

# 浙江省百山祖自然保护区小型兽类群落结构的垂直变化

叶珍林<sup>1</sup> 吴友贵<sup>1</sup> 周荣飞<sup>1</sup> 叶彬<sup>2</sup> 鲍毅新<sup>2\*</sup>

(1. 浙江百山祖自然保护区 浙江 庆元 323800; 2. 浙江师范大学生态研究所 浙江 金华 321004)

**摘要:**2010年7月和11月,采用铗日法对百山祖自然保护区的五岭坑(海拔约900 m)、万里林(海拔约1 100 m)、栗洋村(海拔约1 300 m)、百山祖保护站(海拔约1 500 m)等4个不同海拔保护站的小型兽类进行调查,分析海拔梯度下小型兽类群落结构的垂直变化。共捕获小型兽类101只,隶属于2目3科10种。结果表明,不同海拔小型兽类捕获率与生物量均有极显著差异( $P < 0.01$ )。优势种社鼠(*Niviventer confucianus*)捕获率最高,且占有最大比例的生物量,刺毛鼠(*Niviventer fulvescens*)次之;中海拔(1 100 m~1 300 m)区域小型兽类物种多样性和均匀度高于低海拔和高海拔。与以往研究相似,中海拔(1 100 m~1 300 m)区域的捕获率和生物量均相对较低,不同海拔生境类型及生境中的人为干扰的综合作用可能是造成这一结果的主要原因。

**关键词:**小型兽类;群落结构;生物量;海拔;百山祖自然保护区

中图分类号:S718.54

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2013)03-0061-05

## Vertical Variation of Community Structure of Small Mammals in Baishanzu Nature Reserve

YE Zhen-lin<sup>1</sup> WU You-gui<sup>1</sup> ZHOU Rong-fei<sup>1</sup> YE Bin<sup>2</sup> BAO Yi-xin<sup>2\*</sup>

(1. Baishanzu Nature Reserve of Zhejiang Qingyuan 323800, China;

2. Institute of Ecology Zhejiang Normal University Jinhua 321004, China)

**Abstract:** In July and November of the year 2010, 4 sampling sites were chosen, namely Wulingkeng (with an elevation of 900 m), Wanlilin (with an elevation of 1 100 m), Liyang (with an elevation of 1 300 m) and Baishanzu Station (with an elevation of 1 500 m), which are located at different altitudes, aiming to trap small mammals for studying the vertical variation of their communities. A total of 101 individuals of small mammals were captured, belonging to 2 orders, 3 families, 10 species. The results showed that capture rates and biomass at 4 altitudes had highly significant differences ( $P < 0.01$ ). The dominant species *Niviventer confucianus* had the highest captured rate and a great percentage of the biomass, followed by *Niviventer fulvescens*. Similar to previous studies, both diversity and evenness of small mammals at middle altitudes (1 100 m~1 300 m) were higher than those at low and high altitudes. On the contrary, captured rate and biomass of small mammals at middle altitudes (1 100 m~1 300 m) were both lower than those at low altitudes and high altitudes. It was indicated that the comprehensive effect of habitat types at different altitudes and human disturbances in habitats might be the cause of this result.

**Key words:** Small mammal, Community structure, Biomass, Altitude, Baishanzu Nature Reserve

森林生态系统中,小型兽类是食物链的初级消费者,是生产者 and 次级消费者能量联系的重要纽带,对维持生态系统结构和功能的稳定起着重要作用<sup>[1]</sup>,因此估计小型兽类群落的现存生物量,对于

