



飞行阻隔器在昆虫采集中的应用探究^{*}

聂瑞娥^{1**} 杨美霞^{1,2**} 薛怀君¹ 杨御儒³ 佟一杰¹
邱腾飞¹ 白 明^{1***} 杨星科^{1***}

(1. 中国科学院动物研究所, 动物进化与系统学重点实验室, 北京 100101;

2. 陕西省动物研究所, 西安 710032; 3. 西北农林科技大学, 杨凌 712100)

摘 要 飞行阻隔器主要由一个垂直悬到地面的拦截屏(塑料网、PVC 塑料玻璃或树脂玻璃)和一个昆虫标本接收器组成,用于拦截和收集飞行中的昆虫,是一种有效的昆虫采集装置。近年来在国外昆虫采集中已被广泛应用,但在国内昆虫采集中尚未见正式报道。通过英国同行推荐、资料查阅和实际使用,本文作者摸索出一整套符合中国国情的组装及使用方法,并结合在秦岭山脉实际采集效果,统计了飞行阻隔器对昆虫纲膜翅目、双翅目、鞘翅目、鳞翅目和毛翅目等主要类群的采集效果。结果表明飞行阻隔器对于膜翅目、双翅目和鞘翅目均有非常好的采集效果,每个飞行阻隔器每天平均采集昆虫总量为 332 头,包括膜翅目 126 头、鞘翅目 101 头、双翅目 87 头、鳞翅目 10 头、毛翅目 3 头及其他昆虫 5 头。另外,本文比较了同一时间段、同一地点飞行阻隔器和马氏网的采集效果,飞行阻隔器采虫效果优于马氏网、在采集类群上两种方法各有侧重点,飞行阻隔器对膜翅目采集效果最好,其次为鞘翅目;马氏网以双翅目采集效果最好,其次为膜翅目。

The application and effectiveness of a flight interception trap for insect collecting

NIE Rui-E^{1**} YANG Mei-Xia^{1,2**} XUE Huai-Jun¹ YANG Yu-Ru³ TONG Yi-Jie¹
QIU Teng-Fei¹ BAI Ming^{1***} YANG Xing-Ke^{1***}

(1. Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Shaanxi Institute of Zoology, Xi'an 710032, China; 3. Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract Flight interception traps (FITs) composed of a trapping screen (plastic mesh, a transparent PVC plastic sheet or plexiglass) and an insect collecting container, are effective for trapping flying insects. Such traps have recently begun to play an important role in insect collecting in foreign countries. However, there has yet been no published report on their use and effectiveness in China. In this paper, based on the recommendations of collaborators from the U.K., the relevant literature and our practical experience of FIT equipment in the field, we provide a complete set of instructions for assembling and using FITs, and evaluate their effectiveness for sampling the major insect groups, including the Hymenoptera, Diptera, Coleoptera, Lepidoptera and Trichoptera. The results indicate that FITs performed reasonably well in trapping insects from the above orders. An average of 332 individual insects were captured daily by each FIT, including 126 Hymenoptera, 101 Coleoptera, 87 Diptera, 10 Lepidoptera, 3 Trichoptera and 5 other insect taxa. The correlation between various factors and the effectiveness of FITs was analyzed, and suggestions for future directions for their application and improvement provided. In addition, we compared the effectiveness of FIT and Malaise Traps (MTs) deployed at the same time and location. The

^{*}资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金项目(31301900、31672345、31501886); 中国科学院装备项目(YZ201509)支持和陕西省财政专项支持项目(No. 2013-19); 中国科学院动物进化与系统学重点实验室开放课题(Y322C51105)

^{**}共同第一作者 Co-first authors, E-mail: niere@ioz.ac.cn; ymeixia2013@163.com

^{***}通讯作者 Corresponding author, E-mail: Baim@ioz.ac.cn; yangxk@ioz.ac.cn

收稿日期 Received: 2016-12-05, 接受日期 Accepted: 2017-04-21

results indicate that FIT are superior to MT's and that these two kinds of traps tend to collect different proportions of different insect taxa; FIT tended to capture more Hymenoptera, then Coleoptera, whereas MTs captured more Diptera followed then Hymenoptera.

