斌, 等. 农田节肢动物不同取样方法的综合比较 [J]. 生物多样性, 2021, 29(4): 477-487.
- [11] 冯玉波, 鲁 挺. 传粉昆虫 [M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1992.
- [12] WARDHAUGH C W. How many Species of Arthropods Visit Flowers? [J]. Arthropod-Plant Interactions, 2015, 9(6): 547-565.
- [13] 武鹏峰, 郑 国. 双翅目昆虫传粉研究进展 [J]. 昆虫学报, 2019, 62(4): 516-526.
- [14] 杨汉波, 张 蕊, 宋 平, 等. 木荷主要传粉昆虫的传粉行为 [J]. 生态学杂志, 2017, 36(5): 1322-1329.
- [15] 胡 森, 王锡宏, 於 虹. 蓝莓园金龟子类害虫种类调查与综合防治建议 [J]. 中国果树, 2015(1): 77-79.
- [16] 湛金吾, 张鼎州, 黄胜先, 等. 黔东南有机兔眼蓝莓园金龟子类及综合防控 [J]. 耕作与栽培, 2016(2): 44-47, 43.
- [17] OLLERTON J. Pollinator Diversity: Distribution, Ecological Function, and Conservation [J]. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 2017, 48(1): 353-376.
- [18] WESTPHAL C, BOMMARCO R, CARRÉ G, et al. Measuring Bee Diversity in Different European Habitats and Biogeographical Regions [J]. Ecological Monographs, 2008, 78(4): 653-671.
- [19] 刘向东. 田间昆虫的取样调查技术 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(3): 863-867.
- [20] 李良涛, 王浩源, 宇振荣. 农田边界植物多样性与生态服务功能研究进展 [J]. 中国农学通报, 2018, 34(19): 26-32.
- [21] WINFREE R, WILLIAMS N M, GAINES H, et al. Wild Bee Pollinators Provide the Majority of Crop Visitation across Land-Use Gradients in New Jersey and Pennsylvania, USA [J]. Journal of Applied Ecology, 2008, 45(3): 793-802.
- [22] 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(7): 2376-2385.
- [23] 施雨含, 任宗昕, 赵延会, 等. 气候变化对植物 - 传粉昆虫的分布区和物候及其互作关系的影响 [J]. 生物多样性, 2021, 29(4): 495-506.
- [24] 陈学新, 刘银泉, 任顺祥, 等. 害虫天敌的植物支持系统 [J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(1): 1-12.
- [25] NICHOLLS C I, ALTIERI M A. Agroecological Bases of Ecological Engineering for Pest Management [M]//Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods. Wallingford: CABI, 2003: 33-54.
- [26] ZHU P Y, ZHENG X S, ZHANG F C, et al. Quantifying the Respective and Additive Effects of Nectar Plant Crop Borders and Withholding Insecticides on Biological Control of Pests in Subtropical Rice [J]. Journal of Pest Science, 2018, 91(2): 575-584.
- [27] ZHU P Y, WANG G W, ZHENG X S, et al. Selective Enhancement of Parasitoids of Rice Lepidoptera Pests by Sesame (Sesamum Indicum) Flowers [J]. Bio Control, 2015, 60(2): 157-167.