



邹言, 刘佳文, 李立坤, 曾路影, 陈法军. 北京市珍珠泉乡不同昆虫采集方法采集效果对比分析 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (3): 758–767.

北京市珍珠泉乡不同昆虫采集方法采集效果对比分析

邹言, 刘佳文, 李立坤, 曾路影, 陈法军*

(南京农业大学植物保护学院昆虫学系, 南京 210095)

摘要: 为了探究科研调查中不同昆虫采集方法的采集效率差异, 在北京珍珠泉乡不同的生境类型中, 采用样线法、马氏网法、灯诱法、陷阱法 (糖醋液) 4 种采集方法进行昆虫采集, 按生境类型对不同采集方法采集的昆虫进行统计分析。在实验中共采集昆虫 3 996 头, 隶属 12 目 87 科, 其中在昆虫种类数量上, 鳞翅目最多, 其次是半翅目和鞘翅目; 在数量上, 半翅目昆虫数量最多, 依次是双翅目和鳞翅目。样线法共采集到昆虫 61 科 72 种、灯诱法共采集到 45 科 95 种、马氏网法共采集到 39 科 41 种、陷阱法共采集到 14 科 25 种。在调查中, 不同方法在不同生境采集昆虫种类数多存在显著差异 ($P < 0.05$)。不同的采集方式间除马氏网和样线法采集昆虫的种类相似度为中等不相似 ($q = 0.436$), 其他方法间均为极不相似。采用不同的采集方式可以采集到更多的昆虫种类。马氏网法是最优选的采集方式, 马氏网采集昆虫最方便, 节省人力; 样线法采集的效果最稳定; 灯诱法的采集效果好, 但是应用较为复杂; 糖醋液陷阱法采集昆虫效率对比其他三种方法, 既不能采集到大量昆虫也没有采集到特定种昆虫, 如无特别需求可以考虑减少或者放弃使用。

关键词: 样线法; 马氏网法; 灯诱法; 糖醋液; 相似性系数

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 03-0758-10

Comparison of different insect collection methods in Zhenzhuquan Town, Beijing

ZOU Yan, LIU Jia-Wen, LI Li-Kun, ZENG Lu-Ying, CHEN Fa-Jun* (Department of Entomology, College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: In order to explore the difference in collection efficiency of different insect capture methods, insects were collected using four sampling methods: The Malaise trap, the pitfall trap (mixture of sugar and acetic acid and water in the trap), the line transect and the light trap, in different habitat types in Zhenzhuquan Town, Yanqing District, Beijing. Insects collected using different collection methods in different habitat types were analyzed. The results showed that 3 996 insects were collected in the experiments, belonging to 12 orders and 87 families. Among them, Lepidoptera, Hemiptera and Coleoptera were the most diverse species in insects, and the number of Hemiptera, Diptera and Lepidoptera were the highest. The line transect collected 72 species of 61 families of insects, 95 species of 45 families by light trap, 41 species of 39 families collected by Malaise trap, and 25 species of 14 families by pitfall trap. In the experiment, there were significant differences in the number of insects collected by different methods in different habitats ($P < 0.05$). The similarity coefficient between different collection

基金项目: 生态环境部生物多样性调查与评估项目 (2019HB2096001006)

作者简介: 邹言, 男, 1996 年生, 山西忻州人, 博士研究生, 主要从事昆虫多样性研究, E-mail: 2017102055@njau.edu.cn

* 通讯作者 Author for Correspondence: 陈法军, 博士, 教授, 研究方向为昆虫生态学, E-mail: fajunchen@njau.edu.cn

收稿日期 Received: 2020-04-08; 接受日期 Accepted: 2020-11-11

methods except the Malaise trap and the line transect was low ($q = 0.436$), and the other methods were lower. It is currently believed that the Malaise trap was the most preferred method of collection in survey, because the Malaise trap was the most convenient to collect insects and saves manpower; the line transect had the most stable effect; the light trapping method had good collection effect, but the application was more complicated. Compared with the other three methods, the efficiency of pitfall trap could not collect large number of insects or collect specific insects. If no special demand, it could be considered to reduce or abandon to use in survey.

Key words: Line transect; Malaise trap; light trap; mixture of sugar and acetic acid and water; similarity coefficient

生物多样性是一个复杂的、多学科综合的和内涵丰富的概念群, 包含多个层次或水平 (张书理, 2007)。昆虫生物多样性是生物多样性的重要组成部分, 是生态学中最为基础的研究方向之一 (张茂林和王戎疆, 2011)。昆虫作为食物链较低层的重要成员, 对生态系统的物质循环、能量流动和维持生态系统稳定起着不可替代的重要作用 (Barton & Evans, 2017)。而昆虫的研究工作最基础的步骤往往起始于昆虫的采集, 尤其在区域昆虫生物多样性的调查工作中, 昆虫的采集过程可以称之为调查工作的主体部分。在昆虫的采集中, 为了反映区域昆虫多样性的真实水平, 必须量化在不同采集点的采集过程, 还需要缩短昆虫采集过程的时间, 以尽量减少时间跨度带来的调查误差。在不同的地区、采集不同种类的昆虫往往会用到不同的昆虫采集方法, 为了对不同昆虫采集方法进行对比, 本研究在北京市延庆区珍珠泉乡进行了不同昆虫采集方法的采集效果对比试验, 以期昆虫多样性研究的相关工作者提供昆虫采集方式优选的数据支持。