收稿日期:2013-01-18

作者简介:叶珍林(1975-),男,浙江庆元人,工程师,主要从事生物多样性保护工作,E-mail:bszyzl@163.com。

\* 通讯作者:E-mail:sky90@zjnu.cn

理解生态系统内部能量流动规律具有重要意义<sup>[2,3]</sup>。群落的物种多样性在一定程度上反映了群落的复杂程度<sup>[4-6]</sup>,并体现了群落与生境的密切关系<sup>[7]</sup>。海拔梯度对生物多样性分布有重要影响,随海拔梯度上植被类型的变化,哺乳动物的物种组成随之相应变化<sup>[8-10]</sup>。小型哺乳动物垂直多样性的研究屡见不鲜,山地生态系统中,不同海拔的树种丰富度、栖息地类型和人类活动有差异,对哺乳动物的物种多样性有重要影响<sup>[11]</sup>;马俊等认为垂直梯度上植被多样性、降雨量及群落结构的差异密切影响小型哺乳动物的分布<sup>[12]</sup>。海拔梯度作为影响哺乳动物分布的重要因子之一,是否造成小型兽类群落结构的垂直变化仍有待探讨。本文从百山祖自然保护区小型兽类捕获率、生物量及物种多样性出发,研究小型兽类群落结构的垂直变化,探讨海拔因素是否对其产生影响。

## 1 方法

### 1.1 研究区概况

百山祖自然保护区位于浙江省庆元县境内,地理范围 27°37'45"N ~ 27°50'30"N, 119°7'45"E ~ 119°19'20"E, 总面积 108.8 km<sup>2</sup>, 山地陡峭, 坡度大多在 30°以上, 最高峰海拔 1 856.7 m, 是浙江省第 2 高峰。属于亚热带湿润季风气候, 表现为年均温低(年均温 12.8℃)、降水充沛(年降水量 2 341.8 mm)、相对湿度大、雾日多等。保护区优越的气候条件孕育了丰富的自然资源, 是我国 7 个生物多样性重点地区之一, 也是我国东南沿海中亚热带森林类型的一个典型代表, 主要保护对象是具有典型中亚热带特点的森林生态系统及以百山祖冷杉(*Abies beshanzuensis*) 等诸多稀有野生动植物。区内地形复杂, 切割剧烈, 植被随海拔升高而形成有序的垂直谱带, 由低海拔向高海拔大体为 3 个分布带, 海拔 1 000 m 以下为常绿阔叶林和暖性针叶林带, 1 000 m ~ 1 500 m 为常绿阔叶混交林和温性针叶林带, 1 500 m 以上为山地矮林、灌草丛带<sup>[13]</sup>。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 野外调查

2010 年 7 月和 11 月选择保护区内五岭坑(海拔约 900 m)、万里林(海拔约 1 100 m)、栗洋村(海拔约 1 300 m)、百山祖保护站(海拔约 1 500 m) 等 4

个不同海拔保护站作为主要调查地点, 在其附近的生境中以诱捕法对啮齿目和食虫目等小型兽类进行调查, 同一生境中连续 3 d 按不同路线布置中号鼠夹, 夹距约 5 m, 以新鲜花生为诱饵, 每个海拔站点共布夹日数分别为 1 761, 2 638, 949, 1 540(表 1)。对捕获个体进行种类和性别鉴定, 体重、体长、尾长、后足长等常规测量及剖检<sup>[14]</sup>。

#### 1.2.2 数据处理

生物量采用  $B = G/100$  夹日计算, 式中  $B$  为生物量(g/100 夹日),  $G$  为个体总鲜重。

采用种类( $S$ )、多样性指数( $H'$ )、均匀性指数( $E$ )、优势度指数( $D$ )、相似性指数( $I$ ) 5 个指标计算不同海拔小型兽类的物种多样性。

物种多样性指数( $H'$ )采用 Shannan - Weiner 公式<sup>[15]</sup>计算:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

式中,  $P_i$  为第  $i$  型兽类个体占群落的比例。

均匀度指数采用 Pielou 公式<sup>[16]</sup>计算:

$$E = H'/H'_{\max}$$

$$H'_{\max} = \ln S$$

式中,  $H'_{\max}$  为最大均匀性条件下的物种多样性。

优势度指数采用 Hurlbert 公式<sup>[17]</sup>计算:

$$D = \sum_{i=1}^S (P_i)^2$$

群落相似性指数( $I$ )采用 Whittaker 公式<sup>[18]</sup>计算:

