

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2022.03.005

武夷山国家级自然保护区夏季蛾类昆虫 多样性调查及区系分析

闫振天, 何忆, 付文博, 张馨丹,
邱洁, 吴佳峰, 陈斌

重庆师范大学昆虫与分子生物学研究所/媒介昆虫重庆市重点实验室, 重庆 401331

摘要: 2018—2019 年 7—9 月份在武夷山国家级自然保护区选择不同的生境, 通过网捕、黑光灯、日光灯诱集等方法进行蛾类昆虫样本采集, 并对其进行标本制作和形态学鉴定, 然后通过 Menhinick 指数对蛾类种类昆虫丰富度进行分析, 并对采集到的蛾类昆虫种类组成和区系分布情况进行了总结。共鉴定蛾类昆虫标本 370 头, 隶属于 16 科 111 属 142 种, 其中福建省新纪录属 10 属和新纪录种 12 种, 武夷山国家级自然保护区新纪录属 11 属和新纪录种 28 种。在物种多样性方面, 尺蛾科在属级水平、种级水平、个体数上都占绝对优势, 有 23 属 27 种 67 头, 且丰富度指数最高, 为 3.30; 鹿蛾科丰富度指数最低, 为 0.58。世界动物地理区系分析表明, 该保护区蛾类昆虫的区系成分以东洋区和古北区共有种为主(占 65.49%); 中国动物地理区系分析表明, 该保护区蛾类昆虫有 29 种分布型, 主要以“西南—华中—华南—青藏”型分布为主(占 19.01%), 其次是“西南—华中—华南—华北—青藏”型(占 18.31%)。武夷山自然保护区蛾类昆虫种类具有多样性, 物种丰富度较高。

关键词: 武夷山国家级自然保护区; 蛾类; 多样性调查;
区系分析

中图分类号: Q968.2

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 1673-9868(2022)03-0044-08

Investigation of Species Diversity and Fauna Analysis of Moths in Summer in Fujian Wuyi Mountain National Nature Reserve

YAN Zhentian, HE Yi, FU Wenbo, ZHANG Xindan,
QIU Jie, WU Jiafeng, CHEN Bin

Institute of Entomology and Molecular Biology, Chongqing Normal University/

Chongqing Key Laboratory of Vector Insects, Chongqing 401331

Abstract: From July to September in 2018—2019, samples were collected by net trapping, black light

收稿日期: 2021-10-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(31672363); 生态环境部生物多样性优先区域调查与评估项目(NO. 8-2-3-8-2); 重庆市教委科学技术研究项目(KJQN201900532)。

作者简介: 闫振天, 实验师, 主要从事昆虫分类学研究。

通信作者: 陈斌, 教授, 博士研究生导师。

trapping and fluorescent lamp trapping. The samples were prepared to specimens and morphologically identified. Then the species richness of moths was analyzed by Menhinick index, and the species composition and fauna distribution of the collected moths were analyzed and summarized. A total of 370 moth specimens were identified, belonging to 16 families, 111 genera, 142 species. Among them, 10 genera and 12 species were the new records in Fujian, and 11 genera and 28 species were the new records in Wuyishan National Nature Reserve. In terms of species diversity, the Geometridae is absolutely dominant in genus level, species level and individual number, with 22 genera, 27 species and 67 heads. The richness index (3.30) of Geometridae is the highest, while the richness index (0.58) of Ctenuchidae is the lowest. The analysis of the world zoogeographic region showed that the moths in this reserve are mainly common species of Oriental and the Palearctic regions (65.49%). The analysis of the Chinese zoogeographic region showed that there are 29 distribution patterns of moth insect in the reserve, 19.01% of species are across four subregions of Southwest, Central China, South China and Qinghai-Tibet, and 18.31% of species are across five subregions of Southwest, Central China, South China, North China and Qinghai-Tibet. The diversity of species and richness of moths in Wuyishan Mountain National Nature Reserve are high.