Key words flight interception trap, insect collecting, assembling and application, collecting effect

昆虫是动物界中种类最丰富的类群, 适应性强, 具有重要的经济意义。昆虫标本采集是昆虫分类及生物多样性研究的基础。昆虫类群的不同, 其栖息地、生活习性、食性、自身行为特点等方面也各有差异。因此, 所采用的采集方法也多种多样。国内最常用的采集方法包括观察法、搜索法、网扫法、网筛法、陷阱法、振落法、灯诱法, 以及近几年生物多样性研究中采用的马氏网等方法。不同类群昆虫所采用的捕虫方法也各有侧重。如双翅目主要用网扫、灯诱和马氏网捕获, 鳞翅目主要用灯诱和网扫, 膜翅目主要用网扫和马氏网捕获, 鞘翅目主要为网扫、陷阱、灯诱和振落法。

目前, 国内采用的采集方法大多数都是被动采集, 受季节、天气、时间、地点等因素限制较大。因此, 有必要探究其他更为有效的采集方法。飞行阻隔器 (Flight interception trap, FIT) 是近年来国外新发展的一种简单、高效的采集方法 (Chung, 2004; Lamarre *et al.*, 2012, 2016; Müller *et al.*, 2013; Seibold *et al.*, 2016)。其主要原理是利用垂直的屏幕阻断昆虫的飞行使其掉落到收集器里, 对于采集具有飞行能力的昆虫非常有效。目前国内仅有一篇文章报道过该装置 (杨宗武等, 2009), 但迄今未见实际应用报道。2016 年, 作者通过秦岭甲虫多样性调查对飞行阻隔器的组装和安放进行了探究。通过本次昆虫多样性考察, 组装了一套经济、高效的实用新型飞行阻隔器, 并应用于昆虫标本采集, 取得了很好的采集效果。本论文主要介绍飞行阻隔器的组装、悬挂方法、存储液、收虫方式及使用效果, 最后讨论了该方法的优缺点; 本文的主要目的是通过系统介绍飞行阻隔器的使用及捕虫效果以便使其在国内昆虫采集中能得到更广泛的应用, 为我国昆虫标本的采集提供更有效的采集方法。

1 飞行阻隔器的组装及存储液

1.1 组装

1.1.1 组装所用的材料和工具 材料: PVC 屏幕 (长×宽=1.5 m×1.9 m) PVC 水槽 (长×宽×高=2.0 m×0.125 m×0.1 m) 竹竿 (2.5 m) 绳子、铁丝、防水胶。工具: 钳子、刀子、打孔器、镰刀等。

1.1.2 组装步骤

1) 准备收虫器 (PVC 水槽)。先把水槽两端封好, 打上防水胶、晾干备用, 水槽两端分别绑上铁圈用来固定绳子。

2) 准备 PVC 玻璃屏幕。先用打孔器在 PVC 屏幕的长边一侧打孔, 两孔间隔一般 30 cm 左右, 之后再用细铁丝把屏幕固定到竹竿上。

3) 将竹竿、屏幕和水槽固定在一起。此时主要是拴上 3 对绳子: 第一对粗绳子用于固定竹竿和水槽, 第二对绳子用于连接竹竿和树, 第三对细绳用于固定水槽, 使水槽不随风摇摆。

组装好的示意图和实际照片见图 1。

1.2 存储液

根据研究目的不同可选用不同的存储液。目前, 采集昆虫标本的研究目的主要有两个方面, 一是用于形态研究, 该类研究对存储液要求不高, 一般选用盐水 (5 mmol/L NaCl 溶液) 或加了洗涤剂的水, 配制比较简单, 在此不详细记述。二是用于分子生物学相关研究, 主要应用于生物多样性评估及分子系统发育等研究, 分子生物学研究对于存储液要求较高, 尤其是要求存储液能有效地抑制 DNA 的降解, 目前应用最多的是高浓度的酒精及 SDS 和 EDTA 混合液。