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

其中  $a_i$  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。

使用 PASW Statistics 18.0 进行差异性分析, 捕获率采用卡方检验( $\chi^2$ -test), 生物量采用 t 检验(t-test)或单因素方差分析(one-way ANOVA), 若出现方差不同质则采用 Mann-Whitney  $U$  test 进行非参数检验。其中  $P < 0.05$  为差异显著水平,  $P < 0.01$  为差异极显著水平。

## 2 结果

### 2.1 不同海拔小型兽类捕获率

本次调查总安放夹日数 6 888 只, 捕获小型兽类 101 只, 总捕获率 1.47%, 隶属于啮齿目和食虫目 2 个目 3 科 10 种。4 个海拔高度小型兽类的捕获数

及捕获率见表 1。经卡方检验,不同海拔捕获率差异极显著( $\chi^2 = 12.828, P = 0.005$ );其中捕获数最多的优势种社鼠在不同海拔点的捕获率差异显著( $\chi^2 = 10.443, P = 0.015$ )表现为中海拔(1 100 m~1 300 m)捕获率较低;捕获数次之的刺毛鼠在不同海拔点的捕获率差异不显著( $\chi^2 = 5.591, P = 0.133$ )。

2.2 不同海拔小型兽类生物量

不同海拔小型兽类总生物量经单样本  $t$  检验 (one-sample  $t$  test) 差异极显著 ( $t = 6.488, df = 3, P$

$= 0.007$ ) 表现为低海拔生物量最高,高海拔次之,中海拔最小;4 个海拔段社鼠的生物量均比其它种类的生物量要高,并均在总生物量中构成比例最大,且不同海拔间存在显著差异 ( $t = 3.529, df = 3, P = 0.039$ );刺毛鼠生物量仅次于社鼠,在不同海拔间差异极显著 ( $t = 6.052, df = 3, P = 0.009$ );黑线姬鼠生物量不同海拔间差异极显著 ( $t = 14.290, df = 2, P = 0.005$ );其他各种生物量不同海拔间的差异均不显著(表 2)。

表 1 不同海拔小型兽类的捕获率统计

Table 1 Captured rate of small mammals at different altitudes

物种 Species	五岭坑/900 m Wulingkeng/900 m		万里林/1 100 m Wanlilin/1 100 m		栗洋/1 300 m Liyang/1 300 m		百山祖管理站/1 500 m Baishanzu Station/1 500 m	
	捕获数 Number	捕获率(%) Rate	捕获数 Number	捕获率(%) Rate	捕获数 Number	捕获率(%) Rate	捕获数 Number	捕获率(%) Rate
社鼠 <i>Niviventer confucianus</i>	16	0.91	7	0.27	3	0.32	12	0.78
刺毛鼠 <i>Niviventer fulvescens</i>	8	0.45	3	0.11	4	0.42	4	0.26
小家鼠 <i>Mus musculus</i>	3	0.17	5	0.19	2	0.21	1	0.06
中华姬鼠 <i>Apodemus draco</i>	3	0.17	2	0.08			3	0.19
黑线姬鼠 <i>Apodemus agrarius</i>	5	0.28	5	0.19	2	0.21		
黄毛鼠 <i>Rattus rattoides</i>	1	0.06	2	0.08				
青毛硕鼠 <i>Berylmys bowersi</i>			1	0.04				
黑腹绒鼠 <i>Eothenomys melanogaster</i>	1	0.06			1	0.11		
灰麝鼯 <i>Crocidura attenuate</i>	1	0.06					1	0.06
山东小麝鼯 <i>Crocidura shantungensis</i>	2	0.11			2	0.21	1	0.06
合计 Total	40	2.27	25	0.95	14	1.48	22	1.43

