2019 年 11 月 重庆师范大学学报(自然科学版) Nov. 2019
第 36 卷 第 6 期 Journal of Chongqing Normal University (Natural Science) Vol. 36 No. 6

2018 年度重庆市出版专项基金资助项目 DOI:10.11721/cqnuj20190615

三峡地区资源环境生态研究

重庆市城口县蝴蝶种类调查及区系分析*

蒋宇婕，陈 斌，闫振天
(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:【目的】调查重庆市城口县的蝴蝶种类并进行区系分布研究。【方法】对重庆师范大学昆虫与分子生物学研究所馆藏的城口县蝴蝶针插标本进行鉴定整理;并于 2016—2018 年对城口县蝴蝶进行了较为全面的调查和采集,然后对采集到的蝴蝶成虫标本进行分类鉴定。根据已有相关文献资料和调查中采集到的蝴蝶种类分布情况,对城口县蝴蝶进行了系统的区系分析。【结果】共鉴定蝴蝶成虫标本 1 466 头,分属于 5 科 112 属 224 种,其中发现重庆市新纪录种 34 种。区系分析结果显示:在世界动物地理区系层面上,城口县蝴蝶有 57.59% 的种类归属东洋区,35.27% 的种类为广布种,7.14% 的种类归属古北区;在中国动物地理区系层面上,城口县蝴蝶共有 31 种分布型。【结论】城口县蝴蝶种类资源丰富,达重庆市已有蝴蝶纪录种数的 57.93%,其中蛱蝶科(Nymphalidae)的种数最多。城口县蝴蝶种类在世界动物地理区系中的归属以东洋区为主,在中国动物地理区系上以西南、华中、华北三区交叉分布表现尤为明显。

关键词:蝴蝶;调查;分类;区系;城口县

中图分类号:Q968.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-6693(2019)06-0047-06

蝴蝶为节肢动物门(Arthropoda)昆虫纲(Insecta)鳞翅目(Lepidoptera)锤角亚目(Rhopalocera)动物,是一种重要的媒介昆虫和环境指示昆虫。蝴蝶具有迁飞能力,但它们对寄主的专一性选择使得分布地仍以寄主为中心。有些蝴蝶在幼虫时期常危害农作物,特别是不少经济作物的栽种常受到它们的影响。同时,人类活动对蝴蝶的影响也不可忽视。由于蝴蝶种类多样性与人类对生态环境的保护程度呈正相关关系,因此有关蝴蝶的研究在昆虫学和生态学上都有着重要意义[1]。

城口县位于重庆市东北部、三峡库区腹地,地处重庆、四川和陕西三省(市)的交界处,地理坐标范围为北纬 31°37′～32°12′、东经 108°15′～109°16′,县域内的地形、气候、水文、土壤、植被等自然地理要素均结合了中国西南部与北部相接性的特点。城口县拥有包括大巴山国家级自然保护区在内的多个著名景区,涵盖多种不同地带的生境。由于城口县特殊的地理位置、稳定的自然气候和完整的生态资源为蝴蝶的繁衍生息提供了良好的环境,因而该县成为了生物学和生态学研究的重要地点。然而,有关城口县蝴蝶种类的调查研究至今尚不充分。以往相对集中的相关研究有:李树恒[2]在 2000 年对大巴山国家级自然保护区的蝴蝶分布进行调查,共记录 138 种蝴蝶;2001 年刘文萍等人[3]记载了城口县大巴山蝴蝶共 184 种;2007 年吴静等人[4]在陕西秦巴山区对凤蝶科(Papilionidae)种类进行统计,其中包含了城口大巴山国家级自然保护区的部分凤蝶种类。其余蝴蝶种类零散记载于各类文献中,例如 2010 年出版的《重庆市昆虫》记载了重庆市的蝴蝶总数为 580 余种,其中城口县蝴蝶 274 种[5]。因此,开展城口县全境内蝴蝶的种类调查和区系研究显得十分必要。本研究整理和鉴定了重庆师范大学昆虫与分子生物学研究所收藏的城口县蝴蝶成虫针插标本,并于 2016—2018 年对城口县蝴蝶进行了较为全面的调查和采集,对采集到的蝴蝶成虫标本进行分类鉴定,然后进行了区系分析。本研究结果有望为蝴蝶的种群多样性研究和生态学研究提供基础数据,也为城口县乃至三峡库区的蝴蝶资源保护与利用提供参考资料。