(1) 85%~100% 的酒精溶液。因为飞行阻隔器的收虫器需要很大体积的存储液, 而酒精溶液不易运输、容易蒸发且价格较贵, 因此不建议使用。

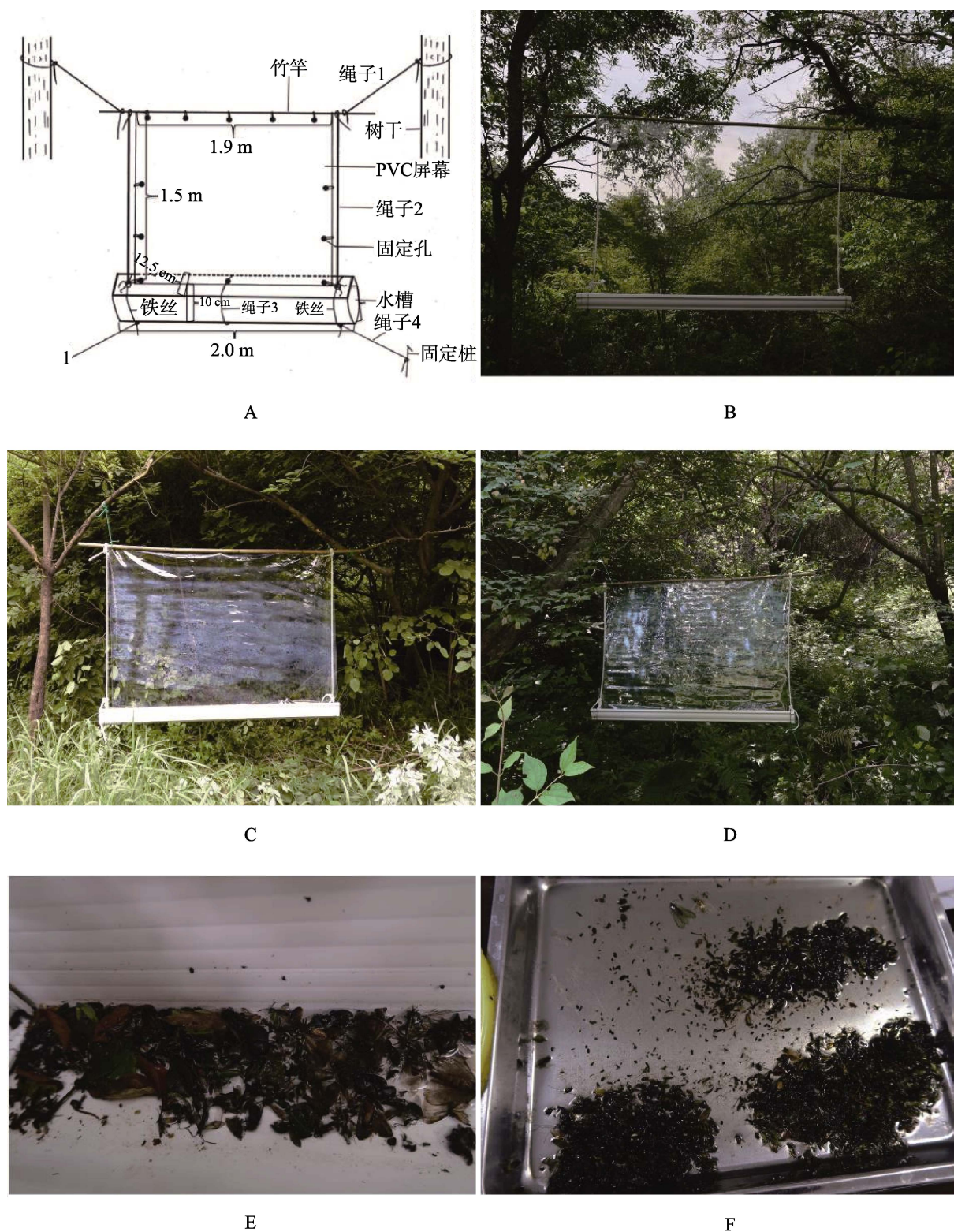


图 1 飞行阻隔器及采集效果图

Fig. 1 Flight interception trap and its collection effect

A. 飞行阻隔器示意图；B. FIT1；C. FIT2；D. FIT3；E. 收集器里面的昆虫；

F. 初步分出的一个 FIT 里面的昆虫（膜翅目、双翅目和鞘翅目）。

A. The diagram of FIT; B. FIT1; C. FIT2; D. FIT3; E. The insect in collection container; F. The main insect orders' clusters from one FIT (Hymenoptera, Diptera and Coleoptera).

