动 物 学 研 究 2006，Feb．27（1）：29－33 CN 53－1040/Q ISSN 0254－5853
Zoological Research

珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠在保护区与非保护区各年龄松林内的种群动态

门兴元[1]，郭宪国[1,2,*]，董文鸽[2]，钱体军[2]
（1．汕头大学 医学院，广东 汕头 515031；2．大理学院 基础医学院，云南 大理 671000）

摘要：2004 年 6～7 月，在云南省大理白族自治州苍山和洱海国家自然保护区选取 4 种年龄段（6～10、11～15、16～20、31～40 年）的松林和保护区周围的非保护区选取 7 种年龄段（1～5、6～10、11～15、16～20、21～30、31～40、50 年以上）的松林，每种松林设 3 个重复，共 33 个样地，在样地内随机选取 3 个 5 m×5 m 的样方，调查并记录样方内草本植物和灌木的种类、数量、覆盖度。在每个样地按 5 条样线布笼 100 个捕捉小兽，每天检查捕获的种类和数量。计算珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠在小兽群落中物种优势度、时间生态位宽度、两种小兽的时间生态位重叠度；用逐步回归分析两种松鼠与松林栖境因子的关系。上述结果表明，在保护区珀氏长吻松鼠出现的时间早于（6～10 年的松林开始捕获到）赤腹松鼠（16～20 年的松林内开始捕获到）；在非保护区，分别在 31～40 年和 21～30 年的松林内才捕到珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠。保护区 31～40 年的松林内珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠种群数量分别是同年龄段非保护区松林的 3 倍和 3.75 倍。松林底层的灌木对两种小兽的种群数量有重要影响。珀氏长吻松鼠种群数量与灌木密度呈正相关；赤腹松鼠种群数量与灌木覆盖度呈正相关，而与草本植物覆盖度呈负相关。非保护区树底植被的异质性降低，延迟了两种松鼠在松林里建立种群的时间。

关键词：珀氏长吻松鼠；赤腹松鼠；种群动态
中图分类号：Q959.837 **文献标识码：**A **文章编号：**0254－5853（2006）01－0029－05

Population Dynamics of *Dremomys pernyi* and *Callosciurus erythraeus* in the Protective and Non-protective Pine Forests at Different Ages

MEN Xing-yuan[1], GUO Xian-guo[1,2,*], DONG Wen-ge[2], QIAN Ti-jun[2]
(1. *Shantou University Medical College, Shantou University, Shantou* 515031, *China*;
2. *Dali Medical College, Dali Univeristy, Dali* 671000, *China*)

Abstract: Four pine forests (6－10, 11－15, 16－20 and 31－40 year-old) located in the Cangshan Mountain and Erhai Lake National Reserve and seven pine forests (1－5, 6－10, 11－15, 16－20, 21－30, 31－40 and more than 50 year-old) located in the non-protective area near the national reserve were selected. Three replications of each forest was set and a total of 33 sites were investigated. At each site, we quantified six habitat variables (species richness, abundance and percentage of grasses and shrubs coverage respectively at the bottom layer of forests) within randomly determined 5 m ×5 m areas. One hundred cages were set in five lines at each site to trap small mammals, whose species and numbers were recorded. Dominance of *Dremomys pernyi* and *Callosciurus erythraeus* in small mammal communities, time niche breadth and time niche overlap between the two small mammals were calculated respectively. Step-wise regression was used to analyze relationship between small mammals and habitat factors. Our results indicated that *D. pernyi* occurred earlier than *C. erythraeus* in protective pine forests. *D. pernyi* was captured in 6－10 year-old forest initially, and *C. erythraeus* was captured in 16－20-year-old forest initially. *D. pernyi* and *C. erythraeus* were captured in the 31－40 and 21－30 year-old forests initially in the non-protective area, respectively. Populations of *D. pernyi* and *C. erythraeus* in the 31－40 year-old protective forests were 3 and 3.75 times of those in the same-aged non-protective forests, respectively.

* **收稿日期：**2005－10－17；**接受日期：**2005－11－23
基金项目：国家自然科学基金资助项目（30460125）；汕头大学基础医学博士后基金资助项目
* **通讯作者**（Corresponding author）E-mail：guodlmcl@public.km.cn
第一作者简介：门兴元（1974－），男，博士，主要从事动物生态学和媒介生物学研究。E-mail：menxy2000@hotmail.com

Shrubs significantly influenced populations of the two small mammals. Populations of *Dremomys pernyi* was positively correlated with density of shrubs; populations of *C. erythraeus* was positively correlated with coverage of shrubs, and negatively correlated with coverage of grasses. *D. pernyi* and *C. erythraeus* were important for pine forests to scatter pine seeds. Human activities in the non-protective pine forests decreased the vegetation heterogeneity at the bottom layer of pine forests, postponed the occurrence of *D. pernyi* and *C. erythraeus*, and decreased populations of the two small mammals.