* **收稿日期:**2019-08-30 **修回日期:**2019-10-21 **网络出版时间:**2019-11-25 10:34

资助项目:国家自然科学基金(No. 31872262;No. 31672363);生态环境部南京环境生物多样性保护重大工程专项(No. 8238-2);国家科技基础性工作专项重点项目(No. 2015FY210300);重庆师范大学基金青年项目(No. 13XLQ05);重庆市教育委员会科学技术研究项目(No. KJ1600338;No. KJQN201900532)

第一作者简介:蒋宇婕,女,研究方向为生物学科教学和昆虫分类学,E-mail:466871927@qq.com;**通信作者:**闫振天,男,实验师,E-mail:525201877@qq.com

网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20191125.1034.014.html

1 材料与方法

1.1 标本来源与蝴蝶成虫采集

研究所用的蝴蝶成虫针插标本均来自于重庆师范大学昆虫与分子生物学研究所的昆虫标本馆，为2016—2018年笔者所在研究团队于城口县采集而得。蝴蝶成虫采集地点覆盖了城口县的所有乡镇和生境(封二彩图1)。选择样线法进行采集工作：每条样线长度为2 km，并将样线等分为10个样段；选择在晴朗或多云、风速小的天气条件下，2人1组在采集样线上缓慢匀速地前进，记录道路左右2.5 m、上方5 m范围内出现的蝴蝶。对未能确认的蝴蝶使用网捕法采集，并将捕到的蝴蝶放入三角包并记录编号，统一带回实验室制作标本并鉴定种类。采集时间为上述各年份中的4—9月，每月采集1次，且选择在蝴蝶活动频繁的时间段即9:00—17:00进行采集。

1.2 标本制作与鉴定

将带回实验室的蝴蝶成虫先用回软缸软化；再用展翅板对蝴蝶标本进行展翅，自然风干定型，时间为15 d左右；最后插好采集标签。通过查阅《中国蝴蝶图鉴》《中国蝴蝶原色图鉴》《中国蝴蝶分类与鉴定》等与蝴蝶形态鉴定有关的文献对标本进行种类鉴定[6-9]。

由于目前蝴蝶分类研究者采用的分类方法和研究手段不同，因此当前蝴蝶分类系统尚不完全统一，分科数在5～17科不等[10]。在本研究中，主要采用国际流行的分类系统方法进行分类鉴定[7]，将蝴蝶分为1总科即凤蝶总科(Papilionoidea)，以下再分5个科即凤蝶科、粉蝶科(Pieridae)、蛱蝶科(Nymphalidae)、灰蝶科(Lycaenidae)和弄蝶科(Hesperiidae)。

2 结果与分析

2.1 野外调查和标本鉴定结果

通过野外调查，共采集蝴蝶成虫1 466头，分属于5科112属224种(表1)。在此次调查中共发现4个重庆市蝴蝶新纪录属，分别为睛眼蝶属(*Hemadara*)、精灰蝶属(*Artopoetes*)、克灰蝶属(*Creon*)和昙灰蝶属(*Thersamonia*)；同时共发现34个重庆市蝴蝶新纪录种，分别为中华麝凤蝶(*Byasa confusa*)、美姝凤蝶(*Papilio macilentus*)、四川剑凤蝶(*Pazala sichuanica*)、东亚豆粉蝶(*Colias poliographus*)、北黄粉蝶(*Eurema mandarina*)、大钩粉蝶(*Gonepteryx maxima*)、普通绢粉蝶(*Aporia genestieri*)、奥倍绢粉蝶(*Aporia oberthueri*)、巨翅绢粉蝶(*Aporia gigantea*)、丫纹绢粉蝶(*Aporia delavayi*)、华西黛眼蝶(*Lethe baucis*)、黑纱白眼蝶(*Melanargia lugens*)、普氏矍眼蝶(*Ypthima pratti*)、孔矍眼蝶(*Ypthima confusa*)、华夏矍眼蝶(*Ypthima sinica*)、圆睛眼蝶(*Hemadara rurigena*)、鹰翠蛱蝶(*Euthalia anosia*)、奥环蛱蝶(*Neptis obscurior*)、细带链环蛱蝶(*Neptis andetria*)、精灰蝶(*Artopoetes pryeri*)、超艳灰蝶(*Favonius ultramarinus*)、克灰蝶(*Creon cleobis*)、乌洒灰蝶(*Satyrium ω-album*)、普洒灰蝶(*Satyrium prunoides*)、塔洒灰蝶(*Satyrium thalia*)、紫罗兰昙灰蝶(*Thersamonia violacea*)、东川玄灰蝶(*Tongeia dongchuanensis*)、长标陀弄蝶(*Thoressa blanchardii*)、绿陀弄蝶(*Thoressa viridis*)、黄毛陀弄蝶(*Thoressa kuata*)、秦岭陀弄蝶(*Thoressa yingqii*)、黄斑酣弄蝶(*Halpe gamma*)、宽边赭弄蝶(*Ochlodes ochracea*)和挂墩稻弄蝶(*Parnara batta*)。分析以往关于重庆市蝴蝶种类统计的研究文献可知[5,11-17]，到2015年时共记录重庆市蝴蝶584种。因此，加上此次调查发现的重庆市蝴蝶新纪录种，目前重庆市的蝴蝶应有618种。