1 材料与方法

1.1 研究样地

实验样地选取在北京市延庆区东北部山区珍珠泉乡。珍珠泉乡辖域呈不规则四边形, 总面积 114 km^2 , 其中耕地面积 325.8 ha , 林地面积为 $13\,039.8 \text{ ha}$, 是个典型的山地多、耕地少、森林覆盖率高的山区乡。调查区域平均海拔高度约 600 m (迪力旦尔, 2019)。该区域属于大陆季风气候, 是暖温带与中温带、半干旱与半湿润的过渡地带, 冬季干冷, 夏季多雨, 春季多风, 秋季凉爽少雨 (贾丹, 2009)。

昆虫多样性与生境多样性息息相关, 昆虫栖息地的植被种类越丰富, 环境开发程度越低, 极端气候条件发生愈少, 地区的物种多样性愈高,

选取不同的生境类型以可以提升实验结果的准确性 (顾伟等, 2011)。在珍珠泉乡不同采虫方法昆虫采集效率对比实验中, 根据采集地点不同的生境特点, 共选取 4 个昆虫采集小区, 其生境特点表现为农田 (116.4278°E , 40.5606°N)、水边沟渠 (116.4323°E , 40.5624°N)、山坡林地 (116.4275°E , 40.5637°N)、人造林 (116.4206°E , 40.5560°N) (图 1)。

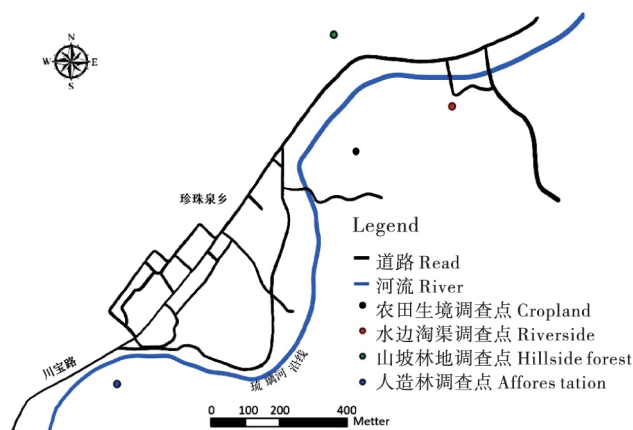


图 1 实验样点选取示意图

Fig. 1 Experimental sample selection diagram

1.2 昆虫的采集与处理

在 2018 年 8 月 10 日到 2018 年 8 月 31 日, 依据样线法、马来氏网法、陷阱法和灯诱法的使用特点, 对延庆区珍珠泉乡的昆虫采集样点进行了 3 次调查, 按照人造林、山林坡地、水边沟渠、农田 4 种不同生境类型区分采样地点。在设定的采集点, 每 7 d 作为一个采样周期, 每个周期在每种生境设置放置 2 个马氏网 (Malaise trap); 样线扫网 (line transect) $3\,000 \text{ m}$; 放置陷阱 (pitfall trap) 3 组, 每组 10 个; 每 7 d 灯诱 (light trap) 一次。获取的昆虫 (鳞翅目除外) 先存放于 75% 酒精中, 后制作成昆虫标本, 带回室内由专家鉴

定 (王明春, 2000)。

昆虫采集方法介绍:

马氏网法: 每个采集点放置标准马氏网 2 个, 一个贴地放置, 方便一些地表爬行昆虫掉入陷阱; 一个马氏网架设垂直距离地面 1 m 处 (吴琼等, 2016), 收虫时间为 7 d。样线法: 采用全长 1.7 m 长, 网口直径 28 cm, 网眼直径 2 mm, 网长 50 cm 的普通捕虫网。采集时匀速内 8 字扫网 300 m, 每次采集共进行 10 次样线扫网, 共计行进 3 000 m。陷阱法: 采用开口直径 8 cm, 深 10 cm 的聚氯乙烯塑料杯。内置 30 mL 糖醋液作为诱剂, 糖醋液配比为白糖: 醋酸: 乙醇: 水 = 3: 1: 3: 80 (李波等, 2008), 每个采集点放置 3 组共 30 个陷阱。陷阱收取时间为放置 24 h 后。灯诱法: 使用陷阱型灯诱装置, 用 125 W 黑光高压汞灯作为灯诱光源 (赵建伟等, 2008), 接通电源后悬置于距离地面 2 m 位置, 将掉入灯诱昆虫收集袋的虫体作为有效灯诱样本。灯诱持续 2 h, 灯诱时间设置为 23:00 pm ~ 1:00 am。

1.3 数据的处理

群落相似性采用 Jaccard 指数计算 (刘棋等, 2018): $q = c / (a + b - c)$ 。在式中, c 为两样地共有的物种数; a 和 b 分别为样地 A 和样地 B 的群落物种数。

