•研究报告•

四川黑竹沟地区非飞行小型兽类 物种多样性与群落组成

岳先涛^{1,2} 张塔星^{1,2} 窦亮^{1,2} 刘洁^{1,2} 冉江洪^{1,2*}
毛夜明³ 马晓龙³ 张尧³

1 (四川大学生命科学学院生物资源与生态环境教育部重点实验室, 成都 610065)

2 (四川大学生命科学学院四川省濒危野生动物保护生物学重点实验室, 成都 610065)

3 (四川黑竹沟国家级自然保护区管理局, 四川峨边 614300)

摘要: 四川黑竹沟国家级自然保护区位于生物多样性丰富的凉山山系, 在保护和维持区域生物多样性方面具有极其重要的地位, 然而对该自然保护区兽类群落的研究却极为缺乏。为了了解该自然保护区及周边的小型兽类群落, 本文作者在2018年4–10月调查了该区域的非飞行小型兽类物种多样性及其群落组成。在海拔1,537–3,830 m间共设置样方184个, 布设鼠夹9,016枚日, 捕获小型兽类536只, 隶属4目7科13属21种。包括滇攀鼠(*Vernaya fulva*)和等齿鼯鼠(*Uropsilus aequodonenia*)两个稀有物种在内的共计9个物种为该地区首次报道, 丰富了物种分布记录。结合历史资料, 黑竹沟地区共记录小型兽类43种, 隶属4目9科28属。在43种小型兽类中, 东洋界物种37种, 占绝对优势(86%), 分布型以喜马拉雅–横断山型占优, 为18种(占东洋界48.6%)。本次调查捕获的21种小型兽类中, 群落优势种为中华姬鼠(*Apodemus draco*, 33.2%)、北社鼠(*Niviventer confucianus*, 21.3%)和中华绒鼠(*Eothenomys chinensis*, 12.7%)。随着海拔上升, 群落优势种组成发生变化, 由北社鼠 + 中华姬鼠 + 针毛鼠(*Niviventer fulvescens*) + 短尾鼯鼠(*Anourosorex squamipes*)群落, 转变为中华绒鼠 + 中华姬鼠 + 凉山沟牙田鼠(*Proedromys liangshanensis*) + 西南绒鼠(*Eothenomys custos*)群落。群落物种区系的分布型组成随着海拔升高而发生变化, 喜马拉雅–横断山型物种随海拔升高所占比例增大; 分布于喜马拉雅–横断山的特有种分布的下限、中点和上限平均海拔都高于非特有种, 且特有种和非特有种的中点和下限平均海拔差异显著($n = 21$, $df = 19$, $P = 0.013$; $n = 21$, $df = 19$, $P < 0.01$), 说明该区域物种具有明显的东洋界特征, 中高海拔主要由特有种构成。本研究丰富了黑竹沟地区小型兽类及群落多样性的数据资料, 有利于该地区物种多样性的研究和保护。

关键词: 小型兽类; 群落; 垂直多样性; 黑竹沟国家级自然保护区; 峨边彝族自治县

Species diversity and community composition of non-volant small mammals in Heizhugou region, Sichuan Province

Xiantao Yue^{1,2}, Taxing Zhang^{1,2}, Liang Dou^{1,2}, Jie Liu^{1,2}, Jianghong Ran^{1,2*}, Yeming Mao³, Xiaolong Ma³, Yao Zhang³

1 Key Laboratory of Bio-Resource and Eco-Environment of Ministry of Education, College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610065

2 Sichuan Key Laboratory of Conservation Biology on Endangered Wildlife, College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610065

3 Sichuan Heizhugou National Nature Reserve Administration, Ebian, Sichuan 614300

Abstract: The Sichuan Heizhugou National Nature Reserve is located in the Liangshan Mountains, which is highly rich in biodiversity and plays an important role in protecting and maintaining the regional biodiversity. However, there is a lack of mammalian research in the nature reserve. In order to understand the small mammal communities of the nature reserve and its surroundings, from April to October 2018, we

收稿日期: 2019-12-06; 接受日期: 2020-02-06

基金项目: 四川峨边黑竹沟国家级自然保护区脊椎动物多样性调查项目

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: rjhong-01@163.com

investigated the species diversity and community composition of non-volant small mammals in the region. A total of 184 quadrats including 9,016 traps were set along an elevational gradient from 1,537–3,830 m. We captured small mammal individuals ($N = 536$), which belong to 4 orders, 7 families, 13 genera, and 21 species. Nine species, including *Vernaya fulva* and *Uropsilus aequodonenia*, had been reported for the first time in this region, enriching the species distribution records. According to historical data and our survey, there are a total of 43 species of small mammals, belonging to 4 orders, 9 families and 28 genera in the Heizhugou region. Of the 43 small mammal species, 37 (86%) species are of Oriental origin, and 18 (48.6%) species are of Himalayan-Hengduan Mountains origin. For the 21 small mammal species captured, the dominant species were *Apodemus draco* (33.2%), *Niviventer confucianus* (21.3%), and *Eothenomys chinensis* (12.7%). Along the elevational gradient, the community composition changed from a *Niviventer confucianus* + *Apodemus draco* + *Niviventer fulvescens* + *Anourosorex squamipes* dominated community to a *Eothenomys chinensis* + *Apodemus draco* + *Proedromys liangshanensis* + *Eothenomys custos* dominated community. The proportion of Himalayan-Hengduan Mountains origin species increased with elevation. The average lower limit, mid-point, and upper limit of elevation for endemic species mainly distributed in the Himalayan-Hengduan Mountains were higher than that of non-endemic species. The average mid-point and lower limit of elevation of endemic species was significantly higher than that of non-endemic species ($n = 21$, $df = 19$, $P = 0.013$; $n = 21$, $df = 19$, $P < 0.01$). Species composition in this region is mainly represented by fauna of Oriental origin, while the middle and high elevational communities are mainly composed of endemic species. This study enriched the previous species diversity and distribution records of the small mammals, which is important for the study and conservation of species diversity in this region.