此外，对目前已有的关于重庆市城口县蝴蝶种类纪录文献[5,16-18]进行整理后发现，此次调查前的城口县蝴蝶纪录为274种。在此次调查中采集到224种蝴蝶，其中84种为城口县新纪录种，140种蝴蝶为城口县已有纪录种，另有134种蝴蝶在之前的文献中有纪录而此次调查中并未采集到，因此统计得到城口县蝴蝶总纪录有358种，占618种重庆市蝴蝶总纪录的57.93%。

2.2 种类丰富度

从表1可以看出：1) 在属级阶元上，此次采集到的蝴蝶有50属归属于蛱蝶科，占总属数的44.64%，居优势地位；在此之后，归属于灰蝶科、弄蝶科、粉蝶科、凤蝶科的属数则逐次减少。2) 在种级阶元上，此次采集到的蝴蝶有116种归属于蛱蝶科，占总种数的51.78%，因此蛱蝶为城口县蝴蝶的优势种群；在此之后，归属于灰蝶科、弄蝶科、粉蝶科、凤蝶科的种数则逐次减少。总体上看，城口县蝴蝶的种类丰富度较大，这与城口县的生态环境保护程度有一定关联。

2.3 区系分析

表 1　城口县蝴蝶属种占比

Tab. 1　The proportion of genera and species of butterfly in Chengkou County

科名	属数	占总属数的比例/%	种数	占总种数的比例/%
凤蝶科(Papilionidae)	7	6.25	18	8.04
粉蝶科(Pieridae)	8	7.14	24	10.71
蛱蝶科(Nymphalidae)	50	44.64	116	51.78
灰蝶科(Lycaenidae)	33	29.47	43	19.20
弄蝶科(Hesperiidae)	14	12.50	23	10.27
合计	112	100.00	224	100.00

2.3.1 在世界动物地理区系中的区系组成　通过对重庆市城口县的蝴蝶种类进行详细的区系分析可知，重庆市城口县蝴蝶在世界动物地理区系中有 3 种分布型(表 2)：东洋区系型种类共 129 种，占总种数的比例最大，为 57.59%；其次是广布种共 79 种，占比为 35.27%；古北区系型共 16 种，占比最小，为 7.14%。由此可见，重庆市城口县蝴蝶东洋区系型的蝴蝶占有绝对优势，但由于该县地理位置在重庆市东北部，而重庆市也接近东洋区与古北区的交界处，因此城口县的蝴蝶区系在成分上更接近东洋区，但同时又有大量广布种和少数古北种出现。造成这一现象的主要原因在于：1）城口县为秦巴山区区县，而秦巴山地具有高度的复杂性、多样性、过渡性和敏感性等多维地带性变化特点。秦岭和大巴山的存在引起了多种环境效应，山脉南北两面水分条件、温度和气候差异大[19]，造就了山脉南北两面不同的土壤和植被类型，且山脉两面的动、植物区系也有较大差异——这在很大程度上影响了蝴蝶寄主植物的分布。2）城口县全县气候均属北亚热带山地气候，它的特点在于：冬长夏短，春秋气温不稳定，全年气候温和，雨量充沛。同时，县域内不同海拔、地势的差异造成了气候垂直差异明显。此外，该县植被资源丰富，属川东盆地湿性常绿阔叶林。以上因素使得城口县拥有丰富的物种多样性和生境多样性，从而为当地丰富的蝴蝶种类多样性提供了基础和保证。