Key words: *Dremomys pernyi*; *Callosciurus erythraeus*; Population dynamics

小型哺乳动物在森林生态系统恢复过程中，起着非常重要的作用（Carey & Harrington，2001）。它们不仅为捕食性的哺乳动物和鸟类提供食物（Krebs & Myers，1974；Hörnfeldt et al，1990；Carey & Johnson，1995），同时还是植物、苔藓、菌类和无脊椎动物的消费者（Buckner，1966；Ure & Master，1982；Gebczynska，1983；Hansson，1988；Carey et al，1999），因而是森林生态系统物质和能量流动的重要环节。

松鼠是松林里常见的小型哺乳动物，以松果为食，是松林里少数分散贮藏种子的兽类，因此是松林种子重要的消费者和传播者（Lu，2003），对促进森林退化地的森林恢复有重要作用。

云南森林经历了毁林造林、过度砍伐和随后的植树造林、封山育林，森林覆盖率从 1982 年的 24%增加到 2004 年的 50%，目前已形成了大面积恢复中的人工林（Cao，2003；He，2004）。珀氏长吻松鼠［*Dremomys pernyi*（Milne-Edwards）］和赤腹松鼠［*Callosciurus erythraeus*（Pallas）］是云南人工松林内常见的两种食果小型兽类，两者的体型大小和食性相似（Huang et al，1995）。为了解这两种生态位相近的小型兽类在保护区和非保护区各种年龄松林内的种群动态，我们在云南省苍山和洱海国家自然保护区及附近开展了研究。拟为合理管理森林，促进森林生态恢复提供依据。

1 研究方法

1.1 研究地概况

本研究是在云南省大理白族自治州（99°58′ – 100°27′E，25°25′ – 25°58′N）苍山和洱海国家自然保护区和保护区周围的非保护区森林完成。森林里主要乔木是云南松（*Pinus yunnanensis*）和华山松（*Pinus amandi*）。海拔 1 950 ~ 2 050 m，年均温 15.1 ℃，年均降水量为 1 100 mm。

在自然保护区，由于禁止任何砍伐行为，因而松林内的植被受到较好保护；在非保护区，虽然也禁止砍伐，但周边村民在每年秋冬农闲时间，会到松林里将地表的茅草割光，用其作为牲畜的饲料和沤制厩肥的原料。

1.2 松林栖境因子调查

在自然保护区和非保护区不同年龄的松林里，在每个样地随机选取 3 个 5 m × 5 m 的样方，调查并记录样方内草本植物和灌木的种类、数量、覆盖度，了解非保护区草本植物和灌木的种类、数量、覆盖度的变化。

1.3 小型兽类调查

2004 年 6 ~ 7 月，在自然保护区选择 4 种年龄段（6 ~ 10、11 ~ 15、16 ~ 20、31 ~ 40 年）的松林，在非保护区选择 7 种年龄段（1 ~ 5、6 ~ 10、11 ~ 15、16 ~ 20、21 ~ 30、31 ~ 40、50 年以上）的松林，按 5 条样线布笼，线间距约 30 m，每条样线上各置笼 20 个，共 100 个。以油炸花生米和苹果作为诱饵，用 10 cm × 12 cm × 18 cm 的捕鼠笼诱捕小型兽类。每天早上检查捕获情况，并更换诱饵，连续诱捕 3 天。每个处理设 3 个重复。将捕获的小型兽类带回实验室，鉴定种类、性别、年龄，并记录数量。

1.4 数据分析

用 Berger-Parker 优势度指数（d）计算物种优势度：

$$d = \frac{N_i}{N}$$

其中 N_i 是种 i 的种群数量；N 是群落中全部物种的种群数量。

用 Levins 生态位宽度指数（B_i）计算生态位宽度：

$$B_i = \frac{1}{S\sum_{n=1}^{S} P_{in}^2}$$

其中 B_i 是种 i 的生态位宽度；P_{in} 是种 i 利用资源 n 等级的数值；S 是生态位的资源等级数。

用 Cowell-Futuyma 的生态位重叠度指数（C_{ij}）

计算生态位重叠度：

$$C_{ij} = 1 - \frac{1}{2}\sum_{n=1}^{S} | P_{in} - P_{jn} | \ (i \neq j)$$

其中 C_{ij} 是物种 i 和 j 的生态位重叠度；P_{in} 和 P_{jn} 为第 i 和第 j 种在第 n 资源上分布的比例；S 是生态位的资源等级数。