采用单因素方差分析 (One-way, ANOVA) 中的最小显著性差异 (Least significant difference) 比较不同采虫方法采集昆虫种类数量差异, 显著性水平为 0.05。统计分析在 SPSS 23.0 中进行。

2 结果与分析

2.1 物种的组成及分布

在本次采集调查中, 共计采集昆虫 3 996 头, 隶属 12 目 87 科, 共计 163 种。其中鳞翅目 (52 种)、半翅目 (23 种)、鞘翅目 (31 种) 昆虫的种类最多。在珍珠泉乡昆虫数量采集最多的 5 个目分别是: 半翅目 (1 145 头)、双翅目 (979 头)、鳞翅目 (655 头)、鞘翅目 (443 头)、膜翅目 (338 头), 分别占总采集数的 28.65%、24.50%、16.39%、11.09%、8.46%。采集昆虫科数最多的 5 个目分别是半翅目 (17 科)、鳞翅目 (17 科)、鞘翅目 (16 科)、膜翅目 (12 科)、直翅目和双翅目 (7 科), 分别占总科数的 19.54%、19.54%、18.39%、13.79%、8.05%。在不同收虫方式中, 不同方法采集到的昆虫科数不同, 样线法采集到 61 科、马氏网法采集到 39 科、陷阱法采集到 14 科、灯诱法采集到 45 科。

表 1 珍珠泉乡昆虫资源采集列表
Table 1 Insect resources collection list in Zhenzhuquan Town

目 (科) Order (Family)	个体数 Individual numbers	个体比例 (%) Individual proportion	物种数 Individual of species	物种比例 (%) Species proportion	采集方法 Collection methods			
					样线法 Line transect	马氏网法 Malaise trap	陷阱法 Pitfall trap	灯诱法 Light trap
半翅目 Hemiptera	1145	28.65	23	14.11	+	+	+	+
土蝽科 Cydnidae	36	0.90	1	0.61	+			+
蚜科 Aphididae	33	0.83	2	1.23	+			
蝉科 Cicadidae	15	0.38	1	0.61		+		+
蝽科 Pentatomidae	130	3.25	3	1.84	+	+	+	+
飞虱科 Delphacidae	130	3.25	1	0.61	+			
沫蝉科 Cercopidae	45	1.13	1	0.61	+			
蜡蝉科 Fulgoridae	66	1.65	1	0.61	+	+		+
猎蝽科 Reduviidae	41	1.03	2	1.23	+	+	+	+
盲蝽科 Miridae	78	1.95	1	0.61	+	+		+
蝼蛄科 Gerridae	31	0.78	2	1.23				+

续表 1 Continued table 1

目 (科) Order (Family)	个体数 Individual numbers	个体 比例 (%) Individual proportion	物种数 Individual of species	物种 比例 (%) Species proportion	采集方法 Collection methods			
					样线法 Line transect	马氏网法 Malaise trap	陷阱法 Pitfall trap	灯诱法 Light trap
木虱科 Psyllidae	76	1. 90	1	0. 61	+	+		+
同蝽科 Acanthosomatidae	32	0. 80	1	0. 61	+	+		+
象蜡蝉科 Dictyopharidae	50	1. 25	2	1. 23	+	+		+
袖蜡蝉科 Derbidae	41	1. 03	1	0. 61		+		
叶蝉科 Cicadellidae	120	3. 00	1	0. 61	+	+		+
缘蝽科 Coreidae	127	3. 18	1	0. 61	+			
长蝽科 Lygaeidae	94	2. 35	1	0. 61	+			
蜚蠊目 Blattaria	8	0. 20	2	1. 23				+
蜚蠊科 Blattidae	1	0. 03	1	0. 61				+
地鳖科 Polyphagidae	7	0. 18	1	0. 61				+
蜉蝣目 Ephemeroptera	12	0. 30	1	0. 61	+	+		
蜉蝣科 Ephemeridae	12	0. 30	1	0. 61		+		
鳞翅目 Coleoptera	655	16. 39	52	31. 90	+	+	+	+
草螟科 Crambidae	57	1. 43	3	1. 84	+	+	+	+
尺蛾科 Geometridae	77	1. 93	4	2. 45	+		+	+
刺蛾科 Limacodidae	44	1. 10	3	1. 84			+	+
袋蛾科 Psychidae	21	0. 53	2	1. 23				+
灯蛾科 Arctiidae	76	1. 90	7	4. 29				+
毒蛾科 Lymantridae	29	0. 73	3	1. 84				+
粉蝶科 Pieridae	13	0. 33	2	1. 23	+	+		
灰蝶科 Lycaenidae	16	0. 40	2	1. 23				
蛱蝶科 Nymphalidae	6	0. 15	1	0. 61	+			
卷蛾科 Tortricidae	16	0. 40	2	1. 23				+
枯叶蛾科 Lasiocampidae	13	0. 33	3	1. 84				+
麦蛾科 Gelechiidae	12	0. 30	1	0. 61		+		+
螟蛾科 Pyralidae	47	1. 18	6	3. 68	+	+	+	+
木蠹蛾科 Cossidae	25	0. 63	2	1. 23	+			+
弄蝶科 Hesperidae	4	0. 10	1	0. 61	+			
夜蛾科 Noctuidae	117	2. 93	8	4. 91		+		+
舟蛾科 Notodontidae	82	2. 05	2	1. 23				+
脉翅目 Neuroptera	139	3. 48	6	3. 68	+	+		+
草蛉科 Chrysopidae	64	1. 60	2	1. 23	+	+		+
螳蛉科 Mantispidae	5	0. 13	1	0. 61		+		+
蚁蛉科 Myrmeleontidae	70	1. 75	3	1. 84		+		+

