

井冈山自然保护区蜻蜓目昆虫资源调查

钟红¹,邱建国¹,潘元强¹,杨佳明¹,林豆豆¹,欧阳蓓²,蒋凯^{1*}

(1. 井冈山大学 生命科学学院,江西 吉安 343009;

2. 井冈山大学 政法学院,江西 吉安 343000)

摘要: 为明确井冈山自然保护区蜻蜓目昆虫种质资源和群落特征,为蜻蜓目昆虫资源的保护和合理利用提供理论依据,2018—2021年在井冈山自然保护区选取长古岭(海拔470 m左右)、大井(海拔930 m左右)、黄洋界(海拔1 200 m左右)3个不同海拔样地开展蜻蜓资源调查。采用Simpson优势集中性指数、Pielon均匀度指数、Berger-Parker优势度指数和Shannon-Wiener多样性指数对3个样地的蜻蜓进行多样性分析。共采集到标本483只,隶属于2亚目8科16属23种,其中蜻科(Libellulidae)占据绝对优势,属数和种数分别占总数的37.50%和56.52%;大井和黄洋界的群落结构指标均无显著差异($P>0.05$),大井和黄洋界的多样性指数、均匀度指数均显著高于长古岭($P<0.05$),而优势度指数、优势集中性指数则显著低于长古岭($P<0.05$)。结果表明井冈山自然保护区内海拔较低的长古岭蜻蜓目昆虫群落的多样性较低,但优势种的地位更为突出。

关键词: 井冈山自然保护区;蜻蜓目;物种多样性;优势种

中图分类号: S828.8

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2022)05-0461-06

Investigation of Odonata insect resources in Jinggangshan Nature Reserve

ZHONG Hong¹, QIU Jianguo¹, PAN Yuanqiang¹, YANG Jiaming¹, LIN Doudou¹, OUYANG Bei²,
JIANG Kai^{1*}

(1. School of Life Sciences, Jinggangshan University, Ji'an 343009, Jiangxi, China;

2. School of Political Science and Law, Jinggangshan University, Ji'an 343000, Jiangxi, China)

Abstract: In order to clarify the species resources and community characteristics of Odonata insects in Jinggangshan Nature Reserve, and provide a theoretical basis for the protection and rational utilization of Odonata resources, dragonfly resources were investigated in Changguling (470 m above sea level), Dajing (930 m above sea level) and Huangyangjie (1 200 m above sea level) of Jinggangshan from 2018 to 2021. Shannon-Wiener diversity index, Pielon evenness index, Berger-Parker dominance index and Simpson dominance concentration index were used to analyze the diversity of dragonflies in three sampling sites. A total of 483 specimens were collected and identified, belonging to 23 species, 16 genera, 8 families, 2 suborders. Among them, Libellulidae occupied an absolute advantage, and the numbers of genera and species accounted for 37.50% and 56.52% of the total, respectively. There was no significant difference in community structure index between Dajing and Huangyangjie ($P>0.05$). The diversity index and evenness index of Dajing and Huangyangjie were significantly higher than those of Changguling ($P<0.05$), while the dominance index and dominance concentration index were significantly lower than those of Changguling ($P<0.05$). This indicates that the diversity of Odonata community is low in Changguling, which is at a lower altitude in Jinggangshan Nature Reserve, but the dominant species are

收稿日期: 2022-05-31 修回日期: 2022-07-23 接受日期: 2022-10-18

作者简介: 钟红(2001-),女,主要从事昆虫资源利用与保护研究。E-mail: 1908101026@jgsu.edu.cn

* 通讯联系人: 蒋凯(1989-),男,副教授,博士,主要从事动物学研究。E-mail: 9920180022@jgsu.edu.cn

基金项目: 江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ180585);井冈山大学项目(XJJG-20-29;JZB1916)

引用格式: 钟红,邱建国,潘元强,等. 井冈山自然保护区蜻蜓目昆虫资源调查[J]. 生物资源, 2022, 44(5): 461-466.

Zhong H, Qiu J G, Pan Y Q, et al. Investigation of Odonata insect resources in Jinggangshan Nature Reserve [J]. Biotic Resources, 2022, 44(5): 461-466.

more prominent.