Key words: Wuyi Mountain Nature Reserve; moths; diversity investigation; fauna analysis

鳞翅目是昆虫纲里仅次于鞘翅目的一个大目,包括蛾类和蝴蝶,其中蛾类为绝大多数,占比约90%。蛾类隶属于节肢动物门 Arthropoda 昆虫纲 Insecta 鳞翅目 Lepidoptera 异角亚目 Heterocera。昆虫资源是自然界宝贵的生命基因库,其种类丰富多样,占据着森林生态系统最终的一环——昆虫子系统^[1-3]。虽然蛾类幼虫绝大多数取食农林作物,许多种类更是农林害虫,但家蚕这种以产丝为主的蛾类是重要的资源昆虫。蛾类还可以作为农林作物、农林植物的重要传粉者,有些种类在食用、饲料、观赏等方面具有较大的发展前景。

武夷山国家级自然保护区位于江西与福建西北部两省交界处,位于武夷山脉北段,地理位置在东经117°27′~117°51′,北纬27°33′~27°54′,南北长52 km,东西宽22 km,总面积565.27 km²,主峰黄岗山海拔2158 m,是中国大陆东南的最高峰。武夷山地貌类型丰富,植被类型多样,包含了我国中亚热带地区所有的植被类型,是世界上同纬度现存面积最大、保存最完整的中亚热带森林生态系统,植物资源丰富,其生态环境为昆虫提供了良好的繁衍生息场所^[4-5],因此享有“昆虫的世界”“世界生物模式标本产地”等美誉。

对福建省蛾类昆虫较为明确的记录最早见于1982年赵修复^[6]的《福建昆虫名录》。1999年,吴焰玉等^[7]在现有资料的基础上统计得到该保护区鳞翅目46科879种。2001年,刘信种等^[8]出版了《江西武夷山国家级自然保护区科学考察报告集》,记载了武夷山31科589种蛾类昆虫。同年,黄邦侃^[9]在《福建昆虫志》中记载了福建蛾类昆虫58科1788种,含10新种,3新属,11中国新纪录种,13福建新纪录种,6特有种。2003年,汪家社等^[10]出版了《武夷山自然保护区螟蛾科昆虫志》,记载了12亚科183属398种,其中新发现9种,中国新纪录15种。2006年、2007年,汪家社^[11-12]分别对武夷山自然保护区的螟蛾亚科昆虫、水螟亚科昆虫的多样性进行了研究。2012年,在以前研究成果和项目研究的基础上,福建省科学技术厅^[13]编著的《中国·福建武夷山生物多样性研究信息平台》记载了武夷山46科729属1346种蛾类昆虫。林涛等^[14-15]整理记载了武夷山自然保护区天蛾科昆虫33属、75种和亚种,发现了9种福建省新纪录种。2013年,程松林等^[16]归总江西武夷山国家级自然保护区昆虫纲增加物种纪录为59种,其中9种蛾类昆虫是福建武夷山国家自然保护区蛾类昆虫新纪录种。2014年,徐新宇等^[17]报道确认江西武夷山国家级自然保护区内天蛾总科昆虫共4亚科、19属、32种,对比后发现武夷山国家自然保护区蛾类昆虫种类增加了1属2种新纪录种。

近年来,随着自然环境和气候的变化,以及武夷山旅游和茶园经济开发日益扩大,生物资源特别是昆虫资源数量受到较大的影响,为了了解武夷山国家级自然保护区蛾类昆虫的资源情况,保护和利用昆虫资源,促进生态系统的可持续发展,本课题组对 2018—2019 年采集到的蛾类昆虫进行了多样性调查及区系分析研究,以期为该地区开展蛾类昆虫的资源研究提供依据,更好地保护、开发和利用武夷山国家自然保护区的蛾类昆虫。

1 材料与方法

1.1 标本采集分布地及采集方式

本研究根据武夷山自然保护区的地形、地貌、气候、生态系统类型等特点,为了能够对武夷山昆虫多样性进行较为全面的观测和调查,总共进行了 2 次调查,分别在 2018 年 7—9 月和 2019 年 7—9 月。夜间灯诱点共 9 个,主要采取网捕及黑光灯、日光灯诱集(表 1)。