续表 1 Continued table 1

目 (科) Order (Family)	个体数 Individual numbers	个体 比例 (%) Individual proportion	物种数 Individual of species	物种 比例 (%) Species proportion	采集方法 Collection methods			
					样线法 Line transect	马氏网法 Malaise trap	陷阱法 Pitfall trap	灯诱法 Light trap
膜翅目 Hymenoptera	338	8.46	21	12.88	+	+	+	+
胡蜂科 Vespidae	37	0.93	2	1.23	+	+		
姬蜂科 Ichneumonidae	22	0.55	2	1.23	+	+	+	+
茧蜂科 Braconidae	21	0.53	1	0.61	+	+		+
金小蜂科 Pteromalidae	19	0.48	2	1.23		+		
蜜蜂科 Apoidea	54	1.35	4	2.45	+	+		
泥蜂科 Sphecidae	6	0.15	1	0.61	+			
青蜂科 Chrysididae	9	0.23	1	0.61	+	+		
熊蜂科 Bombidae	47	1.18	2	1.23	+			
蚜茧蜂科 Aphidiidae	38	0.95	2	1.23		+		
叶蜂科 Tenthredinidae	29	0.73	1	0.61	+	+		
蚁科 Formicidae	50	1.25	2	1.23	+	+		+
蛛蜂科 Pompilidae	6	0.15	1	0.61		+		
鞘翅目 Coleoptera	443	11.09	31	19.02	+	+	+	+
步甲科 Carabidae	46	1.15	2	1.23	+	+	+	+
龟甲科 Cassididae	19	0.48	2	1.23	+	+		
郭公虫科 Cleridae	12	0.30	1	0.61		+		
虎甲科 Cicindelidae	11	0.28	1	0.61	+			
花金龟科 Cetoniidae	14	0.35	1	0.61				+
花萤科 Cantharidae	37	0.93	2	1.23				+
吉丁甲科 Buprestidae	36	0.90	2	1.23				+
叩甲科 Elateridae	26	0.65	2	1.23	+			
丽金龟亚科 Rutelinae	32	0.80	3	1.84				+
拟步甲科 Tenebrionidae	21	0.53	1	0.61	+			
瓢甲科 Coccinellidae	49	1.23	4	2.45	+	+		
鳃金龟科 Melolonthidae	23	0.58	1	0.61				+
天牛科 Cerambycidae	17	0.43	2	1.23	+			
跳甲亚科 Alticinae	27	0.68	3	1.84	+	+		
象甲科 Curculionidae	35	0.88	1	0.61	+	+		+
叶甲科 Chrysomelidae	38	0.95	3	1.84	+	+		
蜻蜓目 Odonata	17	0.43	3	1.84	+			
虻科 Coenagrionidae	5	0.13	1	0.61	+			
蜻科 Libellulidae	7	0.18	1	0.61	+			
蜓科 Aeshnidae	5	0.13	1	0.61	+			

续表 1 Continued table 1

目 (科) Order (Family)	个体数 Individual numbers	个体 比例 (%) Individual proportion	物种数 Individual of species	物种 比例 (%) Species proportion	采集方法 Collection methods			
					样线法 Line transect	马氏网法 Malaise trap	陷阱法 Pitfall trap	灯诱法 Light trap
双翅目 Diptera	979	24. 50	13	7. 98	+	+	+	+
摇蚊科 Chironomidae	238	5. 96	1	0. 61		+		+
蜂虻科 Bombyliidae	30	0. 75	2	1. 23	+			
寄蝇科 Tachinidae	121	3. 03	1	0. 61	+	+	+	+
食虫虻科 Asilidae	42	1. 05	2	1. 23	+	+		
虻科 Tabanidae	37	0. 93	2	1. 23	+			
食蚜蝇科 Syrphidae	131	3. 28	3	1. 84	+	+		
蝇科 Muscidae	380	9. 51	2	1. 23	+	+	+	+
螳螂目 Mantodea	9	0. 23	1	0. 61	+			
螳科 Mantidae	9	0. 23	1	0. 61	+			
直翅目 Orthoptera	237	5. 93	9	5. 52	+		+	+
斑翅蝗科 Oedipodidae	31	0. 78	1	0. 61	+			
蝗科 Acrididae	33	0. 83	1	0. 61	+			
菱蝗科 Tetrigidae	36	0. 90	1	0. 61	+		+	
蝼蛄科 Gryllotalpidae	19	0. 48	1	0. 61	+		+	+
蟋蟀科 Gryllidae	24	0. 60	2	1. 23	+		+	+
螽斯科 Tettigoniidae	45	1. 13	2	1. 23	+			
锥头蝗科 Pyrgomorphidae	49	1. 23	1	0. 61	+			+
革翅目 Dermaptera	14	0. 35	1	0. 61	+		+	
蠼螋科 Labiduridae	14	0. 35	1	0. 61	+		+	

注 “+” 表示此种采集方式试验中采集到此类昆虫。Note “+” meanted that this collection method collected such insects in the experiment.