表 2　城口县蝴蝶在世界动物地理区系中的分布情况

Tab. 2　The distribution of butterfly in Chengkou County of world zoogeographic fauna

科名	东洋区系型/种	古北区系型/种	广布种/种
凤蝶科(Papilionidae)	10	0	8
粉蝶科(Pieridae)	10	1	13
蛱蝶科(Nymphalidae)	70	7	39
灰蝶科(Lycaenidae)	23	8	12
弄蝶科(Hesperiidae)	16	0	7
合计/种	129	16	79
占总种数的比例/%	57.59	7.14	35.27

2.3.2 在中国动物地理区系中的区系组成　中国动物地理区系分为 7 个区，其中西南区、华中区和华北区属于东洋区，华北区、东北区、蒙新区和青藏区属于古北区。重庆市位于中国动物地理区系中的西南区。然而，本研究结果显示，重庆市城口县蝴蝶在中国动物地理区系上组成较为复杂，存在许多不同区系间的共有种。通过对该县的蝴蝶种类跨区类型进行分析和整理，结果显示城口县的蝴蝶在中国动物地理区系中有 31 种分布型(表 3)。

从重庆市城口县蝴蝶在中国动物地理区系上的归属来看，城口县蝴蝶含西南区的种类达 224 种，占此次调查所获蝴蝶种数的 100%，以后依次是与华中区、华北区、华南区、东北区、青藏区和蒙新区的共同分布种，占比分别为 74.55%，66.07%，53.57%，28.57%，24.11%和 12.50%(表 3)。由此得到重庆市城口县与中国动物地理区系中其他区系的生态环境相似性由高到低依次是：华中区、华北区、华南区、东北区、青藏区、蒙新区。另外，从表 3 还可以看出：重庆市城口县蝴蝶仅分布在西南区的只有 11 种，占比为 4.91%；跨两区、三区、四区、五区和六区以及全国分布的蝴蝶种类的占比分别为 20.54%，23.66%，26.79%，13.84%，5.80%和 4.46%。31 种分布型中，西南-华中-华南-华北系型蝴蝶种数最高，为 34 种；其次是西南-华中-华北和西南-华中-华南系型，各占 21 种。这一结果说明城口县蝴蝶在中国地理区划中主要由西南区种、华中区种和华北区种组成。由于城口县位于重庆市东北部，因此上述结果也与该县位于中国动物地理区系中的西南区并毗邻华北区和华中区有关。

值得注意的是，本研究中凤蝶科、粉蝶科和蛱蝶科在 31 种分布型中的归属较为均匀，灰蝶科种类集中归属于单区型、二区型与三区型，弄蝶科的种类集中归属于四区型、五区型与六区型。之前的相关研究表明，绝大部分灰蝶科的蝴蝶食性专一，周围寄主植物的分布是影响灰蝶的种类与数量的主要因素，因此灰蝶的分布有较强的地域性[20]。Boris 等人[21]的研究也表明，蛾类和蝴蝶都可以用作环境指示性昆虫，因为它们对环境的变化比

较敏感;尤其是弄蝶科的蝴蝶可随着生境的改善而显现出比其他种类蝴蝶更高的适应性。由此推测,此次在城口县采集到的灰蝶种类对特定生境要求高,而弄蝶种类对生境要求相对宽松。当然还需进一步求证才能得出确切结论。

表3 城口县蝴蝶在中国动物地理区系中的分布情况

Tab. 3 The distribution of butterfly in Chengkou County of Chinese zoogeographic fauna