表 1 福建武夷山国家级自然保护区蛾类昆虫调查标本采集分布地及采集方式

采集分布地	经纬度	海拔/m	采集方式
武夷山市洋庄乡大安村	27.874°N 117.860°E	471	灯诱
武夷山市洋庄乡垄空村	27.842°N 117.873°E	483	网捕、灯诱
武夷山市武夷街道角亭村	27.671°N 117.984°E	193	灯诱
武夷山星村镇桐木村	27.750°N 117.675°E	752	灯诱
武夷山市大安源	27.521°N 117.515°E	471	灯诱
武夷山大安源垄空	27.838°N 117.875°E	760	灯诱
武夷山星村镇白云寺	27.521°N 117.516°E	223	灯诱
武夷山星村十三公里	27.596°N 117.771°E	433	灯诱
武夷山星村镇小东坑	27.651°N 117.882°E	224	灯诱

1.2 标本制作与鉴定

2018—2019 年在武夷山国家级自然保护区的不同生境下通过网捕及黑光灯、日光灯诱集等方法采集蛾类,用毒瓶杀死后装入三角纸包中,后续带回实验室进行标本制作。采样地点尽可能地覆盖了武夷山自然保护区的重要生物多样性保护样地,以及不同的生境、海拔、植被群落。

在实验室内将采集到的标本进行回软、整姿、定形,放在通风橱中干燥,两周后收纳到标本盒中进行鉴定和插标签。根据蛾类外形参照相关资料^[9,18-22]对其进行初步鉴定,在此基础上未能鉴定到种的蛾类标本再送至专家进行再次鉴定。由于不同时期的学者从不同角度研究鳞翅目分类会有不同的结论,因此本课题组对蛾类的分类界元采用了国际上较为流行的分类方法,将本次采集到的蛾类分为 16 科,即刺蛾科 *Limacodidae*、斑蛾科 *Zygaenidae*、木蠹蛾科 *Cossidae*、螟蛾科 *Pyralidae*、草螟科 *Crambidae*、枯叶蛾科 *Lasiocampidae*、大蚕蛾科 *Saturniidae*、天蛾科 *Sphingidae*、钩蛾科 *Drepanidae*、尺蛾科 *Geometridae*、舟蛾科 *Notodontidae*、夜蛾科 *Noctuidae*、灯蛾科 *Arcitiidae*、鹿蛾科 *Ctenuchidae*、毒蛾科 *Lymantriidae*、波纹蛾科 *Thyatiidae*。

1.3 数据计算方法

本研究采用 Menhinick 丰富度指数对蛾类种类丰富度进行分析, Menhinick 丰富度指数以种的数目和全部种的个体总数很好地表示了物种的多样性。其计算公式为:

$$ds = G / \sqrt{Ns}$$

式(1)中 ds 为物种丰富度指数, G 为各科的科内物种数, Ns 为各科的科内个体总数。

2 结果与分析

2.1 种类鉴定结果

通过2018—2019年的野外系统调查,共采集蛾类昆虫样本370只,通过形态学鉴定,它们隶属于16科111属142种.其中,大蚕蛾科5属6种,天蛾科14属19种,舟蛾科15属19种,灯蛾科9属11种,鹿蛾科1属1种,斑蛾科2属2种,枯叶蛾科4属4种,木蠹蛾科2属2种,螟蛾科3属3种,草螟科6属8种,波纹蛾科1属1种,夜蛾科15属18种,钩蛾科5属9种,刺蛾科2属4种,尺蛾科23属27种,毒蛾科4属8种(表2).

将本次鉴定结果与前人研究结果对比后发现,武夷山国家级自然保护区蛾类昆虫种类新增新纪录属11属,新纪录种28种;新增福建省新纪录属10属,新纪录种12种.因此,结合以往的研究结果^[13],武夷山国家级自然保护区蛾类昆虫种类上升到46科740属1374种.