2.2 不同采集昆虫方式的采集昆虫数量

在珍珠泉乡的昆虫采集中，不同的采集方法在不同的生境类型中采集到的昆虫数量差异较大。其中灯诱法在所有类型生境中采集到的昆虫数量

均处于首位。陷阱法采集到的昆虫数量在各个生境中均最少。仅在农田中样线法采集的昆虫数量少于马氏网法（图 2）。

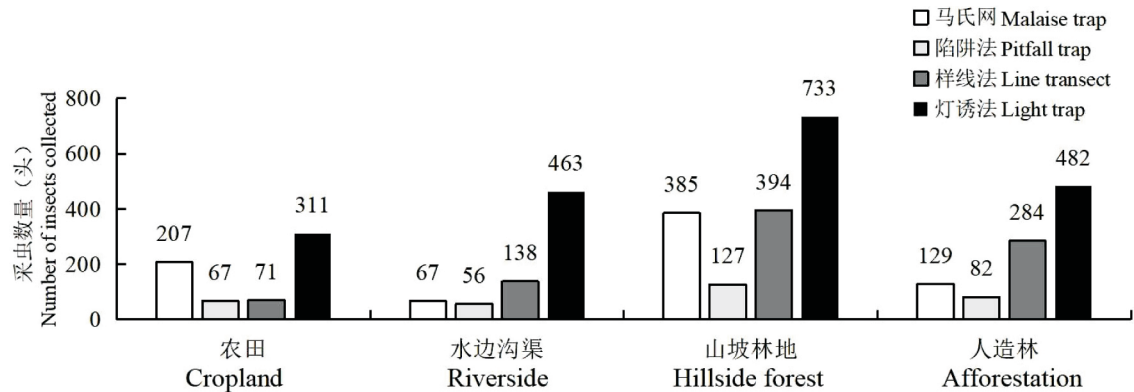


图 2 不同生境类型下不同采虫方法的采集昆虫总量

Fig. 2 Total number of insects collected by different methods in different habitats

在统计不同采虫方式的总采虫量可以发现, 灯诱法的采集昆虫数量是最高的 (1 989 头), 陷阱法的采虫数量最低 (332 头)。样线法和马氏网法的采虫数量差距较小 (图 3)。

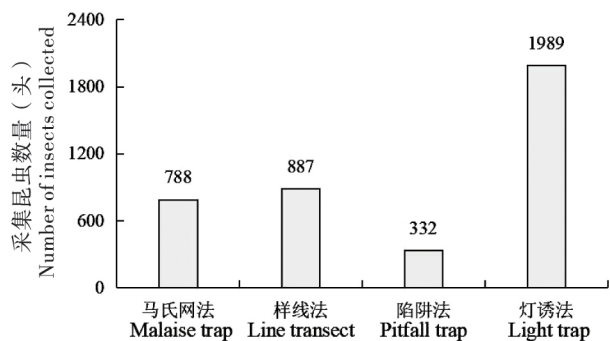


图 3 不同采集昆虫方式收虫总数量

Fig. 3 Total number of insects collected by different methods

2.3 不同采虫方式的采集昆虫种数

不同采集方式的采集昆虫种类数量统计中, 灯诱法采集的昆虫种类最高 (95 种), 陷阱法采集昆虫种类最少 (25 种), 样线法采集昆虫种类数 (71 种) 多于马氏网法 (41 种) (图 4)。

不同的采集方法对珍珠泉乡昆虫资源的调查分析表明, 该地区昆虫多样性较丰富。马氏网法在山坡林地的采集效果最佳 (31.33 种); 陷阱法在农田的采集种类数最低 (7.33 种); 样线法在各

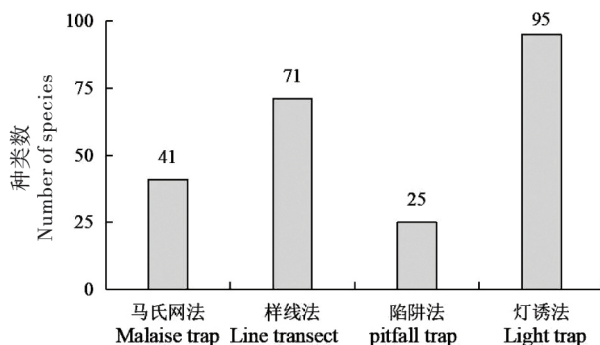


图 4 不同采集昆虫方式采集种类数量

Fig. 4 Number of species collected by different methods

种生境采集的昆虫种类数差距较小; 灯诱法的在农田 (37.67 种) 和山坡林地 (35.33 种) 的采集效果好, 采集到的昆虫种类多 (图 5)。

在对不同批次的采集实验做统计处理可以看出, 不同采集方式在不同生境采集昆虫种数多存在显著差异。马氏网法在不同生境中的采集昆虫种类数量表现为山坡林地 > 农田 > 水边沟渠 > 人造林, 其中山坡林地采集昆虫种数和其他生境存在显著差异。陷阱法在不同生境的采集昆虫种类数表现为山坡林地 > 水边沟渠 > 人造林 > 农田; 样线法则表现为山坡林地 > 人造林 > 水边沟渠 = 农田; 灯诱法的采集效果表现为农田 > 山坡林地 > 水边沟渠 > 人造林。