用逐步回归方法分析珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠与松林栖境因子的关系。在进行回归分析前，先将环境因子标准化。用单因素方差分析、比较不同生境中珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠的数量、优势度以及栖境因子的差异显著性。

2　结果与分析

2.1　保护区和非保护区各松龄段内两种小型兽类的种群动态

在保护区 6 ~ 10 年的松林内就能捕到珀氏长吻松鼠，随着松林年龄的增长，其种群数量也增加；在 16 ~ 20 年的松林里，种群数量达到最高（$F_{3,8} = 8.500$，$P = 0.007$），优势度达到 0.329 8，是小型兽类群落里优势度最大的物种；随后种群数量明显下降（图 1）。

在保护区 16 ~ 20 年的松林内才捕到赤腹松鼠，比珀氏长吻松鼠出现的松龄段较晚，在 31 ~ 40 年的松林内，种群数量显著增加（$F_{3,8} = 18.000$，$P < 0.001$），在小型兽类群落中的优势度为 0.275 5，替代珀氏长吻松鼠成为群落中的最优势物种（图 1）。

在保护区松林内，珀氏长吻松鼠的时间生态位宽度为 0.657 7，赤腹松鼠为 0.283 2；两者的生态位重叠度为 0.276 8。

在非保护区，分别在 31 ~ 40 年和 21 ~ 30 年的松林内才捕到松林珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠，优势度较低，始终未达到 0.1（图 2）。而在 31 ~ 40 年的保护区松林内，珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠种群数量分别是同年龄段非保护区松林的 3 倍（$F_{1,4} = 20.000$，$P = 0.011$）和 3.75 倍（$F_{1,4} = 30.250$，$P = 0.005$）。

在非保护区松林内，珀氏长吻松鼠的生态位宽度为 0.257 1，赤腹松鼠为 0.326 2。两者的生态位重叠度为 0.696 9。两者的重叠度比保护区高。

2.2　保护区与非保护区同龄段松林底层植被差异

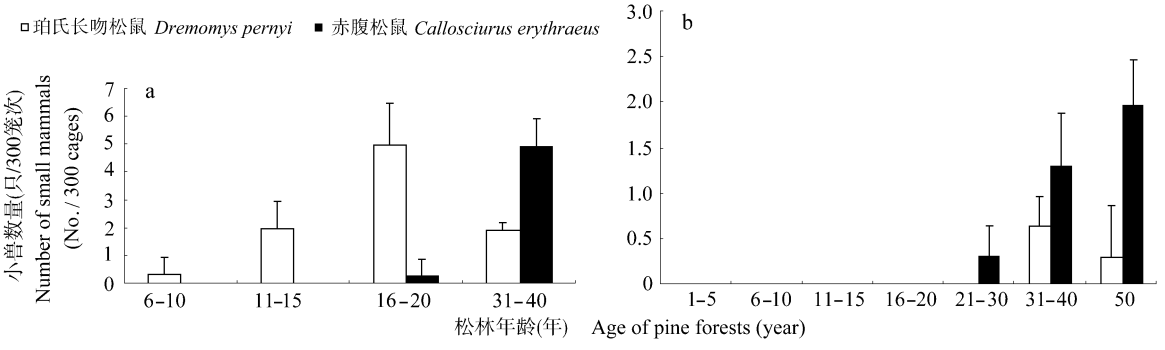

图 1　保护区（a）和非保护区（b）不同年龄段松林中珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠的种群数量

Fig. 1　Population of *Dremomys pernyi* and *Callosciurus erythraeus* in protective (a) and non-protective (b) pine forests at different ages

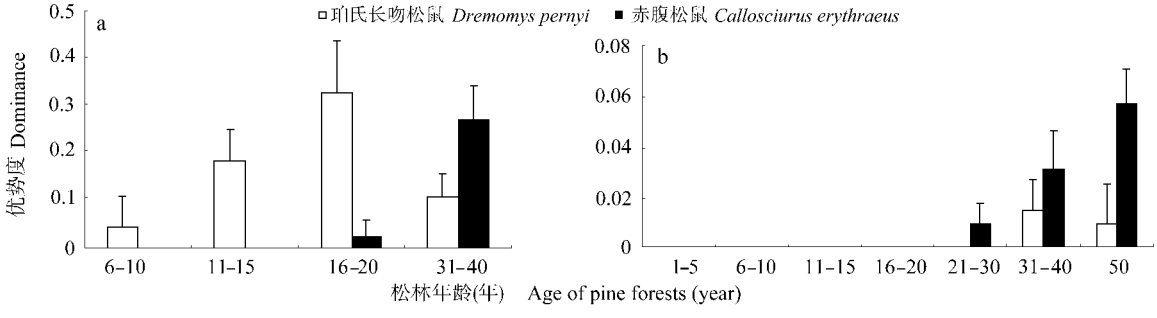

图 2　保护区（a）和非保护区（b）不同年龄段松林中珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠的优势度