Key words: Jinggangshan Nature Reserve; Odonata; species diversity; dominant species

0 引言

蜻蜓目(Odonata)隶属于节肢动物门(Arthropoda)昆虫纲(Insecta),幼虫和成虫均捕食农林害虫,是重要的天敌昆虫^[1]。蜻蜓不仅是具有一定药用、食用及观赏价值的资源昆虫,而且还是检测水域环境变化的重要指示物种^[2~4]。蜻蜓目昆虫分布广泛,全球已报道的蜻蜓种类有5 600余种^[5],其中我国有650多种,分属20科160属^[6]。国内外学者很早便开始了蜻蜓目昆虫多样性的研究^[7~10],井冈山自然保护区位于湘赣边界罗霄山脉中段,气候温和,降水量充足,为典型的亚热带季风型气候,生境复杂,生物多样性丰富,是许多动植物更新世的冰期“避难所”^[11]。井冈山自然保护区有许多沟渠和天然湖泊,优质的水环境和丰富的物种资源为蜻蜓的生存与繁殖提供了良好的栖息环境,但目前对保护区蜻蜓目昆虫多样性的研究还未见报道。为了更好地了解井冈山自然保护区内蜻蜓目昆虫的物种资源和群落特征,丰富保护区的生物多样性信息,为蜻蜓目昆虫资源的保护和合理利用提供理论依据,2018—2021年5—10月在井冈山自然保护区开展了蜻蜓目昆虫资源调查研究。

1 材料与方法

1.1 样地概况

井冈山自然保护区位于湘赣边界罗霄山脉中段,地理坐标为东经113°59′~114°23′,北纬26°27′~26°49′,气候温和,降水量充足,年平均气温14.2℃,年平均降水量1 856.2 mm,年平均相对湿度84%,为典型的亚热带季风型气候,生境复杂,生物多样性丰富。山体呈东北-西南走向,地势西高东低,群峰峻峭,最低海拔202 m,最高海拔1 841 m,相对高度差1 639 m,整个山体曲折蜿蜒,溪谷纵横,山谷溪流两岸树高林密,日照湿度大,繁茂的植被为蜻蜓目昆虫的生长繁殖提供了良好的环境。

1.2 研究方法

1.2.1 取样调查方法

以长古岭(海拔470 m)、大井(海拔930 m)、黄洋界(海拔1 200 m)为调查样地,在每一调查样地进行大面积(5 km×5 km)随机取样,除海拔高度外,采样点环境相近,主要在水稻田、水塘、农舍、路边和山溪两岸采集,调查时间为2018—2021年的5—10

月,每年2次,每次3天。捕捉方法主要为网捕法,将捕获的蜻蜓两翅竖立,轻掐其胸部至眩晕,取出放入三角纸袋中,需注意不要损伤蜻蜓翅膀;同一种蜻蜓制作一个标本,其余统计数量后放归自然。

1.2.2 蜻蜓标本的制作和种类鉴定

将蜻蜓躯干放入泡沫板凹处,用镊子将蜻蜓的翅膀轻轻展开,用昆虫针从蜻蜓中胸背面正中垂直插入,固定在泡沫板上,做成针插标本。种类鉴定主要根据蜻蜓目相关文献^[12~14]及《中国见习蜻蜓》^[15]《中国春蜓分类》^[16]《中国常见蜻蜓图说》^[17]等论著中描述的形态学特征。

1.2.3 数据分析及统计方法

① 采用Shannon-Wiener方法开展多样性指数(H')分析,计算公式为 $H' = -\sum (p_i \ln p_i)$ 。其中, H' 为香农指数, $p_i = N_i/N$,即第*i*个物种的个体总数与全部物种的个体总数(N)的比值^[18]。一般而言,多样性指数与群落结构的复杂稳定性成正相关。

② 采用Pielon方法开展均匀度指数(E)分析,计算公式为 $E = H'/\ln S$ 。其中, H' 为实际观察的物种多样性指数,即Shannon-Wiener多样性指数, S 为种的数量^[19]。各物种的数量分配情况直接影响均匀度指数的大小。

③ 采用Berger-Parker方法开展优势度指数(D)分析,计算公式为 $D = N_{\max}/N$,即优势种的个体总数($N_{\max}$)与全部物种的个体总数(N)的比值^[20]。优势度指数可反映各物种在群落中生态功能的突出情况。