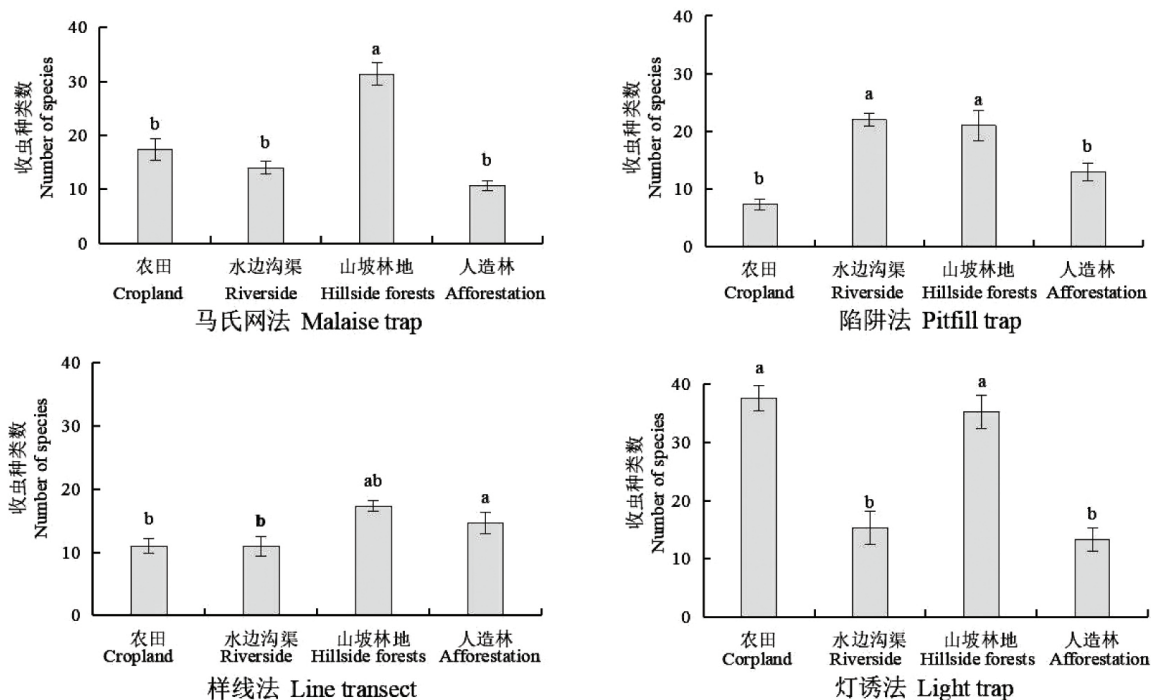


图 5 不同生境类型下不同采集昆虫方式采集种类数

Fig. 5 Number of insect species collected by different methods in different habitats

2.4 不同采集昆虫方式种类相似性系数比较

不同的采集方式采集昆虫相似性系数除马氏网法与样线法的采集昆虫相似性系数(0.436)为中等不相似外, 其他方法采集的昆虫相似性系数均小于0.25, 为极不相似(表2)。

表2 不同采集昆虫方式种类相似性系数
Table 2 Similarity coefficient of species collected by different methods

采虫方法 Method of collecting insects	灯诱法 Light trap	马氏网法 Malaise trap	样线法 Line transect
陷阱法 Pitfall trap	0.091	0.102	0.151
灯诱法 Light trap	—	0.183	0.248
马氏网法 Malaise trap	—	—	0.436

3 结论与讨论

在珍珠泉乡进行的3次采集涉及到当地较为典型的人造林、山林坡地、水边沟渠、农田等4种生境类型, 在不同的生境中采用标准化的昆虫采集方法, 对比了不同昆虫采集方法的采集效率。在采集过程中, 灯诱法的采集效率不论是采集数量还是种类均排在首位。影响灯诱诱集昆虫效率的主要可控因素在于光源。在不同光源的选择上, 黑光高压汞灯是较为优秀的选择, 在光谱诱虫效果上, 普通黄白色光的高压汞灯诱虫效果低于黑光高压汞灯(赵建伟等, 2008)。当下对于昆虫趋光性的解释有光定向行为假说、生物天线假说、光干扰假说和光胁迫假说等多个假说, 可以确定的是不同昆虫对不同的光源趋性存在差异(Callahan, *et al.*, 1965; 靖湘峰等, 2004; Spaethe & Briscoe, 2005; 桑文等, 2018)。灯诱法在农田等较为开阔场地的诱虫效率更高, 树木建筑等遮光影响会降低灯诱法的采集效率。在珍珠泉乡的采集实验中, 在山坡林地采集的昆虫种类和数量均处于较高水平, 这是因为当地林间植被种类更丰富, 昆虫种类也比农田的昆虫种类更多。因为高大乔木的遮挡, 在密林的灯诱不能对较高栖息地的昆虫起到很好的诱集效果, 如长瓣树蟋 *Oecanthus*