Key words: small mammals; community; elevational diversity; Heizhugou National Nature Reserve; Ebian Yi Nationality Autonomous County

群落组成是生物和非生物因素共同作用的结果, 阐明群落组成随环境梯度的变化及其潜在驱动因素是生物地理学研究的重要内容之一。关于群落物种多样性, 除了水平维度(经纬度)的分布格局得到较多的关注外, 沿海拔梯度的垂直分布规律在生态学、生物地理学和全球气候变化等领域也被广泛关注(Colwell & Hurtt, 1994; Rahbek, 1995; McCain, 2005; Li et al, 2019)。开展相关研究有助于丰富和发展多样性格局相关生态和进化机制的理论研究, 同时为生物多样性管理提供科学参考(吴永杰等, 2017)。小型兽类物种多, 数量大, 在多数陆地生态系统中均有分布(肖治术等, 2002; 谢文华等, 2014)。小型兽类在取食植物不同部位的同时也在传播植物种子, 作为捕食者取食森林及土壤中的昆虫和蠕虫, 并作为被捕食者成为众多食肉动物的捕食对象(秦岭等, 2007)。因此, 其对维持生态系统结构和功能完整具有重要作用(王涓等, 2003; 张曼等, 2013)。小型兽类群落结构的变化可以较好地反映生境变化和人类活动干扰的程度(李成等, 2017), 是评估环境质量的重要指标(傅琰华等, 2015)。因此, 研究小型兽类的物种丰富度和群落结构沿海拔梯度的变化对保护区管理具有重要意义。目前, 关于小

型兽类群落结构已有较多研究, 但是大多以不同生境来划分小型兽类群落(傅和平等, 2005; 谢文华等, 2014; 傅琰华等, 2015; 李成等, 2017), 沿海拔梯度的小型兽类群落结构变化的研究报道相对较少(Mena & Vazquez-Dominguez, 2005; Tu et al, 2012; 吴永杰等, 2012; Wu et al, 2013), 驱动群落组成变化的因素和潜在机制也没有定论(McCain & Beck, 2016)。因此, 有必要在更多区域开展沿海拔梯度的群落组成变化的研究。

四川黑竹沟国家级自然保护区(以下简称黑竹沟保护区)位于生物多样性丰富的凉山山系, 在保护和维持区域生物多样性方面具有极其重要的地位。但该区域兽类的研究却极为缺乏, 仅刘洋等(2005)对黑竹沟保护区的兽类资源进行过报道, 而对该区域的小型兽类多样性及其群落构成还缺乏足够的了解。2018年4–10月, 作者在黑竹沟保护区及其周边开展了小型兽类资源调查, 具体目标是: (1)了解黑竹沟保护区的小型兽类多样性; (2)分析区域小型兽类群落的区系构成与垂直变化; (3)了解黑竹沟保护区小型兽类群落组成与生境分布。通过对小型兽类资源进行系统的整理, 以期丰富区域的生物多样性和小型兽类群落组成的资料, 为区域的生

图1 黑竹沟国家级自然保护区位置及野外采样示意图

Fig. 1 Location of the Heizhugou National Nature Reserve and sample sites

物多样性保护和管理提供基础数据。

1 研究地概况

黑竹沟保护区位于四川省峨边彝族自治县境内(图1), 地处 $102^{\circ}54' - 103^{\circ}04' E$, $28^{\circ}39' - 29^{\circ}08' N$, 总面积29,643 ha。区内最低海拔1,054 m, 最高海拔4,288 m, 相对高差达3,234 m。由于海拔高差悬殊, 区内存在从山地亚热带到山地暖温带、山地中温带、山地寒温带, 再到山地亚寒带的众多气候带谱。区内年均降水量2,000 mm, 降水时日可达250 d。保护区植被带谱完整, 海拔2,000 m以下主要为常绿阔叶林; 2,000–2,400 m主要为常绿落叶阔叶混交林; 2,400–2,800 m主要为落叶阔叶林或针阔混交林; 2,800–3,500 m主要为亚高山针叶林; 3,500 m以上主要为亚高山灌丛或亚高山草甸。特殊的地理和气候条件孕育了黑竹沟保护区丰富的物种多样性(刘洋等, 2005; 马晓龙等, 2019; 祝梦怡等, 2019)。

2 研究方法

2.1 野外调查方法

调查在2018年4–10月进行, 在保护区及周边根

据地形地貌从低海拔到高海拔布设样方, 相邻样方间距大于100 m, 并尽可能选择临近区域的不同植被和生境类型进行样方布设。共布设样方184个(表1, 图1), 样方海拔跨度为1,537–3,830 m。每个样方按7行和7列布设49个鼠夹, 夹距和行距均为5 m, 以新鲜花生米为诱饵, 当日下午放夹, 次日上午收夹。对捕获的小型兽类进行编号、称重、常规测量(体长、尾长、后足长和耳高)、解剖鉴定性别并确认生殖状态。采集到的样本在野外尽量鉴定到种, 取肝脏和后腿组织保存于装有无水乙醇的冻存管中, 样本去掉内脏后将胴体浸泡于无水乙醇中带回实验室。野外无法鉴定到种的样本在实验室制作成假剥制标本后用于进一步鉴定。所有样本和标本保存于四川大学自然博物馆。

2.2 数据分析

小型兽类分类参照《中国兽类野外手册》(Smith和解焱, 2009), 我国特有种的确定参照《中国动物地理》(张荣祖, 2011), 并以《中国哺乳动物多样性及地理分布》(蒋志刚等, 2015)为补充, 物种濒危程度参照IUCN濒危物种红色名录(IUCN, 2019)。

优势种判定采用Berger-Parker优势度指数(M)

表1 四川黑竹沟地区小型兽类调查样方数及铗日数
Table 1 Number of quadrats and traps of small mammals survey in Sichuan Heizhugou region

	海拔段编号 Elevational zone							
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
海拔范围下限 Lower elevational limit (m)	1,537	1,750	2,050	2,350	2,650	2,950	3,250	3,550
海拔范围上限 Upper elevational limit (m)	1,749	2,049	2,349	2,649	2,949	3,249	3,549	3,830
植被类型 Vegetation type	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	常绿落叶 阔叶混交林 Evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest	落叶阔叶林、 针阔混交林 Deciduous broad-leaved forest and mixed broadleaf- conifer forest	落叶阔叶林、 针阔混交林、 亚高山针叶林 Deciduous broad-leaved forest, mixed broadleaf-conifer forest and subalpine coniferous forest	亚高山 针叶林 Subalpine coniferous forest	亚高山 针叶林 Subalpine coniferous forest	亚高山灌丛、 亚高山草甸 Subalpine shrub and subalpine meadow
样方数量 Number of quadrats	25	41	41	31	21	13	6	6
收夹数量(铗日) Number of traps (trap day)	1,225	2,009	2,009	1,519	1,029	637	294	294