表 2 不同海拔小型兽类的生物量及构成比

Table 2 Biomass and percentage of small mammals at different altitudes

物种 Species	五岭坑/900 m Wulingkeng/900 m		万里林/1 100 m Wanlilin/1 100 m		栗洋/1 300 m Liyang/1 300 m		百山祖管理站/1 500 m Baishanzu Station/1 500 m		显著性 Significance
	生物量 Biomass	构成比(%) Percentage	生物量 Biomass	构成比(%) Percentage	生物量 Biomass	构成比(%) Percentage	生物量 Biomass	构成比(%) Percentage	
社鼠 <i>Niviventer confucianus</i>	55.24	60.43	17.30	31.87	17.78	37.68	38.92	64.69	$t = 3.529, P = 0.039$
刺毛鼠 <i>Niviventer fulvescens</i>	16.22	17.74	6.96	12.82	15.65	33.16	16.27	27.04	$t = 6.052, P = 0.009$
小家鼠 <i>Mus musculus</i>	3.14	3.44	3.67	6.76	4.15	8.79	0.90	1.50	$t = 3.021, P = 0.057$
中华姬鼠 <i>Apodemus draco</i>	4.75	5.20	1.23	2.27			2.96	4.92	$t = 2.933, P = 0.099$
黑线姬鼠 <i>Apodemus agrarius</i>	4.84	5.29	3.98	7.33	3.92	8.31			$t = 14.290, P = 0.005$
黄毛鼠 <i>Rattus rattoides</i>	2.13	2.33	4.07	7.50					
青毛硕鼠 <i>Berylmys bowersi</i>			17.08	31.46					
黑腹绒鼠 <i>Eothenomys melanogaster</i>	3.41	3.73			4.16	8.82			
灰麝鼯 <i>Crocidura attenuate</i>	0.70	0.77					0.64	1.06	
山东小麝鼯 <i>Crocidura shantungensis</i>	0.98	1.07			1.53	3.24	0.47	0.78	$t = 3.245, P = 0.083$
合计 Total	91.41	100.00	54.29	100.00	47.19	100.00	60.16	100.00	$t = 6.488, P = 0.007$

2.3 不同海拔小型兽类物种多样性

不同海拔小型兽类的物种多样性指数、均匀度指数及优势度指数见表 3,不同海拔物种多样性表现为万里林(1 100 m)最高,百山祖管理站(1 500

m)最低;均匀度在栗洋(1 300 m)处最高,百山祖管理站(1 500 m)处最低;群落优势度指数在百山祖管理站(1 500 m)处最高,在万里林(1 100 m)处最低。不同海拔小型兽类群落相似度指数见表 4,其中百

山祖管理站(1 500 m)与五岭坑(900 m)群落相似性最高,而其与栗洋(1 300 m)群落相似性最低,其他海拔点的群落相似性在 0.525~0.700 之间。

表 3 不同海拔小型兽类物种多样性、均匀度指数及优势度指数

Table 3 Diversity index, evenness index and dominance index of small mammals at different altitudes

海拔 Altitude	五岭坑/900 m Wulingkeng/900 m	万里林/1 100 m Wanlilin/1 100 m	栗洋/1 300 m Liyang/1 300 m	百山祖管理站/1 500 m Baishanzu Station/1 500 m
物种数 $S$	9	7	6	6
多样性指数 $H'$	1.763	1.788	1.710	1.334
最大多样性指数 $H'_{\max}$	2.197	1.946	1.792	1.792
均匀度指数 $E$	0.802	0.919	0.954	0.744
优势度指数 $D$	0.231	0.187	0.194	0.355

表 4 不同海拔小型兽类群落的相似性指数

Table 4 Similarity indexes of the different small mammal communities at different altitudes

海拔 Altitude	五岭坑 Wulingkeng	万里林 Wanlilin	栗洋 Liyang	百山祖管理站 Baishanzu Station
五岭坑 Wulingkeng	-			
万里林 Wanlilin	0.700	-		
栗洋 Liyang	0.689	0.620	-	
百山祖管理站 Baishanzu Station	0.773	0.525	0.487	-