longicauda Matsumura、鸣鸣蝉 *Oncotympana maculaticollis* Motschulsk 等, 在采集中可以听到其鸣叫, 但采集数量极少。灯诱法是采集效率最高的采集方法, 但是对于昆虫采集工作者最大的困难在于可靠电源的获取, 在道路不方便的采集地点, 车载电源携带难度大, 蓄电池电源的使用暂时有待扩展, 针对这种现象, 本研究自主设计了野外简易灯诱装置。灯诱法是最方便高效的采集方案。

马氏网法的应用可以为昆虫采集者节省大量采集时间, 每次酒精加样可以进行1个月左右的持续收虫, 虽然马氏网收虫的过程缓慢, 但是可以作为一个对昆虫发生的较长期监测手段。马氏网在野外有丢失、损坏的风险, 采集昆虫种类较样线法和灯诱法少, 但是和其他方法收虫种类的重叠度低, 是在昆虫调查中必选且优选的一种方式。

样线法的采集效率比马氏网高, 但低于灯诱法, 样线法在昆虫调查中最基础可靠的调查方式。本研究在调查中平均行进40 m才可以采集到1头昆虫, 在一个地点的采集工作依靠少数几个人的采集带来的昆虫收获低, 不如用相同的时间架设马氏网和陷阱作一个长期的收虫措施。不可否认样线法是最可靠的采集方式。

本调查的采集过程中, 陷阱法的诱剂选用的原料是糖醋液, 在过往的研究中, 糖醋液陷阱作为种昆虫诱剂有较好的害虫吸引效果(陈又清等, 2010; 陈福等, 2018)。为了能吸引更多的地面活动昆虫, 本研究选择地面塑杯陷阱; 采集效果不能让人满意, 不论是采集昆虫的种类和数量, 陷阱法均处于最低水平。对于昆虫种类的采集, 陷阱法所能采集到的昆虫种类, 在马氏网和样线法中, 就本次调查保守地说, 有60%以上都可以采集到, 陷阱中少有新采集到的昆虫。目前对糖醋液陷阱的采集效率存在质疑, 一方面可能需要改进诱剂配比, 或者结合新型诱剂以达到更好的采集效果, 一方面可能需要设计更好的陷阱类型。

在对不同采虫方法的采集昆虫种类相似性系数比较中, 可以看出, 各类方法采集的昆虫种类相似性系数较低(陷阱法更倾向于采集种类低, 导致相似性系数低), 反映出不同方式采集的昆虫

种类存在互补。其中马氏网法和样线法采集的昆虫种类相似度相对较高,其他方法的采虫相似度更低。这说明:在一个区域想要尽可能采集到更多种类的昆虫,除了延长采集工作时间,用不同的采集方式也可以达到更好的采集效果。

在珍珠泉乡的采集调查中,共采集昆虫3 996头,隶属12目87科,其中鳞翅目、半翅目、鞘翅目昆虫的种类最多,半翅目、双翅目、鳞翅目昆虫数量最多;在不同的采集昆虫方式中,不同方法采集到的昆虫科级类群数量不同,样线法61科、马氏网39科、陷阱法14科、灯诱法45科;不同采集方式收虫种类的数量统计中,灯诱法最高(95种),陷阱法最少(25种),样线法(71种)多于马氏网法(41种)。

在调查中,不同方法在不同生境采集昆虫种类数多存在显著差异。进行相似性系数分析结果表明,不同的采集方式间除马氏网和样线法采集昆虫相似性为中等不相似,其他方法间均为极不相似。说明不同的采集方式对采集昆虫的种类有互补,可以采集到更多的昆虫种类。本调查中,马氏网法是最优选的采集方式;灯诱法的采集效果虽好(每分钟约2.5头昆虫),但是应用起来不方便;样线法作为最基础有效的昆虫采集方式,需要大量的工作时间才能达到较全面的采集效果;单纯的糖醋液陷阱采集昆虫效率,对比其他3种方法,既不能采集到大量昆虫,也没有采集到特定种类的昆虫,如无特别需求,可考虑减少或者放弃使用。采集调查仅在8月进行,未能对整个华北地区昆虫活跃的时间段进行调查,但是采集中所见到的主要昆虫类群为华北地区的常见种,能够在一定水平上反映不同采集方法在更长时间段进行采集的结果。在接下来的采集工作中,我们将扩大采集的地理和时间区域,以求能更得出更加完善的结论。

参考文献 (References)