表2 本次采集的福建武夷山国家级自然保护区蛾类种类属种数量及占比

科	属数/属	占总属数/%	物种数/种	占总物种数/%	个体数/头	占总个体数/%
大蚕蛾科	5	4.50	6	4.23	16	4.32
天蛾科	14	12.61	19	13.38	52	14.05
舟蛾科	15	13.51	19	13.38	40	10.81
灯蛾科	9	8.11	11	7.75	39	10.54
鹿蛾科	1	0.90	1	0.70	3	0.81
斑蛾科	2	1.80	2	1.41	7	1.89
枯叶蛾科	4	3.60	4	2.82	13	3.51
木蠹蛾科	2	1.80	2	1.41	2	0.54
螟蛾科	3	2.70	3	2.11	9	2.43
草螟科	6	5.41	8	5.63	18	4.86
波纹蛾科	1	0.90	1	0.70	2	0.54
夜蛾科	15	13.51	18	12.68	50	13.51
钩蛾科	5	4.50	9	6.34	25	6.76
刺蛾科	2	1.80	4	2.82	13	3.51
尺蛾科	23	20.72	27	19.01	67	18.11
毒蛾科	4	3.60	8	5.63	14	3.78
合计	111	100.00	142	100.00	370	100.00

2.2 福建武夷山国家级自然保护区蛾类物种多样性和丰富度分析

由表2可知,该研究采集整理鉴定出的蛾类标本分别属于16科.从属级水平来看,从大到小依次为尺蛾科(20.72%)、舟蛾科和夜蛾科(13.51%)、天蛾科(12.61%)、灯蛾科(8.11%)、草螟科(5.41%)、大蚕蛾科和钩蛾科(4.50%)、枯叶蛾科和毒蛾科(3.60%)、螟蛾科(2.70%)、斑蛾科和木蠹蛾科及刺蛾科(1.80%)、鹿蛾科和波纹蛾科(0.90%).从种级水平来看,从大到小依次为尺蛾科(19.01%)、舟蛾科和天蛾科(13.38%)、夜蛾科(12.68%)、灯蛾科(7.75%)、钩蛾科(6.34%)、草螟科和毒蛾科(5.63%)、大蚕蛾科(4.23%)、枯叶蛾科和刺蛾科(2.82%)、螟蛾科(2.11%)、斑蛾科和木蠹蛾科(1.41%)、鹿蛾科和波纹蛾科(0.70%).从个体数上来看,从大到小依次为尺蛾科(18.11%)、天蛾科(14.05%)、夜蛾科(13.51%)、舟蛾科(10.81%)、灯蛾科(10.54%)、钩蛾科(6.76%)、草螟科(4.86%)、大蚕蛾科(4.32%)、毒蛾科(3.78%)、枯叶蛾科和刺蛾科(3.51%)、螟蛾科(2.43%)、斑蛾科(1.89%)、鹿蛾科(0.81%)、木蠹蛾科和波纹蛾科(0.54%).

通过比较可以明显看出,尺蛾科在属级水平、种级水平、个体数上都占绝对优势,有23属27种67头,分别占总属数、总物种数、总个体数的20.72%,19.01%,18.11%.鹿蛾科、波纹蛾科在属级水平和种级水平所占百分比最低,只有1属1种,在总属数、总物种数中分别占0.90%,0.70%.而且,波纹蛾科与木蠹

蛾科个体数也最少,只有 2 头,占总个体数的 0.54%。各科的属数、物种数和个体数都有差别,表明福建武夷山国家级自然保护区蛾类种类的多样性较高。结合本研究的结果,福建武夷山国家级自然保护区蛾类昆虫种类上升到 1 374 种,占福建省已知总数^[14]的 76.85%,而武夷山国家级自然保护区只占福建省 0.46%的面积,足以说明武夷山国家级自然保护区物种丰富度极高。

2.3 福建武夷山国家级自然保护区蛾类种类丰富度指数分析

根据丰富度指数从科级水平上看,从大到小依次为尺蛾科、天蛾科、夜蛾科、舟蛾科、灯蛾科、钩蛾科、草螟科、大蚕蛾科、毒蛾科、枯叶蛾科和刺蛾科、螟蛾科、斑蛾科、鹿蛾科、木蠹蛾科和波纹蛾科。尺蛾科标本 27 种,共 67 头,丰富度指数最高,为 3.30。鹿蛾科丰富度指数最低,为 0.58,只有 1 种,3 头标本(表 3)。