(2) SDS+EDTA 混合液。与酒精存储液相比, 这种混合液价格低廉、容易运输、不易挥发并且在野外配制简单, 自来水即可用来配制, 该混合液能有效抑制 DNA 的降解, 适合野外采集尤其是对 DNA 保存液需求量大的飞行阻隔器 (Pokluda *et al.*, 2014)。Pokluda 等 (2014) 研究表明以终浓度为 2% 的 SDS 溶液和终浓度为 0.1 mol/L 的 EDTA (pH=8) 混合液效果最好, 为了防止虫子逃脱可以加少许洗涤剂以降低液体的表面张力。以 1 L 混合液为例的配制方法: 20 g SDS 粉末和 37.2 g EDTA 粉末加水定容, 用 NaOH 调节 pH 至 8。

2 飞行阻隔器的地点选择及安装

2.1 地点选择

飞行阻隔器所安装的位置理论上可以安装在有虫子飞行的任何地点, 在山区定点采集时, 最好选择在山谷间的道路、河流或溪水旁边, 沿着昆虫的飞行通道方向安置, 安置地点有两个牢固的支撑点, 比如两个间距约 2.5 m 的大树。当然平原、岛屿、农田等任何想监测的地方都可以安装飞行阻隔器, 因此安装地点根据采集者的需求而定。

2.2 安装过程

首先, 清理安装地点。清理安装地点的杂草和多余树枝。其次, 安装飞行阻隔器。将飞行阻隔器固定在两树之间, 水槽距离地面大约 0.5~1 m 的高度 (这一距离没有通用的标准, 主要根据采集者的采集目的而定, 0.5~1 m 是配合马氏网使用的距离, 马氏网一般采集地面至 1 m 左右空间的虫子; 有些小的 FIT 可以挂在树梢上, 有些也可以直接贴地面。用少量存储液调节水槽平衡, 之后固定绳子与屏幕, 最后固定水槽。全部固定好后, 加入存储液, 存储液的深度大约是水槽深度的 2/3。如果温度过低需要加入防冻液。安装好的飞行阻隔器见图 1 (B~D)。

3 飞行阻隔器捕获昆虫的收集与保存

用于分子实验的标本每隔一天收集一次, 用

不锈钢漏勺收集昆虫, 将收集到昆虫放入盛有 100% 的酒精存储管/瓶, 做好标签, 回室内仔分拣归类 (图 1: F) 和更换酒精。

在天气晴朗的情况下, 存储液一般 6~8 d 更换一次, 下雨天则需天晴后立刻更换。

4 飞行阻隔器的采集效果

作者于 2016 年 6 月在陕西省凤县黄牛铺镇采集, 选取了一条 3.5 km 的山谷作为 1 个采集大样方, 从中选择了 10 个小样方, 每个小样方安装了 2 个飞行阻隔器, 其中 1 个是备份。为了探究飞行阻隔器的整体及某些类群的采集效果, 我们按照地理位置 (底部、中部和顶部) 和天气情况选择了具有代表性的 3 个飞行阻隔器 (图 1: B~D), 连续统计了 6 d (包括了晴天、阴天和雨天) 3 次采集样本的数量。数据统计见表 1。

实验结果表明, 飞行阻隔器 FIT1 (海拔: 1 512 m; 经纬度: 34°12'34" N, 106°54'10" E)、FIT2 (海拔: 1 677 m; 经纬度: 34°11'42" N, 106°54'44" E)、FIT3 (海拔: 1 785 m; 经纬度: 34°11'14" N, 106°54'57" E) 每天采集的平均标本数量分别为 329、245、424 头不等。从采集标本数量的统计结果来看, 天气和选点对于飞行阻隔器的影响是非常明显的, 晴天明显多于阴天和雨天。从主要类群采集标本数量来看, 平均每个飞行阻隔器每天对不同类群的差异也很大, 采集数量依次为膜翅目 126 头、鞘翅目 101 头、双翅目 87、鳞翅目 10 头、毛翅目 3 头及其他昆虫 5 头; 从数据可以看出飞行阻隔器对膜翅目、鞘翅目以及双翅目的采集效果较好 (以膜翅目数量最多), 对其他目 (直翅目、脉翅目、革翅目、蜻蜓目等) 也有一定的采集效果, 尤其是比较难采的类群比如脉翅目的溪蛉科昆虫, 平均每两天会采集到 3~5 头溪蛉标本。