- Barton PS, Evans MJ. Insect biodiversity meets ecosystem function: Differential effects of habitat and insects on carrion decomposition [J]. *Ecological Entomology*, 2017, 42 (3): 364–374.
- Callahan PS. Intermediate and far infrared sensing of nocturnal insects. Part I. Evidences for a far infrared (FIR) electromagnetic theory of communication and sensing in moths and its relationship to the limiting biosphere of the corn earworm [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 1965, 58 (5): 727–745.
- Chen F, Guo XC, Hu GH, et al. Investigation on insect pests and trap catches by sweet and sour liquid in Guangnan camellia oleifera orchards [J]. *Journal of West China Forestry Science*, 2018, 47 (5): 5–8. [陈福, 郭晓春, 胡光辉, 等. 广南油茶虫害调查及糖醋液诱捕试验 [J]. 西部林业科学, 2018, 47 (5): 5–8]
- Chen YQ, Li Q, Chen YL, et al. Comparison of trapping efficiency for ground-dwelling beetles by sugar-vinegar mixture and ethylene glycol [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2010, 47 (1): 129–133. [陈又清, 李巧, 陈彦林, 等. 糖醋液和乙二醇对地表甲虫的诱集效率比较 [J]. 昆虫知识, 2010, 47 (1): 129–133]
- Dilidaner D. Analysis on the spatial characteristics of landscape in Zhenzhuquan Village, Yanqing District, Beijing [J]. *Architecture & Culture*, 2019, 5: 81–83. [迪力旦尔·地里夏提. 北京市延庆区珍珠泉村景观空间特征分析 [J]. 建筑与文化, 2019, 5: 81–83]
- Gu W, Ma L, Ding XH, et al. Insect diversity of different habitat types in Zhalong Wetland, Northeast China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22 (9): 2405–2412. [顾伟, 马玲, 丁新华, 等. 扎龙湿地不同生境的昆虫多样性 [J]. 应用生态学报, 2011, 22 (9): 2405–2412]
- Jia D. Landscape Ecological Risk Assessment and Landscape Pattern Optimization in Yanqing Sandstorm Region [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2009. [贾丹. 延庆风沙区景观生态风险评估及景观格局优化 [D]. 北京: 北京林业大学, 2009]
- Jing XF, Lei CL. Advances in research on phototaxis of insects and the mechanism [J]. *Entomological Knowledge*, 2004, 41 (3): 198–203. [靖湘峰, 雷朝亮. 昆虫趋光性及其机理的研究进展 [J]. 昆虫知识, 2004, 41 (3): 198–203]
- Li Bo, Qin YC, He L, et al. The control of oriental fruit moth with sex pheromone dispensers and mixtures of sugar acetic acid-ethanol [J]. *Aethiophylacica Sinica*, 2008, 3: 285–286. [李波, 秦玉川, 何亮, 等. 不同性诱芯与糖醋酒液防治梨小食心虫 [J]. 植物保护学报, 2008, 3: 285–286]
- Liu Q, Cheng WZ, Bai RX, et al. Insect community structure on *Bletilla striata* (Thunb.) Reichb. f in Pu'er District, Yunnan Province [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2018, 40 (5): 1036–1050. [刘棋, 成文章, 拜如霞, 等. 云南普洱紫花三叉白及昆虫群落多样性研究 [J]. 环境昆虫学报, 2018, 40 (5): 1036–1050]
- Sang W, Cai FY, Wang XP, et al. Application status and prospects of insect trapping lamp in fields [J]. *China Plant Protection*, 2018, 38 (10): 26–30, 68. [桑文, 蔡夫业, 王小平, 等. 农用诱虫灯田间应用现状与展望 [J]. 中国植保导刊, 2018, 38 (10): 26–30, 68]
- Spaethe J, Briscoe AD. Molecular characterization and expression of the

- UV opsin in bumblebees: Three ommatidial subtypes in the retina and a new photoreceptor organ in the lamina [J]. *Journal of Experimental Biology*, 2005, 208 (12): 2347–2361.
- Wang MC. Preparation of insect specimens [J]. *Shaanxi Forest Science and Technology*, 2000, 3: 40–43. [王明春. 昆虫标本的制作 [J]. 陕西林业科技, 2000, 3: 40–43]
- Wu Q, Achterberg CV, Chen XX. An introduction to the types of Malaise traps and their application for collecting insects [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2016, 53 (3): 660–667. [吴琼, Achterberg CV, 陈学新. 昆虫诱集装置——马氏网的类型与使用 [J]. 应用昆虫学报, 2016, 53 (3): 660–667]
- Zhang ML, Wang RJ. The status and trend of insect diversity conservation [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48 (3): 739–745. [张茂林, 王戎疆. 昆虫多样性的保护现状与趋势 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48 (3): 739–745]
- Zhang SL. Study on Plants Diversity and Conservation in Saihanwula Nature Reserve Inner Mongolia [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2007. [张书理. 内蒙古赛汗乌拉自然保护区植物多样性及其保护研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2007]
- Zhao JW, He YX, Wen QY. Application and research of insect light traps in China [J]. *Entomological Journal of East China*, 2008, 17 (1): 76–80. [赵建伟, 何玉仙, 翁启勇. 诱虫灯在中国的应用研究概况 [J]. 华东昆虫学报, 2008, 17 (1): 76–80]