④ 采用Simpson方法进行优势集中性指数(C),计算公式为 $C = \sum p_i^2$,其中, p_i 为第*i*个种群的个体数在总体数中的比值^[21]。

对以上数据采用Excel和SPSS 16.0软件统计分析。

2 结果与分析

2.1 井冈山自然保护区蜻蜓目昆虫种类的构成特点

本次调查中共采集到蜻蜓目昆虫标本483只,隶属于2亚目8科16属23种,其中均翅亚目(Zygoptera)4科7属7种,差翅亚目(Anisoptera)4科9属16种(表1),从属的数量和种的数量来看,优势科为蜻科(Libellulidae)和蟌科(Coenagrionidae),其中蜻科为优势类群,属数占总属数的37.50%,种数占总种

数的 56.52%；虬科的属数占总属数的 18.75%，种数占总种数的 13.04%；而大蜓科(Cordulegasteridae)、春蜓科(Gomphidae)、大伪蜻科(Macromiidae)、扇虬科(Platycnemididae)、大溪虬科(Philogangide)都只有 1 属 1 种，占总属数的 6.25%，占总种数的 4.35%。

2.2 不同海拔高度对蜻蜓目昆虫群落物种多样性的影响

对井冈山自然保护区长古岭、大井、黄洋界 3 个不同海拔高度样地的蜻蜓目昆虫种类组成进行统计,结果表明:蜻科为 6 属 13 种,属数、种数及个体数量均占优势,而大蜓科、春蜓科、大伪蜻科、扇虬科、大溪虬科均为单属单种(表 2)。其中,长古岭共采集蜻蜓目昆虫数量 151 只,15 个物种;大井蜻蜓目昆虫数量为 167 只,21 个物种;黄洋界蜻蜓目昆虫数量为 165 只,20 个物种(表 2 和表 3)。

表 1 井冈山自然保护区蜻蜓目昆虫种类构成
Table 1 Species composition of dragonfly insects collected in Jinggangshan Nature Reserve

科	属数(比例/%)	种数(比例/%)
大蜓科(Cordulegasteridae)	1(6.25)	1(4.35)
春蜓科(Gomphidae)	1(6.25)	1(4.35)
大伪蜻科(Macromiidae)	1(6.25)	1(4.35)
蜻科(Libellulidae)	6(37.50)	13(56.52)
色虬科(Calopterygidae)	2(12.50)	2(8.69)
虬科(Coenagrionidae)	3(18.75)	3(13.04)
扇虬科(Platycnemididae)	1(6.25)	1(4.35)
大溪虬科(Philogangide)	1(6.25)	1(4.35)
合计	16	23

对不同海拔高度的 3 个样地蜻蜓目昆虫群落物种多样性进行分析,结果表明:大井和黄洋界的各项群落结构指标均无显著差异($P>0.05$),而与长古

表 2 井冈山自然保护区不同海拔样地中蜻蜓种类组成和数量分布情况
Table 2 Species composition and quantity distribution of dragonflies in sampling sites at different altitudes of Jinggangshan Nature Reserve