分布型	系型	各区分布种数量/种							总计/种	占总种数的比例/%
		西南区	华中区	华南区	华北区	东北区	蒙新区	青藏区		
单区型	西南	11							11	4.91
	西南-东北	1				1				
	西南-华北	15			15					
双区型	西南-华南	13		13					46	20.54
	西南-华中	13	13							
	西南-青藏	4						4		
	西南-华北-东北	5			5	5				
	西南-华北-青藏	2			2			2		
	西南-华南-华北	2		2	2					
三区型	西南-华中-华北	21	21		21				53	23.66
	西南-华中-华南	21	21	21						
	西南-华中-青藏	1	1					1		
	西南-蒙新-青藏	1					1	1		
	西南-华北-蒙新-青藏	1			1		1	1		
	西南-华南-华北-青藏	2		2	2			2		
	西南-华中-东北-蒙新	1	1			1	1			
	西南-华中-华北-东北	10	10		10	10				
四区型	西南-华中-华北-青藏	2	2		2			2	60	26.79
	西南-华中-华南-东北	1	1	1		1				
	西南-华中-华南-华北	34	34	34	34					
	西南-华中-华南-蒙新	1	1	1			1			
	西南-华中-华南-青藏	8	8	8				8		
	西南-华中-华北-东北-蒙新	7	7		7	7	7			
	西南-华中-华北-东北-青藏	5	5		5	5		5		
五区型	西南-华中-华北-蒙新-青藏	1	1		1		1	1	31	13.84
	西南-华中-华南-华北-东北	11	11	11	11	11				
	西南-华中-华南-华北-青藏	7	7	7	7			7		
	除华南外各区均有分布	3	3		3	3	3	3		
六区型	除青藏外各区均有分布	3	3	3	3	3	3		13	5.80
	除蒙新外各区均有分布	7	7	7	7	7		7		
全国广布型		10	10	10	10	10	10	10	10	4.46
合计/种		224	167	120	148	64	28	54	224	
占总种数的比例/%		100.00	74.55	53.57	66.07	28.57	12.50	24.11	100.00	100.00

3 结束语

笔者所在研究团队2016—2018年对重庆市城口县蝴蝶种类的调查是目前为止在该县蝴蝶标本采集地覆盖面最广、蝴蝶标本采集数量最多的一次调查。此次调查采集地遍布城口县下辖所有乡(镇、街道),共记录城口县蝴蝶5科112属224种。其中,有140种蝴蝶为城口县已有纪录种,有84种蝴蝶为城口县新纪录种。另有134种蝴蝶为城口县已有纪录种而此次调查中未采集到。因此,城口县现有蝴蝶纪录种为358种。在这358种蝴蝶

中,有 190 种为重庆市已有纪录种,有 34 种蝴蝶为重庆市新纪录种。重庆市蝴蝶纪录种现有 618 种。总体上看,此次蝴蝶标本采集结果较为理想,然而仍有相当数量的原有纪录种在本次调查中未采集到。这是由于蝴蝶的分布和生存环境具有多元化特点,加上城口县植被茂盛、地形复杂,因而使得在调查过程中采样点的生境覆盖度仍存在局限性。为了在今后更全面地采集更多种类的蝴蝶,还应该对样线的布局进行优化,使之尽可能涵盖各种生境。此外,对蝴蝶种类的鉴定方法上也需进一步改进,除通过查阅文献、对比图鉴图书等传统的形态分类学进行鉴定外,今后还可以结合解剖标本的生殖器官乃至分子生物学的方法以提高鉴定结果的准确性。

在世界动物地理区系层面上看,重庆市城口县蝴蝶有 129 种归属于东洋区,16 种归属于古北区,79 种为广布型;在中国动物地理区系层面上看,重庆市城口县的蝴蝶受明显的地理特点影响,归属较混杂,其中归属于西南区的单区型种类仅有 11 种,而归属于双区型、三区型、四区型、五区型和六区型的分别有 46,53,60,31 和 13 种,此外还有 10 种全国广布型。本研究系统地整理了城口县蝴蝶的种类与区系分布,这为后续相关方面研究提供基础资料,但关于城口县蝴蝶种类统计工作在将来仍需通过更加周密细致的调查来进一步改进。

参考文献:

[1] SING K W, DONG H, WANG W Z, et al. Can butterflies cope with city life? Butterfly diversity in a young megacity in Southern China[J]. Genome, 2016, 59(9): 751-761.

[2] 李树恒. 重庆市大巴山自然保护区蝶类垂直分布及多样性的初步研究[J]. 昆虫知识, 2003(1): 63-67.
LI S H. Vertical distribution and diversity of butterflies in the Dabashan mountain nature reserve[J]. Entomological Knowlwdge, 2003(1): 63-67.

[3] 刘文萍, 邓合黎. 大巴山自然保护区蝶类调查[J]. 西南农业大学学报, 2001, 23(2): 149-152.
LIU W P, DENG H L. A survey of butterflies in Daba mountains natural reserve[J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2001, 23(2): 149-152.