表 3 本次采集的福建武夷山国家级自然保护区蛾类种类丰富度指数

科	科内 物种数/种	科内总 个体数/头	丰富度 指数	科	科内 物种数/种	科内总 个体数/头	丰富度 指数
大蚕蛾科	6	16	1.50	螟蛾科	3	9	1.00
天蛾科	19	52	2.63	草螟科	8	18	1.89
舟蛾科	19	40	3.00	波纹蛾科	1	2	0.71
灯蛾科	11	39	1.76	夜蛾科	18	50	2.55
鹿蛾科	1	3	0.58	钩蛾科	9	25	1.80
斑蛾科	2	7	0.76	刺蛾科	4	13	1.11
枯叶蛾科	4	13	1.11	尺蛾科	27	67	3.30
木蠹蛾科	2	2	1.41	毒蛾科	8	14	2.14

2.4 武夷山国家级自然保护区蛾类动物地理区系分析

2.4.1 武夷山国家级自然保护区蛾类昆虫在世界动物地理区系中的分布及比例

世界动物地理分为东洋、古北、新北、澳洲、非洲、新热带六界,按世界动物地理区划,武夷山国家级自然保护区属于东洋界。由表 4 统计结果可知,武夷山国家级自然保护区蛾类昆虫在世界动物地理区系中的归属情况。其中,东洋、古北共有型占优势,共 93 种,占比为 65.49%;其次是东洋型,东洋、古北、澳洲共有型,均为 20 种,占比均为 14.08%;最少的是古北型,东洋、古北、非洲共有型,东洋、澳洲、新热带共有型,以及东洋、古北、非洲、澳洲共有型,均只有 1 种,占比均为 0.70%。而且,包含东洋区的达到 99.30%,包含古北区的达到 81.69%,表明武夷山国家级自然保护区蛾类昆虫以东洋区为优势分布型,而且其多数为东洋、古北共同分布型,这与武夷山的地理位置有关,因为该研究地区处于东洋区和古北区的过渡地带,数据结果也很好表明了这一点。

表 4 本次采集的福建武夷山国家级自然保护区蛾类昆虫在世界地理动物区系中的分布及比例

分布型	世界地理区系分布情况	物种数/种	比例/%	总物种数
单区型	东洋	20	14.08	21
	古北	1	0.70	
二区型	东洋—古北	93	65.49	98
	东洋—澳洲	5	3.52	
三区型	东洋—古北—非洲	1	0.70	22
	东洋—古北—澳洲	20	14.08	
	东洋—澳洲—新热带	1	0.70	
四区型	东洋—古北—非洲—澳洲	1	0.70	1
合计		142	100	142

2.4.2 武夷山国家级自然保护区蛾类昆虫在中国动物地理区系中的分布及比例

中国动物地理区系分为了7个区,即西南、华中、华北、华南、东北、蒙新、青藏,按中国动物地理区划,武夷山国家级自然保护区属于华中区.由表5统计结果可知,研究地区蛾类昆虫在中国动物地理区系中有29种分布型,其中单区型3种,占比为2.11%;双区型5种,占比为17.61%;三区型6种,占比为7.04%;四区型6种,占比为23.24%;五区型5种,占比为23.24%;六区型2种,占比为20.42%;七区型1种,占比为6.34%.由此可见,四区型、五区型的种类最多,单区型最少.在区系成分中含华中区的蛾类种类达到了136种,占比为95.77%,其次是华南区,达到了135种,占比为95.07%,往后依次为西南区、青藏区、华北区、东北区、蒙新区,分别占比为71.13%,69.72%,54.93%,26.06%,21.83%.华中区、华南区的蛾类昆虫种类占据了极大优势,这与武夷山国家级自然保护区处于华中区,且极其靠近华南区的地理特点相符合.在这些分布型中“西南—华中—华南—青藏”种数最高,占27种;其次是“西南—华中—华南—华北—青藏”占26种;然后是“华中—华南”占19种;说明武夷山自然保护区蛾类昆虫大部分为跨区分布的种类,在中国地理区划中主要是华中区、华南区、西南区、青藏区占优势,这与其地理位置有较大关系.福建武夷山国家级自然保护区在中国动物地理区系划分中属于华中区,与华南、西南、华北区相邻,但却与青藏区较远,而在分布中青藏区却占比较高,这可能与以下原因有关:①大多数蛾类昆虫分布地都有四川,而四川跨华中、西南、青藏三区;②蛾类昆虫本身具有极强的迁飞能力.