科名	属名	种名	长古岭	大井	黄洋界	总计
大蜓科(Cordulegasteridae)	巨圆臀大蜓属(<i>Anotogaster</i>)	巨圆臀大蜓(<i>Anotogaster sieboldii</i>)	0	1	0	1
春蜓科(Gomphidae)	新叶蜻蜓属(<i>Sinictinogomphus</i>)	大团扇春蜓(<i>Sinictinogomphus clavatus</i>)	0	2	1	3
大伪蜻科(Macromiidae)	丽大伪蜻属(<i>Epophthalmia</i>)	闪蓝丽大伪蜻(<i>Epophthalmia elegans</i>)	0	1	0	1
蜻科(Libelluloidea)	黄蜻属(<i>Pantala</i>)	黄蜻(<i>Pantala flavescens</i>)	54	36	33	123
	红蜻属(<i>Crocothemis</i>)	红蜻(<i>Crocothemis servilia</i>)	27	16	14	57
	灰蜻属(<i>Orthetrum</i>)	白尾灰蜻(<i>Orthetrum albistylum</i>)	13	21	18	52
		褐肩灰蜻(<i>Orthetrum internum</i>)	3	4	7	14
		异色灰蜻(<i>Orthetrum melania</i>)	5	8	9	22
		赤褐灰蜻(<i>Orthetrum pruinosum</i>)	7	13	15	35
		吕宋灰蜻(<i>Orthetrum luzonicum</i>)	3	4	4	11
		线痣灰蜻(<i>Orthetrum lineostigma</i>)	2	5	2	9
	玉带蜻属(<i>Pseudothemis</i>)	玉带蜻(<i>Pseudothemis zonata</i>)	0	2	1	3
	赤蜻属(<i>Sympetrum</i>)	竖眉赤蜻(<i>Sympetrum eroticum ardens</i>)	3	1	3	7
		小黄赤蜻(<i>Sympetrum kunkeli</i>)	0	1	2	3
		秋赤蜻(<i>Sympetrum frequens</i>)	5	9	12	26
	曲缘蜻属(<i>Palpopleura</i>)	六斑曲缘蜻(<i>Palpopleura sex-maculata</i>)	4	14	21	39
色虬科(Calopterygidae)	暗色虬属(<i>Atrocalopteryx</i>)	黑色虬(<i>Atrocalopteryx atrata</i>)	3	5	3	11
虬科(Coenagrionoidea)	单脉色虬属(<i>Matrona</i>)	透顶单脉色虬(<i>Matrona basilaris</i>)	19	14	8	41
	黄虬属(<i>Ceriagrion</i>)	长尾黄虬(<i>Ceriagrion fallax</i>)	0	0	2	2
	虬属(<i>Coenagrion</i>)	蓝纹尾虬(<i>Paracercion calamorum</i>)	2	7	7	16
扇虬科(Platycnemididae)	异痣虬属(<i>Ischnura</i>)	褐斑异痣虬(<i>Ischnura senegalensis</i>)	1	1	2	4
扇虬科(Platycnemididae)	扇虬属(<i>Platycnemis</i>)	叶足扇虬(<i>Platycnemis phyllopoda</i>)	0	2	0	2
大溪虬科(Philogangide)	大溪虬属(<i>Ohiloganga</i>)	壮大溪虬(<i>Philoganga robusta</i>)	0	0	1	1
合计	16	23	151	167	165	483

岭则存在一定的差异;大井和黄洋界(高海拔)的物种数、多样性指数、均匀度指数均显著高于长古岭(低海拔)($P<0.05$);而优势度指数、优势集中性指数则显著低于长古岭($P<0.05$)(表3、4)。可以看出,在井冈山自然保护区,海拔高度较低的长古岭,蜻蜓目昆虫的多样性、物种数目分布的均匀性均呈现下降趋势,但优势种更为显著、地位更为突出。

3 讨 论

通过初步调查在井冈山自然保护区采集到的蜻蜓分属于8科16属23种,种类较为丰富,其中蜻科的优势最为明显,6属13种,属数、种数以及个体数量都远超其他科,而大蜓科、春蜓科、大伪蜻科、扇螳科、大溪螳科均为单属单种,螳科和色螳科的种属比也为1。同属的蜻蜓在行为、生物学习性以及能量消耗方式等方面往往十分相似^[22],在一个生态系统中,食物链越多,食物网越复杂,营养级愈大,系统的稳定性愈强,生物物种类型的减少带来的是食物网的简单化,导致能量流动的途径较少,当能量流动受到干扰时不容易被补偿^[23]。而井冈山自然保护区中蜻科占据了绝对的优势地位,其他属、种的蜻蜓较少。因此,井冈山自然保护区的蜻蜓目昆虫种群结构不够稳定,物种过于集中可能会阻碍蜻蜓目各种群的生存发展。

长古岭、大井、黄洋界3个样地的多样性分析,结果显示大井和黄洋界两个较高海拔样地的各项群落结构指标均十分相近,均匀度指数和多样性指数均高于较低海拔的长古岭,而优势集中性指数和优势度指数则相反。结合3个样地的海拔高度进行分