(Berger & Parker, 1970), 计算公式为:

$$M = N_i / N \tag{1}$$

式中, N_i 是第*i*物种的个体数, N 为群落所有物种个体总数。本文以 $M \geq 0.1$ 作为优势种判断标准(张云智等, 2002)。

群落相似性采用Whittaker群落相似性指数(I) (Whittaker, 1960), 计算公式为:

$$I = 1 - 0.5 \left(\sum_{i=1}^S |a_i - b_i| \right) \tag{2}$$

式中, a_i 和 b_i 分别表示物种*i*的个体数在群落A和B中所占的比例, S 为物种数。

由于调查的时间和范围有限, 中间海拔样方调查的兽类缺失情况很可能是调查不足所导致, 本研究使用插值物种丰富度来研究小型兽类丰富度(Wu et al, 2013; 吴永杰等, 2017)。插值方法为: 若某物种分别在较低海拔和较高海拔地区都被记录, 那么可以认为该物种在2个海拔之间的地段也有分布(Wu et al, 2013; 陈雪等, 2019)。采用*t*检验分析特有种和非特有种分布的海拔差异, 所有统计分析在SPSS 21中完成。

3 结果

3.1 小型兽类多样性

共放置鼠夹9,016个铗日, 捕获小型兽类536只,

总捕获率5.9%。共鉴定小型兽类21种, 隶属于4目7科13属。其中啮齿目3科7属13种, 占捕获物种总数的61.9%, 捕获个体总数的84.5%; 鼯形目2科4属6种, 占物种总数的28.6%, 个体总数的6.2%; 猬形目1种, 占物种总数的4.8%, 个体总数的6.3%; 兔形目1种, 占物种总数的4.8%, 个体总数的3%。优势种有3种, 即中华姬鼠(*Apodemus draco*, 33.2%)、北社鼠(*Niviventer confucianus*, 21.3%)和中华绒鼠(*Eothenomys chinensis*, 12.7%)。3个优势种的总捕获数360只, 占有所有捕获个体数的67.2%。捕获比例小于1%的有8种(表2)。不同物种垂直分布范围存在差异: 中华姬鼠分布范围最广, 其垂直分布范围约2,400 m, 大耳姬鼠(*Apodemus latronum*)、北社鼠和西南绒鼠(*Eothenomys custos*)的垂直分布范围较广, 约为2,100 m, 而垂直分布范围较窄的是滇攀鼠(*Vernaya fulva*)、高山姬鼠(*Apodemus chevrieri*)和鼯鼯(*Uropsilus soricipes*), 仅300 m (图2)。

结合历史资料(刘洋等, 2005), 在黑竹沟地区有分布记录的小型兽类共43种, 隶属于4目9科28属(附录1)。其中啮齿目5科16属27种, 占物种数的62.8%; 鼯形目2科10属14种, 占32.6%; 猬形目和兔形目均为1科1属1种, 占2.3%。我国特有种和主要分布于我国的物种23种, 占有小型兽类物种数的53.5%, 其中我国特有种15种(34.9%)。列入IUCN濒危物种红色名录近危(NT)的物种2种: 即复齿鼯鼠

表2 四川黑竹沟地区各海拔段小型兽类组成
Table 2 Small mammal composition in each elevational zone of Sichuan Heizhugou region

物种 Species	捕获数 Number of individuals								捕获总数 Total	捕获率 Capture rate (%)	比例 Ratio (%)
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8			
鼯猫 <i>Neotetracus sinensis</i>	2	7	16	7	1	1			34	0.4	6.3
藏鼠兔 <i>Ochotona thibetana</i>				4	3	7	1	1	16	0.2	3.0
中华绒鼠 <i>Eothenomys chinensis</i>				6	25	17	14	6	68	0.8	12.7
西南绒鼠 <i>Eothenomys custos</i>		1	5	2	1		1	2	12	0.1	2.2
黑腹绒鼠 <i>Eothenomys melanogaster</i>			2	1					3	<0.1	0.6
凉山沟牙田鼠 <i>Proedromys liangshanensis</i>						1	4	5	10	0.1	1.9
高山姬鼠 <i>Apodemus chevrieri</i>		5							5	0.1	0.9
中华姬鼠 <i>Apodemus draco</i>	5	45	48	43	23	5	4	5	178	2.0	33.2
大耳姬鼠 <i>Apodemus latronum</i>	1	1	13	7	1	2	1		26	0.3	4.9
大林姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i>		2	6	1	1	1			11	0.1	2.1
巢鼠 <i>Micromys minutus</i>	2	4	2						8	0.1	1.5
北社鼠 <i>Niviventer confucianus</i>	7	25	50	17	10	3	2		114	1.3	21.3
针毛鼠 <i>Niviventer fulvescens</i>	3	4	6			1			14	0.2	2.6
滇攀鼠 <i>Vernaya fulva</i>					2				2	<0.1	0.4
隐纹松鼠 <i>Tamias swinhoei</i>			1	1					2	<0.1	0.4
短尾鼯 <i>Anourosorex squamipes</i>	3	3	2	2		1			11	0.1	2.1
长尾鼯 <i>Episoriculus caudatus</i>		1	1						2	<0.1	0.4
小纹背鼯 <i>Sorex bedfordiae</i>			1	5	3			1	10	0.1	1.9
纹背鼯 <i>Sorex cylindricauda</i>			1		1				2	<0.1	0.4
等齿鼯 <i>Uropsilus aequodonenia</i>			1	2	1	1			5	0.1	0.9
鼯 <i>Uropsilus soricipes</i>			3						3	<0.1	0.6
合计 Total	23	98	158	98	72	40	27	20	536	5.9	

E1–E8表示海拔段编号，各海拔段相应的海拔范围上、下限见表1。
E1–E8 represent the elevational zones, the upper and lower limit of each elevational zone are shown in Table 1.