5 讨论

飞行阻隔器几乎可以应用在任何生境中, 其大小也有不同的规格, 其主要优点为经济、高效、省力。缺点主要为组装和安装比较繁琐、分子材

表 1 飞行阻隔器采集的昆虫纲主要类群数量(头)的统计(2016年6月)

Table 1 The statistics of collection number of the main insect orders using flight interception trap (2016. 06)

昆虫类群 Insect Order		FIT									
		FIT1			FIT2			FIT3			合计 In all
		19-20 晴天 Sunny	21-22 晴转雨 Sunny to rainy	23-24 阴转雨 Cloudy to rainy	19-20 晴天 Sunny	21-22 晴转雨 Sunny to rainy	23-24 阴转雨 Cloudy to rainy	19-20 晴天 Sunny	21-22 晴转雨 Sunny to rainy	23-24 阴转雨 Cloudy to rainy	平均收虫数 /FIT/d Average insect number/FIT/ d
双翅目 Diptera	150	105	53	190	120	80	233	335	310	87	
膜翅目 Hymenoptera	425	168	385	175	185	147	408	210	160	126	
鞘翅目 Coleoptera	265	75	233	210	82	180	470	113	190	101	
鳞翅目 Lepidoptera	19	23	15	32	19	17	18	17	19	10	
毛翅目 Trichoptera	12	8	3	3	5	1	6	3	4	3	
其他 Other Orders	14	8	19	10	11	5	13	8	8	5	
合计 In All	885	387	707	620	422	430	1 148	706	691	—	
收虫数/FIT/6 d Insect No./FIT/6 d		1 979			1 472			2 545		332	

飞行阻隔器的地理信息: FIT1: 海拔为 1 512 m, 经纬度为 34°12'43" N、106°54'10" E; FIT2: 海拔为 1 677 m, 经纬度为 34°11'42" N、106°54'44" E; FIT3: 海拔为 1 785 m, 经纬度为 34°14'14" N、106°54'57" E。

The geographic information of the flight interception traps. FIT1: 1 512 m, 34°12'43" N, 106°54'10" E; FIT2: 1 677 m, 34°11'42" N, 106°54'44" E; FIT3: 1 785 m, 34°14'14" N, 106°54'57" E.

表 2 马氏网采集的主要昆虫纲类群数量(头)的统计(2016年6月)

Table 2 The statistics of collection number of the main insect orders using malaise trap (2016. 06)

昆虫类群 Insect Order	MT			合计 In all 平均收虫数/MT/d Average insect number/MT/d
	MT1	MT2	MT3	
	19-24	19-24	19-24	
双翅目 Diptera	870	470	830	121
膜翅目 Hymenoptera	220	195	320	41
鞘翅目 Coleoptera	18	30	105	9
鳞翅目 Lepidoptera	42	24	101	10
毛翅目 Trichoptera	2	3	12	1
其他 Other Orders	4	8	23	2
合计 In all	1 156	730	1 391	184

马氏网的地理信息: MT1: 海拔为 1 512 m, 经纬度为 34°12'43" N、106°54'10" E; MT2: 海拔为 1 677 m, 经纬度为 34°11'42" N、106°54'44" E; MT3: 海拔为 1 785 m, 经纬度为 34°14'14" N、106°54'57" E。

The geographic information of the malaise traps. MT1: 1 512 m, 34°12'43" N, 106°54'10" E; MT2: 1 677 m, 34°11'42" N, 106°54'44" E; MT3: 1 785 m, 34°14'14" N, 106°54'57" E.

料所需的存储液配制和携带都相对困难,对于经验不足的采集者而言,寻找合适的放置位置也较困难。

飞行阻隔器在昆虫采集中表现出非常好的

采集效果,尤其在采集膜翅目、双翅目及鞘翅目等类群时表现出明显的优势,而且采到很多其他方法采集不到的种类。马氏网在采集膜翅目和双翅目昆虫方面也表现为很好的采集效果,为了对