析,大井和黄洋界的海拔分别为930 m和1 200 m,海拔高度较为接近,而长古岭的海拔为470 m,明显低于大井和黄洋界。这表明井冈山自然保护区内海拔较低的长古岭蜻蜓目昆虫群落的多样性较低,但优势种的地位反而会更加突出。随着海拔的改变,自然环境和人类活动都会对昆虫产生不同程度的影响,昆虫的适应性也会发生相应的改变^[23],可体现在形态结构(如体重和翅膀面积)、产卵量和后代的存活率、免疫和代谢机制等多个方面^[24~26]。李静敏等^[27]对鹞落坪自然保护区蜻蜓目昆虫抽样调查分析时发现海拔高于1 200 m后,蜻蜓物种数、多样性指数、均匀度指数随着海拔的升高而降低,在海拔高度低于1 200 m时,海拔变化对蜻蜓分布影响不显著,与本研究结果有所不同。通过调查分析发现长古岭村落较多,人口比大井和黄洋界密集。我们推测,人为干扰因素对蜻蜓目昆虫分布影响显著;此外,大井和黄洋界自然条件更为优越,整体植物盖度较高,生物资源丰富,水质更佳,水体含氧量丰富可能也是蜻蜓目昆虫多样性、物种数目分布的均匀性较高的因素。

蜻蜓目昆虫群落结构的多样性指数能够较好反映出蜻蜓群落结构的复杂性,从而及时规划蜻蜓资源保护和利用策略^[28~30]。在数据处理和分析过程中发现,井冈山地区与江西其他地区相比(如怀玉山^[28]、庐山^[29]、九连山^[30]),蜻蜓群落的多样性指数略低。蜻蜓是旗舰物种(flagship species),在与环境的协同进化过程中,对栖境有特殊要求^[1]。因此,要合理控制人为活动对自然环境的影响,减少砍伐树林、开山修路等一系列破坏自然生态的活动,做到人与

表3 井冈山自然保护区不同海拔样地中蜻蜓目昆虫群落结构的主要指标
Table 3 Main indexes of Odonata insect community structure in sampling sites at different altitudes of Jinggangshan Nature Reserve

样地	物种数	个体数/只	多样性指数(H')	均匀度指数(E)	优势度指数(D)	优势集中性指数(C)
长古岭(470 m)	15	151	2.07093 ^b	0.76473 ^b	0.35762 ^a	0.19012 ^a
大井(930 m)	21	167	2.5676 ^a	0.84335 ^a	0.21557 ^b	0.10208 ^b
黄洋界(1 200 m)	20	165	2.56008 ^a	0.85457 ^a	0.20000 ^b	0.09973 ^b

注:列上不同的小写字母a,b表示显著性差异, $P<0.05$
Note: different lower case letters a,b above columns indicate significant differences at $P<0.05$

表4 井冈山自然保护区高、低海拔样地中蜻蜓目昆虫群落结构的主要指标
Table 4 Main indexes of Odonata insect community structure in sampling sites at high and low altitudes in Jinggangshan Nature Reserve

样地	物种数	个体数/只	多样性指数(H')	均匀度指数	优势度指数(D)	优势集中性指数(C)
低海拔	15	151	2.070 93 [*]	0.764 73 [*]	0.357 62 [*]	0.190 12 [*]
高海拔	41	332	3.694 00	1.233 09	0.207 83	0.102 64