图2 四川黑竹沟地区小型兽类垂直分布海拔范围
Fig. 2 Elevational distribution of small mammals in Sichuan Heizhugou region

(*Trogopterus xanthipes*)和黑齿鼯鼠(*Blarinella quadricauda*)。本次调查新增黑竹沟地区物种分布记录9种, 分别是鼯鼠(*Neotetracus sinensis*)、凉山沟牙田鼠(*Proedromys liangshanensis*)、大耳姬鼠、大林姬鼠(*Apodemus peninsulae*)、针毛鼠(*Niviventer fulvescens*)、滇攀鼠、长尾鼯鼠(*Episorculus caudatus*)、小纹背鼯鼠(*Sorex bedfordiae*)和等齿鼯鼠(*Uropsilus aequodonenia*)。

3.2 小型兽类群落区系构成

在保护区记录到的43种小型兽类中, 东洋界物种37种, 占物种数的86%; 古北界5种, 占11.6%; 不易归类的广布种1种, 占2.3%, 东洋界物种占绝对优势。在分布型中, 喜马拉雅-横断山型最多, 有18种(占东洋界48.6%), 其次是东洋型(10种)。

分析插值物种丰富度沿海拔梯度的区系成分变化, 结果表明, 在海拔1,537–1,749 m的山地, 南中国型和东洋型占优, 分别占海拔段物种数的42.9%和28.6%。随海拔升高, 以上两种分布型的物种占比随之降低, 喜马拉雅-横断山型物种占比上升, 在海拔3,550–3,830 m喜马拉雅-横断山型物种占比达到最大, 占83.3%。古北型和东北-华北型在所有海拔段物种数占比最小, 都小于15% (图3)。

在捕获的21种小型兽类中, 主要分布于喜马拉雅-横断山的特有种有11种。特有种分布的上限平均海拔(mean $\pm$ SE)为3,214 $\pm$ 204 m、中点平均海拔为2,723 $\pm$ 128 m、下限平均海拔为2,232 $\pm$ 114 m, 都高于非特有种分布的上限平均海拔(2,836 $\pm$ 179 m)、中点平均海拔(2,295 $\pm$ 84 m)和下限平均海拔(1,754 $\pm$ 75 m)。上限平均海拔差异不显著, 中点平均海拔和下限平均海拔差异均显著($n = 21$, $df = 19$, $P = 0.013$; $n = 21$, $df = 19$, $P < 0.01$), 说明特有种主要分布在区域的中高海拔。特有种海拔平均跨度1,200 $\pm$ 198 m, 略小于非特有种(1,380 $\pm$ 229 m), 但差异不显著。

3.3 小型兽类群落组成海拔变化

黑竹沟地区的小型兽类群落组成随海拔升高发生变化(表2)。在1,537–1,749 m海拔段捕获小型兽类7种, 优势种为北社鼠(30.4%)、中华姬鼠(21.7%)、针毛鼠(13%)和短尾鼯(*Anourosorex squamipes*, 13%); 在1,750–2,049 m海拔段捕获11种, 优势种为中华姬鼠(45.9%)和北社鼠(25.5%); 在2,050–2,349 m

图3 四川黑竹沟地区小型兽类各海拔段不同分布型物种占比
Fig. 3 Ratio of small mammal species of different distribution type at each elevational zone of Sichuan Heizhugou region

海拔段捕获16种, 优势种为北社鼠(31.6%)、中华姬鼠(30.4%)和鼯鼠(10.1%); 在2,350–2,649 m海拔段捕获13种, 优势种为中华姬鼠(43.9%)和北社鼠(17.3%); 在2,650–2,949 m海拔段捕获12种, 优势种为中华绒鼠(34.7%)、中华姬鼠(31.9%)和北社鼠(13.9%); 在2,950–3,249 m海拔段捕获11种, 优势种为中华绒鼠(42.5%)、藏鼠兔(*Ochotona thibetana*, 17.5%)和中华姬鼠(12.5%); 在3,250–3,549 m段捕获7种, 优势种为中华绒鼠(51.9%)、凉山沟牙田鼠(14.8%)和中华姬鼠(14.8%); 在3,550–3,830 m海拔段捕获6种, 优势种为中华绒鼠(30%)、凉山沟牙田鼠(25%)、中华姬鼠(25%)和西南绒鼠(10%)。结果表明, 随海拔升高小型兽类群落存在从北社鼠到中华姬鼠, 再到中华绒鼠的优势种替换现象。

3.4 不同生境的小型兽类群落组成

将小型兽类栖息生境分为阔叶林、针阔叶混交林、针叶林、灌丛及灌草丛和亚高山灌丛草甸6种。根据实际捕获到的21种小型兽类按生境分布进行统计, 阔叶林内小型兽类物种数最多, 有18种, 占所有捕获物种数的85.7%; 其次是针叶林和针阔叶混交林; 灌丛及灌草丛和亚高山灌丛草甸内的物种数最少(表3)。

对不同生境的小型兽类群落相似性分析结果表明: 针叶林与灌丛及灌草丛, 针阔叶混交林与阔叶林, 针阔叶混交林与针叶林中小型兽类的群落相似性较高, 分别为0.83和0.73、0.64。灌丛及灌草丛与亚高山灌丛草甸相似性较低, 为0.33。最低的是阔叶林与亚高山灌丛草甸, 仅为0.17 (表4)。

表3 四川黑竹沟地区不同生境的小型兽类群落组成

Table 3 Small mammal composition in different habitats of Sichuan Heizhugou region

	阔叶林 Broad-leaved forest	针阔叶混交林 Mixed broadleaf- conifer forest	针叶林 Coniferous forest	灌丛及灌草丛 Shrub and shrub-grassland	亚高山灌丛草甸 Subalpine shrub and subalpine meadow	合计 Total
个体数 Number of individuals (%)	285 (53.2)	71 (13.2)	149 (27.8)	16 (3.0)	15 (2.8)	536 (100)
物种数 Number of species (%)	18 (85.7)	11 (52.4)	16 (76.2)	6 (28.6)	6 (28.6)	21 (100)

表4 四川黑竹沟地区不同生境的小型兽类群落相似性

Table 4 Similarities of small mammal communities between different habitats of Sichuan Heizhugou region