[4] 吴静, 张迎春, 霍科科. 陕西秦巴山区凤蝶调查与研究[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2007, 35(1): 90-95.
WU J, ZHANG Y C, HUO K K. Survey and research on papiliondae in Qinling-Bashan mountainous area[J]. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition), 2007, 35(1): 90-95.

[5] 陈斌, 李廷景, 何正波. 重庆市昆虫[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
CHENG B, LI T J, HE Z B. Catalogue of insects in Chongqing municipality[M]. Beijing: Science Press, 2010.

[6] 武春生, 徐堉峰. 中国蝴蝶图鉴[M]. 福州: 海峡出版发行集团 海峡书局, 2017.
WU C S, XU Y F. Butterflies of China[M]. Fuzhou: The Straits Publishing & Distributing Group, 2017.

[7] 周尧. 中国蝴蝶原色图鉴[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1999.
ZHOU Y. Illustrated handbook of Chinese butterflies[M]. Zhengzhou: Science and Technology of Henan Press, 1999.

[8] 周尧. 中国蝴蝶分类与鉴定[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1998.
ZHOU Y. Classification and identification of Chinese butterflies [M]. Zhengzhou: Science and Technology of Henan Press, 1998.

[9] 李树恒, 侯江. 重庆市四面山蝶类区系研究[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2004, 26(4): 405-408.
LI S H, HOU J. Studies on butterfly fauna in the Simian mountain in Chongqing municipality[J]. Journal of Southwest Agricultural University (Natural Science), 2004, 26(4): 405-408.

[10] 寿建新. 国内外蝴蝶分类认识总结[J]. 西安文理学院学报(自然科学版), 2014, 17(4): 21-27.
SHOU J X. A summary of international butterfly classifications [J]. Journal of Xi'an University (Natural Science Edition), 2014, 17(4): 21-27.

[11] 张岚, 刘文萍, 邓合黎, 等. 武陵山北西部蝶类调查[J]. 西南农业大学学报, 2002, 24(5): 422-427.
ZHANG L, LIU W P, DENG H L, et al. A report on a butterfly survey in the northwestern region of the Wuling mountains[J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2002, 24(5): 422- 427.

[12] 杨萍, 漆波, 邓合黎. 盆东平行岭谷蝶类生态地理[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2004, 26(3): 371-377.
YANG P, QI B, DENG H L. Ecogeographical study of butterflies in the parallel mountain ridges and valleys in eastern Sichuan basin[J]. Journal of Southwest Agricultural University (Natural Science), 2004, 26(3): 371-377.

[13] 李爱民, 徐堉峰, 邓合黎. 重庆市蝶类新记录[J]. 四川动物, 2007, 26(4): 905-906.
LI A M, XU Y F, DENG H L. New records of butterflies in Chongqing[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2007, 26(4): 905-906.

[14] 李爱民, 邓合黎, 陈常卿. 重庆市蝶类新记录[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2010, 35(1): 146-149.
LI A M, DENG H L, CHENG C Q. New records of butterflies in Chongqing[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition), 2010, 35(1): 146-149.

[15] 李爱民,邓合黎,左燕.重庆市蝶类新记录[J].西南师范大学学报(自然科学版),2015,40(5):88-93.
LI A M,DENG H L,ZUO Y. New records of butterflies in Chongqing[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition),2015,40(5):88-93.

[16] 刘文萍.重庆市蝶类调查报告(I)凤蝶科、绢蝶科、粉蝶科、眼蝶科、蛱蝶科[J].西南农业大学学报,2001,23(6):489-493.
LIU W P. A report of a survey of butterflies in Chongqing [J]. Journal of Southwest Agricultural University,2001,23(6):489-493.

[17] 刘文萍.重庆市蝶类调查报告(Ⅱ)珍蝶科、喙蝶科、蚬蝶科、灰蝶科、弄蝶科[J].西南农业大学学报,2002,24(4):293-295.
LIU W P.A Report of a survey of butterflies in Chongqing (II)[J]. Journal of Southwest Agricultural University,2002,24(4):293-295.

[18] 刘文萍,邓合黎,李树恒.大巴山南坡蝶类调查[J].西南农业大学学报,2000,22(2):140-145.
LIU W P,DENG H L,LI S H. A survey of butterflies on the southern slope of the Daba mountains[J].Journal of Southwest Agricultural University,2000,22(2):140-145.