自然协调发展,这样才能更好地保护生态环境和昆虫资源,做到可持续发展。

参考文献

- [1] 高宇, 史树森. 蜻蜓目昆虫资源价值[J]. 生物资源, 2021, 43(3): 276-283.
Gao Y, Shi S S. Resource value of Odonata insects [J]. Biotic Resour, 2021, 43(3): 276-283.
- [2] Butler R G, DeMaynadier P G. The significance of littoral and shoreline habitat integrity to the conservation of lacustrine damselflies (Odonata) [J]. J Insect Conserv, 2008, 12(1): 23-36.
- [3] Samways M J, Sharratt N J. Recovery of endemic dragonflies after removal of invasive alien trees [J]. Conserv Biol, 2010, 24(1): 267-277.
- [4] Pinto N S, Juen L, Cabette H S R, et al. Fluctuating asymmetry and wing size of *Argia tinctipennis* Selys (Zygoptera: Coenagrionidae) in relation to riparian forest preservation status [J]. Neotrop Entomol, 2012, 41(3): 178-185.
- [5] Tennessen K. Rate of species descriptions in Odonata [J]. Entomol News, 1997, 108(2): 122-126.
- [6] 王治国. 中国蜻蜓名录(昆虫纲:蜻蜓目)[J]. 河南科学, 2007, 25(2): 219-238.
Wang Z G. Catalogue of Chinese dragonflies(Insecta: Odonata) [J]. Henan Sci, 2007, 25(2): 219-238.
- [7] 欧阳玖, 陈启杰, 陈凤虎. 黑龙江省蜻蜓目(Odonata)昆虫调查初报[J]. 哈尔滨师范大学(自然科学学报), 1998, 14(6): 89-93.
Ouyang J, Chen Q J, Chen F H. A preliminary research report of Odonata insects in Heilongjiang Province [J]. Nat Sci J Harbin Norm Univ, 1998, 14(6): 89-93.
- [8] Norma-Rashid Y, Mohd-Sofian A, Zakaria-Ismail M. Diversity and distribution of Odonata (dragonflies and damselflies) in the fresh water swamp lake Tasek Bera, Malaysia [J]. Hydrobiologia, 2001, 459(1/2/3): 135-146.
- [9] Che Salmah M R, Abu H A, Ameilia Z S. Odonate communities (Odonata: Insecta) in a tropical river basin, Malaysia [J]. Wetl Sci, 2004, 2(1): 1-9.
- [10] 刘阳, 高新宇, 袁锋, 等. 北京地区蜻蜓区系及分布[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2004, 40(3): 375-379.
Liu Y, Gao X Y, Yuan F, et al. Faunal analysis and distribution of dragonflies in Beijing [J]. J Beijing Norm Univ Nat Sci, 2004, 40(3): 375-379.
- [11] 江西省林业厅, 江西省环境保护局, 江西省技术委员会. 井冈山自然保护区考察研究[M]. 北京: 新华出版社, 1990.
Jiangxi Provincial Forestry Department, Jiangxi Environmental Protection Bureau, Jiangxi Provincial Technical Committee. Scientific Survey and Research on Jinggangshan Nature Reserve [M]. Beijing: Xinhua Publishing House, 1990.
- [12] 杨祖德, 欧阳玖. 中国北方的螳(damselflies)[J]. 汉中师范学院学报(自然科学), 1998, 16(1): 57-61.
Yang Z D, Ouyang J. Damselflies in northern China [J]. Journal of Shaanxi University of Technology (Social Sciences), 1998, 16(1): 57-61.
- [13] 张宏杰, 李星星. 中国长尾蜓属(蜻蜓目: 蜓科)研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(13): 7562-7564, 7566.
Zhang H J, Li X X. Study on Gynacantha genus (Odonata: Aeshnidae) from China [J]. J Anhui Agric Sci, 2011, 39(13): 7562-7564, 7566.
- [14] Hämäläinen M, Yu X, Zhang H M. Descriptions of *Matrona oreades* spec. nov. and *Matrona corephaea* spec. nov. from China (Odonata: Calopterygidae) [J]. Zootaxa, 2011, (2830): 20-28.
- [15] 随敬之, 孙洪国. 中国习见蜻蜓[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
Sui J Z, Sun H G. Common species of dragonflies from China [M]. Beijing: Agriculture Publishing House, 1986.
- [16] 赵修复. 中国春蜓分类 蜻蜓目: 春蜓科[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1990.
Zhao X F. Classification of spring dragonflies in China Odonata: Gomphidae [M]. Fuzhou: Fujian science and Technology Press, 1990.
- [17] 何时新. 中国常见蜻蜓图说[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2007.
He S X. The picture of common dragonflies in China [M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2007.
- [18] 黄红英, 朱飞, 欧建群. 广东韶关市郊不同生境蝶类种群结构及多样性的初步研究[J]. 昆虫知识, 2003, 2: 167-171.
Huang H Y, Zhu F, Ou J Q. Community structure and diversity of butterflies in different habitats in the suburbs of Shaoguan City, Guangdong Province [J]. Entomol knowle, 2003, 40(2): 167-171.
- [19] 张智英, 李玉辉, 柴冬梅, 等. 云南石林公园不同生境蚂蚁多样性研究[J]. 生物多样性, 2005, 13(4): 357-362.
Zhang Z Y, Li Y H, Chai D M, et al. Ant biodiversity in different habitats in Shilin Park, Yunnan Province [J]. Chin Biodivers, 2005, 13(4): 357-362.
- [20] 杨大荣. 西双版纳片断热带雨林蝶类群落结构与多样性研究[J]. 昆虫学报, 1998, 41(1): 48-55.