	阔叶林 Broad-leaved forest	针阔叶混交林 Mixed broadleaf-conifer forest	针叶林 Coniferous forest	灌丛及灌草丛 Shrub and shrub-grassland
针阔叶混交林 Mixed broadleaf-conifer forest	0.73	—		
针叶林 Coniferous forest	0.53	0.64	—	
灌丛及灌草丛 Shrub and shrub-grassland	0.49	0.56	0.83	—
亚高山灌丛草甸 Subalpine shrub and subalpine meadow	0.17	0.34	0.38	0.33

4 讨论

本次调查捕获小型兽类21种,占黑竹沟保护区小型兽类名录总物种数的48.8%。未调查到的物种22种,主要包括鼯形目8种,啮齿目松鼠科4种,啮齿目鼠科家鼠属(*Rattus*) 3种和其他啮齿目7种。究其原因,可能与本次调查所使用方法有关。鼠夹对地面活动、体型适中的小型兽类有较好的效果,而对于体型很小的鼯形目捕获率较低(谢文华等, 2014)。另外,由于本次调查范围内少有人居,样方设置尽量远离人为干扰,因此没有捕获到区内有历史分布记录的家鼠属小型兽类。本次调查新增黑竹沟保护区物种分布记录9种,其中,滇攀鼠是Allen (1927)根据采自云南西南部营盘地区的标本定名,其主要分布于云南、四川、甘肃和陕西等省,分布范围狭窄,为稀有种,具有较高的学术研究价值。凉山沟牙田鼠是近年来新发现物种(刘洋等, 2004; Liu et al, 2007),最初发现于马边及美姑大风顶自然保护区。随后,该物种在邻近的甘洛马鞍山自然保护区也有发现(梁艺于等, 2009),本课题组在四川越西申果庄自然保护区也采集到标本,说明该物种在凉山山系分布较广。此前报道凉山沟牙田鼠分布的生境全部为云-冷杉林。本次采集到的标本中除了2只来自云-冷杉林,其余8只全部来自亚高山草甸,说明凉山沟牙田鼠主要分布在凉山山系的亚高山针叶林及亚高山草甸带。等齿鼯鼠是近年来新发现

物种(刘洋等, 2013),最初发现于四川西南的普格县和美姑县等地,介于大渡河、金沙江和雅砻江之间的小块区域。本次调查虽然采集到等齿鼯鼠,但是数量稀少,目前也仅有少数文献对此物种进行报道,本次调查丰富了该物种在横断山区的生态学资料。

本研究结果表明,保护区内喜马拉雅-横断山特有種的比例随海拔升高表现出明显的上升趋势。Wen等(2018a)对中国西南20个山地沿海拔梯度的小型兽类进行了研究,发现中高海拔地区的特有種比例明显高于低海拔地区,本研究的结果与之基本一致。进一步分析发现,特有種分布的下限平均海拔和中点平均海拔也显著高于非特有種。这些都可能与长期的动物地理演化历史有关。第四纪冰期以来,横断山区由于地势起伏,低山及谷地的热带-亚热带环境比较稳定,成为动物避难所,是现代类群的分化中心(张荣祖, 2011)。在横断山脉形成过程中,地面的挤压是形成高山峡谷的主要力量,随着地面持续抬升,特有種开始适应高山寒冷和多变的气候,产生对高海拔的适应性状。加之海拔升高会加剧地理隔离程度,高海拔地区物种更低的扩散和拓植率使得高海拔地区物种具有更高的特有程度(Brown, 2001)。相比之下,非特有種具有更强的水平扩散能力,能够很好适应横断山低海拔温暖湿润的环境,在低海拔生境中占有优势。黑竹沟地区小型兽类的研究结果与吴永杰等(2017)在贡嘎山关于鸟类以及Wen等(2018b)在贡嘎山、白马雪山和色季拉山关于

非飞行小型兽类的研究结果类似。

本研究结果还表明, 常绿阔叶林带中的第一和第二优势种分别是北社鼠和中华姬鼠, 在针阔混交林带的第一优势种是中华姬鼠, 在亚高山针叶林带的第一优势种是中华绒鼠, 在亚高山灌丛或亚高山草甸带中华绒鼠、凉山沟牙田鼠和中华姬鼠是优势种。小型兽类群落组成及优势种沿海拔梯度的变化大致与植被带的垂直分布一致, 这种一致性反映了动植物的相互依存和协同进化的关系, 同时也说明了海拔梯度对小型兽类物种组成的垂直分布和对植被垂直分布的影响是类似的(李义明等, 2003)。Hu等(2018)对喜马拉雅山鸟类的研究表明, 沿海拔梯度影响鸟类群落物种替换的最主要因素是环境过滤, 其次是扩散限制和随机过程(如: 中域效应)。本研究中海拔梯度小型兽类群落物种的替换与植被带分布的一致性, 在一定程度上说明环境过滤是影响黑竹沟地区小型兽类群落物种沿海拔替换的重要因素。然而随海拔的变化, 诸如光照、温度、降水、山地面积和地理隔离等非生物因素也随之变化。生物群落与非生物因素之间的相互作用非常复杂(胡一鸣等, 2018), 是哪些主要的因素驱动了海拔的群落物种替换还需要通过更多的研究进一步阐明。

致谢: 本研究得到四川黑竹沟国家级自然保护区管理局的资金支持, 在采样过程中得到了实验室张德军、陈雪、何兴成、朱博伟、李东睿以及川南林业局林场职工的大力支持和帮助, 在论文撰写过程中得到吴永杰副教授的悉心指导, 特此致谢!