表5 本次采集的福建武夷山国家自然保护区蛾类昆虫在中国地理动物区系中的分布及比例

分布型	中国地理区系分布情况	物种数	比例/%	总物种数
单区型	华中	1	0.70	3
	华南	1	0.70	
	蒙新	1	0.70	
双区型	西南—华中	1	0.70	25
	西南—华南	2	1.41	
	华中—华南	19	13.38	
	华中—华北	1	0.70	
	华南—东北	2	1.41	
三区型	华中—华南—西南	2	1.41	10
	华北—华中—西南	1	0.70	
	华中—华南—青藏	3	2.11	
	华中—华南—华北	2	1.41	
	华中—华北—蒙新	1	0.70	
	华中—华南—蒙新	1	0.70	
四区型	西南—华中—华南—华北	1	0.70	33
	西南—华中—华南—青藏	27	19.01	
	华中—华南—华北—东北	2	1.41	
	华中—华北—东北—蒙新	1	0.70	
	华中—华南—蒙新—青藏	1	0.70	
	华中—华南—华北—蒙新	1	0.70	

续表 5

分布型	中国地理区系分布情况	物种数	比例/%	总物种数
五区型	西南—华中—华南—华北—青藏	26	18.31	33
	西南—华中—华南—东北—青藏	2	1.41	
	西南—华中—华南—蒙新—青藏	1	0.70	
	华中—华南—华北—东北—蒙新	3	2.11	
	华中—华南—华北—东北—青藏	1	0.70	
六区型	西南—华中—华南—华北—东北—青藏	17	11.97	29
	西南—华中—华南—华北—蒙新—青藏	12	8.45	
七区型	西南—华中—华南—华北—东北—蒙新—青藏	9	6.34	9
合计		142	100	142

3 讨论与结论

本次调查共获得武夷山国家级自然保护区蛾类昆虫标本 370 头, 通过形态分类鉴定, 共 16 科 111 属 142 种, 其中刺蛾科 2 属 4 种 13 只, 斑蛾科 2 属 2 种 7 只, 木蠹蛾科 2 属 2 种 2 只, 螟蛾科 3 属 3 种 9 只, 草螟科 6 属 8 种 18 只, 枯叶蛾科 4 属 4 种 13 只, 大蚕蛾科 5 属 6 种 16 只, 天蛾科 14 属 19 种 52 只, 钩蛾科 5 属 9 种 25 只, 尺蛾科 23 属 27 种 67 只, 舟蛾科 15 属 19 种 40 只, 夜蛾科 15 属 18 种 50 只, 灯蛾科 9 属 11 种 39 只, 鹿蛾科 1 属 1 种 3 只, 毒蛾科 4 属 8 种 14 只, 波纹蛾科 1 属 1 种 2 只. 课题组发现了武夷山国家级自然保护区蛾类昆虫新纪录属 11 属, 新纪录种 28 种, 福建蛾类昆虫新纪录属 10 属, 新纪录种 12 种, 结合以往的研究结果, 武夷山国家级自然保护区已知蛾类昆虫种类上升到 46 科 740 属 1 374 种, 这对武夷山国家级自然保护区已知蛾类昆虫种类的保护、开发和利用具有重要的科学价值, 为该地区开展蛾类昆虫资源研究提供了科学依据. 由于蛾类昆虫种类较繁杂, 鉴定较难, 而且采集人员较少、采集面积覆盖广度有限, 因此本次调查鉴定出的蛾类昆虫只占武夷山国家级自然保护区记载的一小部分, 该保护区还有大量已记载的蛾类昆虫未被采集到, 今后需要对武夷山国家级自然保护区蛾类昆虫进行深度调查, 检测时间加长, 采集覆盖面扩大, 尽可能涵盖各种生境和季节, 进一步弄清该自然保护区蛾类昆虫的种类及其多样性.