比两种被动采集装置的采集效果,我们在采集过程中在同一采集地点、同一段采集时间(6 d)同时安装了马氏网和飞行阻隔器,以比较它们的采集效果。统计结果显示:每个飞行阻隔器平均每天采集的昆虫总量为 332 头,主要类群数量依次为:膜翅目 126 头、鞘翅目 101 头、双翅目 87 和鳞翅目 10 头;每个马氏网平均每天的昆虫采集数量为 184 头,主要类群的数量分别为:双翅目 121 头、膜翅目 41 头、鳞翅目 10 头和鞘翅目 9 头。统计结果表明同一时间内飞行阻隔器平均采集的昆虫数量明显高于马氏网采集的数量;两种方法对不同类群的采集效果各有侧重,飞行阻隔器以膜翅目最多、鞘翅目次之,而马氏网以双翅目最多、膜翅目次之。另外,从种类数量来看,飞行阻隔器采集的种类数量也明显多于马氏网的采集种类。这两种被动采集之所以在数量及种类上有明显差异,主要原因可能是由于空间上拦截的范围不同,飞行阻隔器拦截的是飞翔能力强、飞翔高度较高的昆虫,而马氏网主要拦截靠近地面飞翔或爬行的昆虫。

飞行阻隔器的应用效果与很多因素有关,主要表现为:(1)与飞行阻隔器的大小有关。一般情况下屏幕越大越好,但是由于资金和携带能力限制,一般长度为 2.0~2.5 m,宽度为 1.5 m 左右较为合适。(2)天气、生境等不可控的自然因素。根据我们的采集经验和采集结果来看,晴天、有风的天气采集数量明显高于阴天或者雨天(表 1)。(3)与人为因素有关。采集人的经验多少直接影响飞行阻隔器的选点位置是否合适,从而直接影响采集效果。因此,作者在采集时同一地点尽量放置 2 个飞行阻隔器,一是更全面采集该样点的标本,二是使该样点具有备份的采集标本。

目前我们组装的飞行阻隔器还存在一些缺点,将来还可以进一步改善,比如竹竿可以换成可伸缩、带有网孔的不锈钢管;水槽定制成便于更换存储液的装置,并且两端和中间部位有固定孔等。这些改进工作在我们以后的实践中会逐渐

完善和实施。

致谢:感谢英国自然历史博物馆 Alfred P. Vogler 教授提供的宝贵建议,感谢陕西省动物研究所李保国、王艳、边坤等老师及吴玲和姜磊同学在采集中给予的帮助。

参考文献 (References)

- Chung AYC, 2004. Vertical stratification of beetles (Coleoptera) using flight intercept traps in a lowland rainforest of Sabah, Malaysia. *Sepilok Bulletin*, 1 (1): 27–39.
- Lamarre GPA, Molto Q, Fine PVA, Baraloto, 2012. A comparison of two common flight interception traps to survey tropical arthropods. *Zookeys*, 216: 43–55.
- Lamarre GPA, Hérault B, Fine PVA, Vedel V, Lupoli R, Mesones I, Baraloto C, 2016. Taxonomic and functional composition of arthropod assemblages across contrasting Amazonian forests. *Journal of Animal Ecology*, 85 (1): 227–239.
- Müller J, Brunet J, Brin A, Bouget C, Brustel H, Bussler H, Forster B, Isacson G, Kohler F, Lachat T, Gossner MM, 2013. Implications from large-scale spatial diversity patterns of saproxylic beetles for the conservation of European Beech forests. *Insect Conservation and Diversity*, 6 (2): 162–169.
- Pokluda C, ízek L, Stribna E, Drag L, Lukes J, Novotny V, 2014. A goodbye letter to alcohol: An alternative method for field preservation of arthropod specimens and DNA suitable for mass collecting methods. *European Journal of Entomology*, 111 (2): 175–179.
- Seibold S, Bassler C, Brandl R, Buche B, Szallies A, Thorn S, Ulyshen MD, 2016. Microclimate and habitat heterogeneity as the major drivers of beetle diversity in dead wood. *Journal of Applied Ecology*, 53 (3): 934–943.
- Yang ZW, Ding SX, Zhang AJ, Hua BZ, 2009. A new insect collection methods-flight interception traps. *Shaanxi Agriculture and Forestry Science*, 4: 84–85. [杨宗武, 丁升选, 张爱娟, 花保祯, 2009. 昆虫采集新方法-飞行拦截网. 陕西农林科学, 4: 84–85.]
- Wu Q, Achterberg CV, Chen XX, 2016. An introduction to the types of Malaise traps and their application for collecting insects. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(3): 660–667. [吴琼, Achterberg CV, 陈学新, 2016. 昆虫诱集装置-马氏网的类型与使用. 应用昆虫学报, 53(3): 660–667.]