[19] 张百平.中国南北过渡带研究的十大科学问题[J].地理科学进展,2019,38(3):305-311.
ZHANG B P. Ten major scientific issues concerning the study of China's north-south transitional zone[J]. Progress in Geography,2019,38(3):305-311.

[20] 王敏,范骁凌.中国灰蝶志[M].郑州:河南科学技术出版社,2002.
WANG M,FAN X L. Butterflies fauna Sinica:Lycaenidae [M].Zhengzhou:Science and Technology of Henan Press,2002.

[21] LOMOV B,KEITH D A,BRITTON D R,et al. Are butterflies and moths useful indicators for restoration monitoring? A pilot study in Sydney's cumberland plain woodland[J].Ecological Management & Restoration,2010,7(3):204-210.

Resources, Environment and Ecology in Three Gorges Area

Investigation and Fauna Analysis of Butterflies in Chengkou County of Chongqing Municipality

JIANG Yujie, CHEN Bin, YAN Zhentian

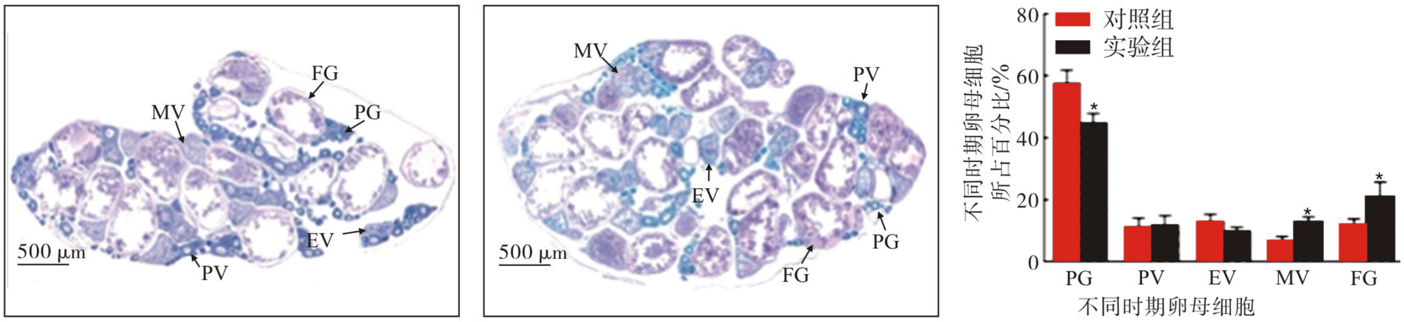
(Chongqing Key Laboratory of Vector Insects, Institute of Entomology and Molecular Biology, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: [**Purposes**]To understand the butterfly species diversity and faunal composition in Chengkou County of Chongqing municipality. [**Methods**] The insect diversity investigation was carried from 2016 to 2018, and the butterfly specimens deposited in Institute of Entomology and Molecular Biology in Chongqing Normal University were also applied her. The butterfly specimens were morphologically identified, and the species belonging to different geographical regions of China were analyzed according to the existing literature about butterfly species in Chongqing and the distribution of collected butterflies in this investigation. [**Findings**]A total of 1466 butterflies were identified, and they belong to 5 families, 112 genera and 224 species, including 34 newly recorded species in Chengkou County. The fauna analysis results showed that 57.59% butterfly species in Chengkou occur in the Oriental region, 35.27% is cosmopolitan and 7.14% occur in the Palearctic region species in the world zoogeographic regions. These butterfly species in Chengkou have 31 distribution patterns in Chinese zoogeographic regions. [**Conclusions**]Butterfly species diversity in Chengkou County of Chongqing municipality is abundant, and the species number is accounted for 57.93% of the known butterfly species in Chongqing. The butterfly species in Chengkou mainly belong to Oriental region species. These species are especially common in three Chinese zoogeographic subregions, South-West subregion, Central China subregion and North China subregion.