武夷山国家级自然保护区处于东洋区和古北区的过渡地带, 在区系分析中武夷山国家级自然保护区的蛾类昆虫以东洋区为优势分布型, 而且其多数为东洋、古北共同分布, 这一结果与该地区的地理位置相符合. 武夷山国家级自然保护区蛾类昆虫在中国动物地理区系中大部分为跨区分布的种类, 在中国地理区划中主要是华中区、华南区、西南区、青藏区占优势, 这与其地理位置有较大关系. 物种分布型由物种的生物学、自然地理和历史气候等共同决定, 气候、温度、环境等因素变化也会影响蛾类昆虫的分布, 而且蛾类昆虫本身具有很强的迁飞能力, 此次调查就发现了在该研究地区未记载过的 28 种新纪录种. 因此, 对该地区蛾类进行系统性和全面性的调查必须长时间、大面积地检测, 且需要更进一步完善采集过程.

参考文献:

- [1] 卢立. 广西金钟山自然保护区昆虫资源考察初报 [J]. 林业资源管理, 2005(6): 69-73.
- [2] 钱怡顺, 钱昱含, 徐正会, 等. 云南哀牢山自然保护区蚁科昆虫区系分析 [J]. 河南农业大学学报, 2021, 55(3): 485-494.

- [3] 李文杰, 陈志林, 周善义. 中国猛蚁型亚科群昆虫区系分析 [J]. 河南农业大学学报, 2020, 54(3): 471-479, 498.
- [4] 徐欢欢. 武夷山自然保护区植被垂直分布与特征 [J]. 武夷科学, 2007, 23(12): 177-180.
- [5] 吴焰玉, 汪家社, 金昌善, 等. 武夷山自然保护区基础地理信息系统介绍 [J]. 武夷科学, 2000, 16(12): 177-181.
- [6] 赵修复. 福建省昆虫名录 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1982.
- [7] 吴焰玉, 汪家社, 方燕鸿. 武夷山自然保护区昆虫多样性现状初报 [C] // 昆虫学研究进展. 北京: 中国科学技术出版社, 1999.
- [8] 刘信种, 方福生. 江西武夷山国家级自然保护区科学考察报告集 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [9] 黄邦侃. 福建昆虫志. 第五卷 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2001.
- [10] 汪家社, 宋士美, 吴焰玉, 等. 武夷山自然保护区螟蛾科昆虫志 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2003.
- [11] 汪家社. 武夷山自然保护区螟蛾亚科昆虫的物种多样性 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2006, 30(3): 98-100.
- [12] 汪家社. 武夷山自然保护区水螟亚科昆虫物种多样性研究 [J]. 华东昆虫学报, 2007, 16(1): 59-63.
- [13] 福建省科学技术厅. 中国·福建武夷山生物多样性研究信息平台 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [14] 林涛, 林乃铨. 武夷山自然保护区天蛾科昆虫多样性的初步研究 [J]. 昆虫分类学报, 2011, 33(4): 303-311.
- [15] 林涛, 林乃铨. 武夷山自然保护区天蛾科属种检索表暨福建新纪录种名录(鳞翅目: 天蛾科) [J]. 武夷科学, 2012, 28(10): 28-33.
- [16] 程松林, 吴淑玉, 钟志宇, 等. 江西武夷山国家级自然保护区动物名录增补 [J]. 江西林业科技, 2013, 41(2): 40-43, 52.
- [17] 徐新宇, 袁荣斌, 雷平, 等. 江西武夷山国家级自然保护区天蛾总科昆虫区系分析 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42(35): 12547-12548, 12551.
- [18] 杨平之. 高黎贡山蛾类图鉴 [M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [19] 中国科学院动物研究所. 中国蛾类图鉴 I [M]. 北京: 科学出版社, 1981.
- [20] 中国科学院动物研究所. 中国蛾类图鉴 II [M]. 北京: 科学出版社, 1982.
- [21] 中国科学院动物研究所. 中国蛾类图鉴 III [M]. 北京: 科学出版社, 1982.
- [22] 中国科学院动物研究所. 中国蛾类图鉴 IV [M]. 北京: 科学出版社, 1983.

责任编辑 夏娟