- Yang D R. Studies on the structure of the butterfly community and diversity in the fragmentary tropical rainforest of Xishuangbanna, China [J]. *Acta Entomol Sin*, 1998, 41(1): 48-55.
- [21] 舒晓艳, 汤成华. 宏门冲蝶类多样性研究初报[J]. 怀化师院学报(自然科学), 2003, 2: 53-56.
- Shu X Y, Tang C H. Preliminary studies on diversity of the butterfly in Hongmenchong [J]. *J Huaihua Univ*, 2003, 22(2): 53-56.
- [22] 黄小清. 海南岛蜻蜓目昆虫多样性研究[D]. 海口: 海南热带农业大学, 2007.
- Huang X Q. Study on diversity of Odonata in Hainan Island [D]. Haikou: South China University of Tropical Agriculture, 2007.
- [23] 毛礼钟. 关于生态系统中食物链、营养级的几个问题[J]. 生物学通报, 1986, 21(5): 16-18.
- Mao L Z. Some problems about food chain and trophic level in the ecosystem [J]. *Bull Biol*, 1986, 21(5): 16-18.
- [24] 张杰. 景观多样性和海拔对小菜蛾种群适应性的影响机制[D]. 福州: 福建农林大学, 2016.
- Zhang J. Effects of landscape diversity and altitude on the adaptation of *Plutella xylostella* (Linnaeus) [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2016.
- [25] 张红勇, 杨宝生. 兴隆山自然保护区海拔高度与昆虫种类分布关系初探[J]. 甘肃林业科技, 2005, 30(3): 25-26, 46.
- Zhang H Y, Yang B S. Preliminary study on relation between insect species distribution and altitude in Xinglongshan nature reserve in Gansu Province [J]. *J Gansu For Sci Technol*, 2005, 30(3): 25-26, 46.
- [26] 皮兵, 袁巍, 程宁南, 等. 海拔高度对壶瓶山昆虫群落物种多样性的影响[J]. 湖南林业科技, 2006, 33(6): 57-59.
- Pi B, Yuan W, Cheng N N, *et al*. Effects on insect species community diversity in the region by altitude of Huping Mountain [J]. *Hunan For Sci & Technol*, 2006, 33(6): 57-59.
- [27] 李静敏, 韩德民, 方杰, 等. 鹤落坪蜻蜓目昆虫区系及多样性研究[J]. 生物学杂志, 2013, 30(5): 73-76.
- Li J M, Han D M, Fang J, *et al*. A study on fauna and diversity of Odonata in Yaoluoping Nature Reserve [J]. *J Biol*, 2013, 30(5): 73-76.
- [28] 虞蔚岩, 李朝晖, 宋东杰, 等. 江西怀玉山地区蜻蜓目(Odonata)昆虫区系分析及多样性研究[J]. 江西农业大学学报, 2009, 31(3): 562-567, 584.
- Yu W Y, Li Z H, Song D J, *et al*. A study on fauna and diversity of Odonata in Huaiyu Mountain Jiangxi Province [J]. *Acta Agric Univ Jiangxiensis*, 2009, 31(3): 562-567, 584.
- [29] 虞蔚岩, 李朝晖, 黄成, 等. 江西省庐山地区蜻蜓目蜻科昆虫区系分析与多样性研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(7): 2854-2856, 2866.
- Yu W Y, Li Z H, Huang C, *et al*. Analysis on the flora of Libellulidae insects of Odonata in Lushan area, Jiangxi Province and its diversity study [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2008, 36(7): 2854-2856, 2866.
- [30] 林宝珠, 胡华林, 朱祥福. 江西九连山国家级自然保护区蜻蜓资源调查初报[J]. 江西林业科技, 2011, 39(4): 41-43, 63.
- Lin B Z, Hu H L, Zhu X F. Preliminary investigation on the dragonfly resources in Jiangxi Jiulianshan national nature reserve [J]. *Jiangxi For Sci Technol*, 2011, 39(4): 41-43, 63.

□

(编辑: 杨晓翠)