参考文献

- Allen GM (1927) Murid rodents from the Asiatic expeditions. *American Museum Novitates*, 270, 1–12.
- Berger WH, Parker FL (1970) Diversity of planktonic foraminifera in deep-sea sediments. *Science*, 168, 1345–1347.
- Brown JH (2001) Mammals on mountainsides: Elevational patterns of diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 10, 101–109.
- Chen X, Zhang TX, Luo G, Wu YJ, Ran JH, Chen MH, Li L, Gong YH (2019) Composition and vertical distribution pattern of bird species in the Meigu Dafengding National Nature Reserve, Sichuan. *Sichuan Journal of Zoology*, 38, 445–451. (in Chinese with English abstract) [陈雪, 张塔星, 罗概, 吴永杰, 冉江洪, 陈明华, 李良, 龚亿华 (2019) 四川美姑大风顶国家级自然保护区鸟类物种及垂直多样性研究. *四川动物*, 38, 445–451.]
- Colwell RK, Hurtt GC (1994) Nonbiological gradients in species richness and a spurious Rapoport effect. *The American Naturalist*, 144, 570–595.
- Fu HP, Wu XD, Yang ZL (2005) Diversity of small mammal communities at different habitats in Alashan region, Inner Mongolia. *Acta Theriologica Sinica*, 25, 32–38. (in Chinese with English abstract) [傅和平, 武晓东, 杨泽龙 (2005) 阿拉善地区不同生境小型兽类群落多样性研究. *兽类学报*, 25, 32–38.]
- Fu YH, Gengqiu ZX, Tu FY, Miao N, Fei LS, Zhao C (2015) Composition and diversity of small mammals in China Panda Valley, Dujiangyan, Sichuan Province. *Sichuan Journal of Zoology*, 34, 570–573. (in Chinese with English abstract) [傅琰华, 耿秋扎西, 涂飞云, 缪宁, 费立松, 赵成 (2015) 四川都江堰“中华熊猫谷”小型兽类组成及多样性分析. *四川动物*, 34, 570–573.]
- Hu YM, Ding ZF, Jiang ZG, Quan Q, Guo KJ, Tian LQ, Hu HJ, Gibson L (2018) Birds in the Himalayas: What drives beta diversity patterns along an elevational gradient? *Ecology and Evolution*, 8, 11704–11716.
- Hu YM, Liang JC, Jin K, Ding ZF, Zhou ZX, Hu HJ, Jiang ZG (2018) The elevational patterns of mammalian richness in the Himalayas. *Biodiversity Science*, 26, 191–201. (in Chinese with English abstract) [胡一鸣, 梁健超, 金崑, 丁志锋, 周智鑫, 胡慧建, 蒋志刚 (2018) 喜马拉雅山哺乳动物物种多样性垂直分布格局. *生物多样性*, 26, 191–201.]
- IUCN (2019) The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-2. <http://www.iucnredlist.org>. (accessed on 2019-07-18)
- Jiang ZG, Ma Y, Wu Y, Wang YX, Zhou KY, Liu SY, Feng ZJ (2015) China's Mammal Diversity and Geographic Distribution. Science Press, Beijing. (in Chinese) [蒋志刚, 马勇, 吴毅, 王应祥, 周开亚, 刘少英, 冯祚建 (2015) 中国哺乳动物多样性及地理分布. 科学出版社, 北京.]
- Li C, Li J, Liang CP, Zhao LJ, Wang DJ, Jiang JP (2017) The relationship between community structure of ground-dwelling vertebrates and habitat types in the Wanglang Natural Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 37, 4247–4257. (in Chinese with English abstract) [李成, 李娟, 梁春平, 赵联军, 王大军, 江建平 (2017) 王朗自然保护区地栖脊椎动物群落结构和生境类型的关系. *生态学报*, 37, 4247–4257.]
- Li N, Chu HJ, Qi YJ, Li CW, Ping XG, Sun YH, Jiang ZG (2019) Alpha and beta diversity of birds along elevational vegetation zones on the southern slope of Altai Mountains: Implication for conservation. *Global Ecology and Conservation*, 19, e00643.
- Li YM, Xu L, Ma Y, Yang JY, Yang YH (2003) The species richness of non-volant mammals in Shennongjia Nature Reserve, Hubei Province, China: Distribution patterns along

elevational gradient. *Biodiversity Science*, 11, 1–9. (in Chinese with English abstract) [李义明, 许龙, 马勇, 杨敬元, 杨玉慧 (2003) 神农架自然保护区非飞行哺乳动物的物种丰富度: 沿海拔梯度的分布格局. 生物多样性, 11, 1–9.]