### 3 讨论

李龙建等调查北京市灵山地区鼠类种群的结果发现,各种生境中的优势鼠种占有最大的生物量<sup>[19]</sup>;王涓等也认为在小型哺乳动物群落中,优势种占有最大比例的生物量<sup>[3]</sup>。百山祖自然保护区小型兽类群落的优势种和广布种是社鼠<sup>[20]</sup>,本文中不同海拔小型兽类的捕获数和捕获率几乎均是社鼠最高,且不同海拔中社鼠的生物量均高于其他各种的生物量,在总生物量中构成比例最大(表 1),支持了上述观点,表明百山祖自然保护区小型兽类优势种也占有最大比例的生物量。

物种多样性指数是反映群落多样性高低的定量指标,在一定程度上反映了群落的复杂程度<sup>[4~6]</sup>。一般认为中海拔地区气候条件、水热等生态因子组合往往最适宜,该区域生物对环境资源利用达到最大,拥有较高的植被丰富度和物种多样性<sup>[21,22]</sup>。神农架自然保护区和螺髻山自然保护区等小型哺乳动物垂直分布研究均表明,中海拔地区小型哺乳动物多样性较高<sup>[11,12]</sup>。本研究发现百山祖自然保护区中海拔(1 100 m)小型兽类物种多样性最高,其次为低海拔(900 m),最小的为高海拔(1 500 m);另外,群落均匀度指数也呈现中海拔(1 100 m~1 300 m)比低海拔和高海拔高,优势度则相反(表 3)。说明百山祖自然保护区海拔梯度上的小型兽类群落变化与以往研究相似,表现出中海拔区域拥有最大的物

种多样性。但中海拔区域小型兽类捕获率及生物量(捕获率: $\chi^2 = 12.828, P = 0.005$ ;生物量: $t = 6.488, df = 3, P = 0.007$ )均小于低海拔和高海拔区域;另外,优势种社鼠和刺毛鼠的捕获率及生物量在不同海拔间也表现出相同趋势(表 1 和表 2),即中海拔区域捕获率和生物量相对较低,这可能是由百山祖自然保护区不同海拔的生境类型、人类活动干扰等共同作用的。五岭坑海拔较低,人口稀少,植被以针阔混交林和竹林为主;百山祖管理站海拔较高,人类活动程度最低,保存有大片针阔混交林,是百山祖冷杉栖息地<sup>[23]</sup>;而万里林作为百山祖乡政府所在地,人口相对密集,相比于五岭坑和海拔最高的百山祖管理站,人为干扰程度较大,这可能是中海拔处社鼠和刺毛鼠生物量相对较小的重要原因。

百山祖自然保护区不同海拔取样地点复杂的环境,使得小型兽类不同海拔生物量和肥满度变化复杂,五岭坑与百山祖保护站人口稀少,农业和建筑设施量少且稀疏,相对于万里林和栗洋村,生境中的人为干扰程度是主要的差异,而海拔高度对小型兽类种群的影响可能更为次要了。需要进一步全面系统分析百山祖自然保护区小型兽类的群落生态学,以探索海拔梯度上生境质量和人为干扰等的变化造成的综合生态效应。

#### 参考文献:

- [1] 郑雄,李波,蒋光权,等.四川九顶山自然保护区的小型兽类群落结构[J].四川林业科技,2009,30(5):69~85.