Keywords: butterflies; investigation; classification; fauna; Chengkou County

(责任编辑 方 兴)

（接正文42页）



a 对照组卵巢组织学结构　　b 实验组卵巢组织学　　c 卵巢中不同时期的卵母细胞所占百分数

注：PG: 初级生长期；PV: 卵黄发生前期；EV: 卵黄发生早期；MV: 卵黄发生中期；FG: 成熟期；*表示组间数据差异具有统计学意义(p<0.05)。下同。

图1　Cd^{2+}暴露影响成年雌性斑马鱼卵巢发育

Fig. 1　Cd^{2+} exposure affects development of ovary in adult female zebrafish

（接正文48页）

注：底图来源于重庆市规划和自然资源局网站“重庆市标准地图服务”提供的“城口县行政区划”，审图号:渝S2016)062号。

图1　城口县蝴蝶样本采集分布地

Fig. 1　The distribution of butterfly specimencollected in Chengkou county

（接正文53页）

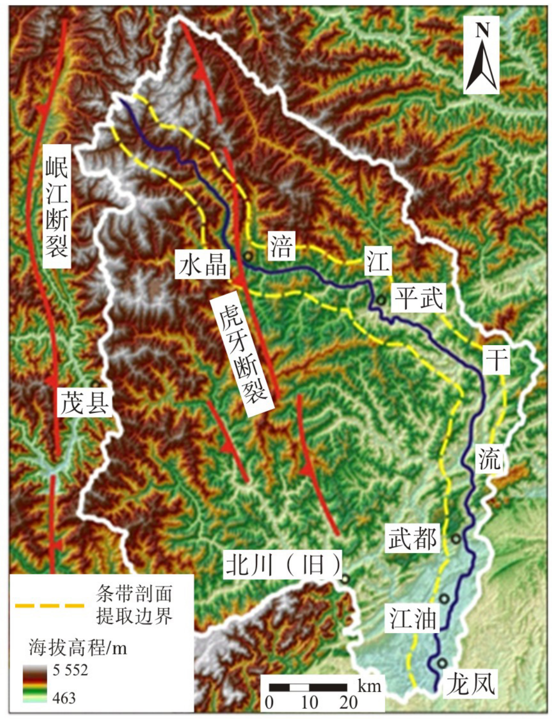


图1　涪江上游流域条带剖面提取位置

Fig. 1　The chart location of swath profile in the upper reaches basin of Fujiang river

（接正文107页）

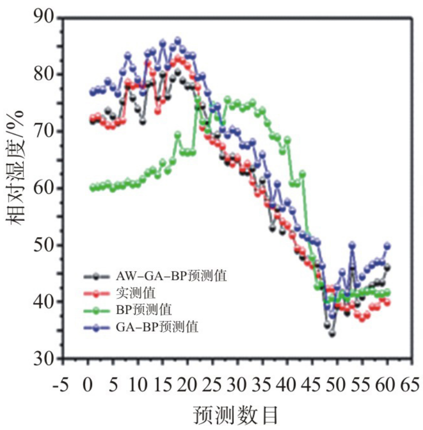


图4　相对湿度预测值和实测值对比

Fig. 4　Comparison based on predicted and measured values of relative humidity

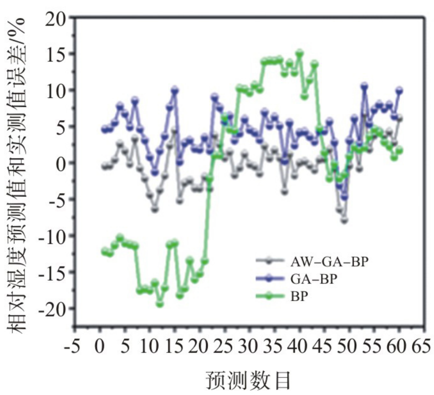


图5　相对湿度预测值和实测值误差对比

Fig. 5　Comparison of errors based on predicted and measured values of relative humidity

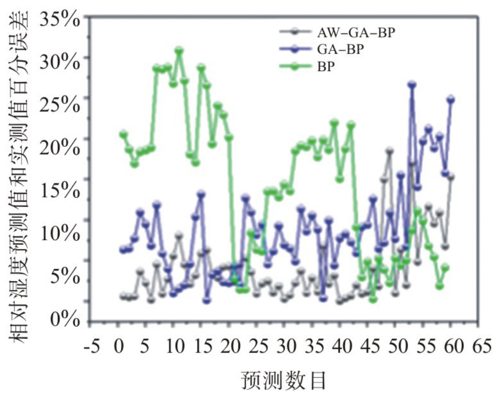


图6　相对湿度预测值和实测值百分误差对比

Fig. 6　Percentage error comparison based on predicted and measured values of relative humidity