- Liang YY, Hu J, Yang ZS, Zhou CQ, Wang Z, Li MH (2009) A preliminary investigation of mammals in Maanshan Nature Reserve in Ganluo, Sichuan. *Journal of Xihua Normal University (Natural Science Edition)*, 30, 246–252. (in Chinese with English abstract) [梁艺于, 胡杰, 杨志松, 周材权, 王卓, 李茂华 (2009) 四川甘洛马鞍山自然保护区兽类初步调查. 西华师范大学学报(自然科学版), 30, 246–252.]
- Liu SY, Sun ZY, Zeng ZY, Zhao EM (2007) A new vole (Cricetidae: Arvicolinae: Proedromys) from the Liangshan Mountains of Sichuan Province, China. *Journal of Mammalogy*, 88, 1170–1178.
- Liu Y, Liu SY, Sun ZY, Guo P, Fan ZX, Robert WM (2013) A new species of *Uropsilus* (Talpidae: Uropsilinae) from Sichuan, China. *Acta Theriologica Sinica*, 33, 113–122. (in Chinese with English abstract) [刘洋, 刘少英, 孙治宇, 郭鹏, 范振鑫, Robert WM (2013) 鼯鼠亚科(Talpidae: Uropsilinae)一新种. 兽类学报, 33, 113–122.]
- Liu Y, Ran JH, Zheng ZR, Sun ZY, Fu JR, Liu SY (2004) A survey of animal resources in Dafengding Nature Reserve in Sichuan Province. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 25(4), 11–15. (in Chinese with English abstract) [刘洋, 冉江洪, 郑志荣, 孙治宇, 符建荣, 刘少英 (2004) 四川美姑大风顶自然保护区兽类资源调查. 四川林业科技, 25(4), 11–15.]
- Liu Y, Sun ZY, Ran JH, Liu SY (2005) An investigation on mammal resources in Heizhugou Nature Reserve of Sichuan Province. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 26(6), 38–42. (in Chinese with English abstract) [刘洋, 孙治宇, 冉江洪, 刘少英 (2005) 四川黑竹沟自然保护区的兽类资源调查. 四川林业科技, 26(6), 38–42.]
- Ma XL, Cheng Y, Dai SH, Zhou YJ, Ye XC, Yang B (2019) Population characteristics and habitat suitability evaluation of *Davidia involucrate* and *D. involucrate* var. *vilmoriniana* in Heizhugou Nature Reserve, Sichuan. *Forestry Science & Technology*, 44(5), 37–41. (in Chinese with English abstract) [马晓龙, 程勇, 代世红, 周勇军, 叶信初, 杨彪 (2019) 四川黑竹沟国家级自然保护区珙桐和光叶珙桐种群特征及生境适宜性评价. 林业科技, 44(5), 37–41.]
- McCain CM (2005) Elevational gradients in diversity of small mammals. *Ecology*, 86, 366–372.
- McCain CM, Beck J (2016) Species turnover in vertebrate communities along elevational gradients is idiosyncratic and unrelated to species richness. *Global Ecology and Biogeography*, 25, 299–310.
- Mena JL, Vazquez-Dominguez E (2005) Species turnover on elevational gradients in small rodents. *Global Ecology and Biogeography*, 14, 539–547.
- Qin L, Meng XM, Alexei K, Vladimir K, Marina P, Yang XZ, Wang YX, Jiang XL (2007) Species and distribution patterns of small mammals in the Pingheliang Nature Reserve of Qinling Mountain, Shaanxi. *Zoological Research*, 28, 231–242. (in Chinese with English abstract) [秦岭, 孟祥明, Alexei K, Vladimir K, Marina P, 杨兴中, 王应祥, 蒋学龙 (2007) 陕西秦岭平河梁自然保护区小型兽类的组成与分布. 动物学研究, 28, 231–242.]
- Rahbek C (1995) The elevational gradient of species richness: A uniform pattern? *Ecography*, 18, 200–205.
- Smith AT, Xie Y (2009) *A Guide to the Mammals of China*. Hunan Education Press, Changsha. (in Chinese) [Smith AT, 解焱 (2009) 中国兽类野外手册. 湖南教育出版社, 长沙.]
- Tu FY, Tang MK, Liu Y, Sun ZY, Zhang XY, Yue BS, Liu SY (2012) Fauna and species diversity of small mammals in Jiajin Mountains, Sichuan Province, China. *Acta Theriologica Sinica*, 32, 287–296.
- Wang Y, Wang XM, Hu JC, Chen LM (2003) A preliminary research on small mammal community structure at Tangjiahe Natural Reserve, Sichuan Province, China. *Acta Theriologica Sinica*, 23, 39–44. (in Chinese with English abstract) [王涌, 王小明, 胡锦涛, 谌利民 (2003) 唐家河自然保护区小型兽类群落结构. 兽类学报, 23, 39–44.]
- Wen ZX, Cheng JL, Ge DY, Xia L, Lü X, Yang QS (2018a) Abundance-occupancy and abundance-body mass relationships of small mammals in a mountainous landscape. *Landscape Ecology*, 33, 1711–1724.
- Wen ZX, Wu YJ, Cheng JL, Cai TL, Du YB, Ge DY, Xia L, Yang QS (2018b) Abundance of small mammals correlates with their elevational range sizes and elevational distributions in the subtropics. *Ecography*, 41, 1888–1898.
- Whittaker RH (1960) Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30, 280–338.
- Wu YJ, He XC, Shane GD, Andrew HR, Per A, Zhou HM, He MX, Yong F, Zhang WW, Lei FM (2017) Avifauna of the eastern slope of Mount Gongga. *Sichuan Journal of Zoology*, 36, 7–21. (in Chinese with English abstract) [吴永杰, 何兴成, Shane GD, Andrew HR, Per A, 周华明, 和梅香, 雍凡, 张文文, 雷富民 (2017) 贡嘎山东坡的鸟类多样性和区系. 四川动物, 36, 7–21.]
- Wu YJ, Yang QS, Wen ZX, Xia L, Zhang Q, Zhou HM (2013) What drives the species richness patterns of non-volant small mammals along a subtropical elevational gradient? *Ecography*, 36, 185–196.
- Wu YJ, Yang QS, Xia L, Feng ZJ, Zhou HM (2012) Species diversity and distribution pattern of non-volant small mammals along the elevational gradient on eastern slope of Gongga Mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 32, 4318–4328. (in Chinese with English abstract) [吴永杰, 杨奇森, 夏霖, 冯祚建, 周华明 (2012) 贡嘎山东坡非飞行小型兽类物种多样性的垂直分布格局. 生态学报, 32, 4318–4328.]

- Xiao ZS, Wang YS, Zhang ZB, Ma Y (2002) Preliminary studies on the relationships between communities of small mammals and habitat types in Dujiangyan Region, Sichuan. *Biodiversity Science*, 10, 163–169. (in Chinese with English abstract) [肖治术, 王玉山, 张知彬, 马勇 (2002) 都江堰地区小型哺乳动物群落与生境类型关系的初步研究. 生物多样性, 10, 163–169.]
- Xie WH, Yang XF, Li JN, Tao SL, Xiao ZS (2014) Preliminary study of the biodiversity of ground-dwelling small mammals in Badagongshan National Nature Reserve, Hunan Province. *Biodiversity Science*, 22, 216–222. (in Chinese with English abstract) [谢文华, 杨锡福, 李俊年, 陶双伦, 肖治术 (2014) 八大公山自然保护区地栖性小兽多样性初步研究. 生物多样性, 22, 216–222.]
- Zhang M, Li B, Wang B, Wang XB, Ran JH, Shang T (2013) Small mammal community diversity and its influencing factors in landslides habitat after the Wenchuan Earthquake. *Chinese Journal of Applied Environmental Biology*, 19, 300–304. (in Chinese with English abstract) [张曼, 李波, 王彬, 汪宣伯, 冉江洪, 尚涛 (2013) 地震滑坡生境小型兽类群落多样性及影响因子. 应用与环境生物学报, 19, 300–304.]
- Zhang RZ (2011) *Zoogeography of China*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [张荣祖 (2011) 中国动物地理. 科学出版社, 北京.]
- Zhang YZ, Gong ZD, Feng XG, Duan XD, Wu HY, Weng X, Lü Y (2002) The community structure and vertical distribution of small mammal in Baicaoling Mt., Yunnan Province, China. *Chinese Journal of Zoology*, 37(2), 63–66. (in Chinese with English abstract) [张云智, 龚正达, 冯锡光, 段兴德, 吴厚永, 翁学, 吕元 (2002) 云南白草岭鼠形小兽群落结构及垂直分布. 动物学杂志, 37(2), 63–66.]
- Zhu MY, Wei ST, Ran JH, Lin YC, Mao YM, Ma XL, Qiu RJ (2019) Preliminary survey on insects in the Heizhugou National Nature Reserve, Sichuan. *Sichuan Journal of Zoology*, 38, 703–713. (in Chinese with English abstract) [祝梦怡, 魏淑婷, 冉江洪, 林玉成, 毛夜明, 马晓龙, 邱瑞军 (2019) 四川黑竹沟国家级自然保护区昆虫调查初报. 四川动物, 38, 703–713.]
- (责任编辑: 吴永杰 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 四川黑竹沟地区小型兽类名录