- [2] 吴德林, 邓向福. 云南热带和亚热带山地森林鼠形啮齿类的群落结构、多样性、相对丰度、密度和生物量 [J]. 兽类学报, 1988, 8(1): 25~32.
- [3] 王涌, 王小明, 胡锦鑫, 等. 唐家河自然保护区小型兽类群落结构 [J]. 兽类学报, 2003, 23(1): 39~44.
- [4] Hodkinson I D, Hodkinson E. Pondering the imponderable: a probability based approach to estimating insect diversity from repeat faunal samples [J]. Entomology, 1993, 18(1): 91~92.
- [5] Scheiner S M. Measuring pattern diversity [J]. Ecology, 1992, 73(5): 1860~1867.
- [6] Wilson C C, Hebert P D N. The maintenance of taxon diversity in an asexual assemblage: an experimental analysis [J]. Ecology, 1992, 73(4): 1402~1422.
- [7] 肖治术, 王玉山, 张知彬, 等. 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 [J]. 生物多样性, 2002, 10(2): 163~169.
- [8] 张云智, 龚正达, 冯锡光, 等. 云南白草岭鼠形小兽群落结构及垂直分布 [J]. 动物学杂志, 2002, 37(2): 63~66.
- [9] 王艳妮, 周材权, 张君, 等. 唐家河国家级自然保护区夏季啮齿动物的群落分析 [J]. 西华师范大学学报(自然科学版), 2005, 26(3): 247~251.
- [10] 刘井元, 杜红, 田耕百, 等. 武陵山东段不同样地小型兽类群落结构及多样性分布 [J]. 动物学研究, 2008, 29(6): 637~645.
- [11] 李义明, 许龙, 马勇, 等. 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 [J]. 生物多样性, 2003, 11(1): 1~9.
- [12] 马俊, 吴永杰, 夏霖, 等. 螺髻山自然保护区非飞行小型哺乳动物垂直多样性调查 [J]. 兽类学报, 2010, 30(4): 400~410.
- [13] 余久华, 姚丰平, 陈小荣, 等. 百山祖自然保护区主要植被类型概述 [J]. 热带亚热带植物学报, 2003, 11(2): 93~98.
- [14] 陈德良, 吴友贵, 夏家天, 等. 百山祖自然保护区小型兽类的群落分析 [J]. 浙江林业科技, 2012, 32(3): 54~61.
- [15] Shannon C E, Weaver W. The mathematical theory of communication [M]. Urbana: University of Illinois Press, 1949.
- [16] Pielou E C. An introduction to mathematical ecology [J]. New York: Wiley-Interscience, 1969.
- [17] Hurlbert S H. The measurement of niche overlap and some relatives [J]. Ecology, 1978, 59(1): 67~77.
- [18] Whittaker R H. Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California [J]. Ecological Monographs, 1960, 30: 279~338.
- [19] 李龙建, 王涛, 李淑芳, 等. 北京市灵山地区鼠类种群特征的调查研究 [J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2009, 12(20): 516~518.
- [20] 孙波, 鲍毅新, 张龙龙, 等. 千岛湖岛屿化对社鼠的肥满度之影响 [J]. 动物学研究, 2009, 30(5): 545~552.
- [21] Heaney L R. Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses [J]. Global Ecology and Biogeography, 2001, 10(1): 15~39.
- [22] Nor S M. Elevational diversity patterns of small mammals on Mount Kinabalu, Sabah, Malaysia [J]. Global Ecology and Biogeography, 2001, 10(1): 41~62.
- [23] 吴鸣翔. 百山祖冷杉——一种新的冷杉的发现 [J]. 植物分类学报, 1976, 14(2): 15~21.

## (上接第44页)

- [5] 孟昭虹, 周嘉. 哈尔滨城市土壤理化性质研究 [J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2005, 21(4): 102~105.
- [6] 尹伯仁, 周丕生, 方海兰, 等. 上海大树移植的本底土质量调查与评价 [J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2004, 22(4): 373~377.
- [7] 杨东苏. 北海堤防护林土壤肥力特性研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2005: 18~22.
- [8] 曾曙才, 崔大方, 荣渡, 等. 深圳笔架山公园土壤性状分析 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2005, 44(增刊): 1~6.
- [9] 崔晓阳, 方怀龙. 城市绿地土壤及其管理 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 64~65.
- [10] 张苗, 万福绪, 赵广琦, 等. 上海沿海防护林土壤理化性质分析 [J]. 林业科技开发, 2011, 25(1): 25~29.
- [11] 杨均科, 胡海波, 王永昌, 等. 连云港沙质海岸造林地土壤理化性质研究 [J]. 林业科技开发, 2011, 25(05): 46~49.
- [12] TA Basamba, E Barrios, E Amezcua, etc. Tillage effects on maize yield in a Colombian savanna oxisol: Soil organic matter and P fractions [J]. Soil and Tillage Research, 2006(91): 131~142.
- [13] 徐明岗. 陕西土壤有机质与全氮量的关系 [J]. 陕西林业科技, 1993, 37(2): 9~10.