Appendix 1 List of small mammal species in Sichuan Heizhugou region

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019385-1.pdf>

附录1 四川黑竹沟地区小型兽类名录

Appendix 1 List of small mammal species in Sichuan Heizhugou region

物种 Species	分布型 Distribution type	区系 Fauna	特有种 Endemic	IUCN受危 现状 IUCN list	本次调查采 集 This survey	刘洋等 (2005) Liu et al (2005)
一 猬形目 ERINACEOMORPHA						
(一) 猬科 Erinaceidae						
1. 鼯猬 <i>Neotetracus sinensis</i>	S	D	**	LC	√	
二 兔形目 LAGOMORPHA						
(二) 鼠兔科 Ochotonidae						
2. 藏鼠兔 <i>Ochotona thibetana</i>	H	D	*	LC	√	+
三 啮齿目 RODENTIA						
(三) 仓鼠科 Cricetidae						
3. 中华绒鼠 <i>Eothenomys chinensis</i>	H	D	*	LC	√	+
4. 西南绒鼠 <i>Eothenomys custos</i>	H	D	*	LC	√	+
5. 黑腹绒鼠 <i>Eothenomys melanogaster</i>	S	D	**	LC	√	+
6. 凉山沟牙田鼠 <i>Proedromys liangshanensis</i>	H	D	*	LC	√	
(四) 豪猪科 Hystricidae						
7. 豪猪 <i>Hystrix brachyura</i>	W	D		LC		+
(五) 鼠科 Muridae						
8. 黑线姬鼠 <i>Apodemus agrarius</i>	U	B		LC		-
9. 高山姬鼠 <i>Apodemus chevrieri</i>	S	D	*	LC	√	+
10. 中华姬鼠 <i>Apodemus draco</i>	S	D	**	LC	√	+
11. 大耳姬鼠 <i>Apodemus latronum</i>	H	D	*	LC	√	
12. 大林姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i>	X	B	**	LC	√	
13. 小泡巨鼠 <i>Leopoldamys edwardsi</i>	W	D		LC		+
14. 巢鼠 <i>Micromys minutus</i>	U	B	*	LC	√	+
15. 小家鼠 <i>Mus musculus</i>	U	B		LC		-
16. 安氏白腹鼠 <i>Niviventer andersoni</i>	H	D	*	LC		-
17. 北社鼠 <i>Niviventer confucianus</i>	W	D		LC	√	+
18. 川西白腹鼠 <i>Niviventer excelsior</i>	W	D	*	LC		+
19. 针毛鼠 <i>Niviventer fulvescens</i>	W	D		LC	√	
20. 大足鼠 <i>Rattus nitidus</i>	W	D		LC		+
21. 褐家鼠 <i>Rattus norvegicus</i>	U	B		LC		+
22. 黄胸鼠 <i>Rattus tanezumi</i>	W	D		LC		+
23. 滇攀鼠 <i>Vernaya fulva</i>	H	D	**	LC	√	
(六) 松鼠科 Sciuridae						
24. 赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>	W	D		LC		-
25. 珀氏长吻松鼠 <i>Dremomys pernyi</i>	S	D	**	LC		-
26. 岩松鼠 <i>Sciurotamias davidanus</i>	O	G	*	LC		-
27. 隐纹松鼠 <i>Tamias swinhoei</i>	W	D		LC	√	+
28. 复齿鼯鼠 <i>Trogopterus xanthipes</i>	H	D	*	NT		-
(七) 鼯形鼠科 Spalacidae						
29. 中华竹鼠 <i>Rhizomys sinensis</i>	W	D		LC		+

四 鼯形目 SORICOMORPHA

(八) 鼯鼠科 Soricidae

30.短尾魮 <i>Anourosorex squamipes</i>	S	D		LC	√	+
31.黑齿魮䰾 <i>Blarinella quadratacauda</i>	H	D	**	NT		-
32.喜马拉雅水魮 <i>Chimarrogale himalayica</i>	S	D		LC		+
33.灰麝魮 <i>Crocidura attenuata</i>	S	D		LC		-
34.长尾魮䰾 <i>Episoriculus caudatus</i>	H	D		LC	√	
35.缅甸长尾魮 <i>Episoriculus macrurus</i>	H	D		LC		+
36.蹼足魮 <i>Nectogale elegans</i>	H	D		LC		+
37.小纹背魮䰾 <i>Sorex bedfordiae</i>	H	D	**	LC	√	
38.纹背魮䰾 <i>Sorex cylindricauda</i>	H	D	*	LC	√	-

(九) 鼯科 Talpidae

39.长吻鰼 <i>Euroscaptor longirostris</i>	S	D	*	LC	-
40.长尾鰼 <i>Scaptonyx fuscicaudus</i>	H	D		LC	+
41.等齿鰼 <i>Uropsilus aequodonenia</i>	H	D	*	LC	√
42.长吻鰼 <i>Uropsilus gracilis</i>	H	D		LC	-
43.鰼 <i>Uropsilus soricipes</i>	H	D	*	LC	√

S: 南中国型; H: 喜马拉雅-横断山型; W: 东洋型; X: 东北-华北型; U: 古北型; O: 不易归类的广布种。D: 东洋界; B: 古北界; G: 广布种。
* 中国特有种; ** 主要分布于中国。LC: 低危; NT: 近危。✓ 本次调查采集到标本; + 文献的数据来源于调查采集; - 文献的数据来源于资料。

S, South China type; H, Himalayan-Hengduan Mountains origin; W, Oriental origin; X, Northeast and north China origin; U, Palearctic origin; O, Widespread type. D, Oriental realm; B, Palearctic realm; G, Widespread species. * China endemic; ** Mainly distributed in China. LC, Least concern; NT, Near threatened. ✓ Captured in this survey; + Data in the literature were collected from surveys; - Data in the literature were collected from other literature.