Fig. 2　Dominance of *Dremomys pernyi* and *Callosciurus erythraeus* in small mammal communities in protective (a) and non-protective (b) pine forests at different ages

除了 6 ~ 10 年松龄段保护区与非保护区灌木覆盖度、灌木物种多度无显著差异外，在其他 3 个松龄段，保护区灌木覆盖度、物种多度、密度显著高于非保护区（表 1）。

所有松林段非保护区草本植物覆盖度、密度均显著高于同松龄段保护区；除了 6 ~ 10 年松龄段非保护区草本植物物种多度高于保护区外，其他松龄段都显著低于保护区（表 1）。

2.3 两种小型兽类种群数量与栖境因子的关系

对珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠的种群数量与松林栖境因子进行多元线性回归分析，其结果见表 2。回归结果显示，松林底层的灌木对两种小兽的种群数量有重要影响。珀氏长吻松鼠种群数量与灌木密度呈正相关；赤腹松鼠种群数量与灌木覆盖度呈正相关，而与草本植物覆盖度呈负相关。

表 1 保护区与非保护区不同年龄段松林灌木和草本因子的比较

Tab. 1 Comparison of shrubs and grasses between the protective and non-protective forests belonging to four age classes

松龄段 Age	植被 Vegetation	覆盖度 Cover rate (%)		$F_{1,4}$	物种多度 Species richnes		$F_{1,4}$	密度 Density (plants per 25 m^2)		$F_{1,4}$
		P	N		P	N		P	N	
	灌木 Shrubs									
6 – 10		6.00	5.00	1.50	4.33	3.00	4.00	4.29	3.77	22.01**
11 – 15		15.00	4.00	36.30**	8.33	4.33	28.80**	4.42	3.72	11.64*
16 – 20		27.00	2.33	248.91***	10.00	2.33	132.25***	6.20	3.36	246.79***
31 – 40		42.33	8.00	230.63***	10.33	6.33	8.45*	6.36	4.25	1 003.23***
	草本植物 Grasses									
6 – 10		17.00	71.67	114.04**	3.33	7.67	12.07*	5.21	8.88	1 632.15***
11 – 15		47.67	84.00	45.35**	13.00	5.67	48.40**	8.45	9.25	31.57**
16 – 20		68.33	80.67	42.78**	14.00	6.67	12.10*	8.69	9.15	12.85*
31 – 40		52.00	77.33	125.57***	13.33	7.33	23.14**	8.40	8.94	23.08**

P：保护区松林（Protective forest）；N：非保护区松林（Non-protective forest）。
草本植物的密度经 ln 转化［Aabundance of grasses is transformed by ln x］。
* $P < 0.05$，** $P < 0.01$，*** $P < 0.001$.

表 2 珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠种群数量与栖境因子关系的回归模型

Tab. 2 Regression models to describe relationships between population of *Dremomys pernyi* and *Callosciurus erythraeus* and habitat variables

物种 Species	回归方程 Regression equation	回归系数 R	$F_{1,22}$ F-value	自由度 df	P
珀氏长吻松鼠 *Dremomys pernyi*	$Y = 1.792 + 1.999X_1$	0.914	112.285	1，22	< 0.001
赤腹松鼠 *Callosciurus erythraeus*	$Y = 0.833 + 1.843X_2 - 0.670X_3$	0.828	22.983	2，21	< 0.001

X_1、X_2 和 X_3 分别代表灌木的密度、覆盖度和草本植物的覆盖度。
X_1，X_2，and X_3 were the density of shrubs，cover rate of shrubs and cover rate of grasses，respectively.

3 讨 论

小型哺乳动物的分布依赖于环境为其提供食物和隐蔽条件等基本生存要素（Adler，1985；Ferreira & van Aarde，1996；Tews et al，2004；Morris，1997；Batzli & Lesieutre，1995；Ecke et al，2002）。珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠主要以种子和野果为食，也吃昆虫和鸟卵等动物（Huang et al，1995）。赤腹松鼠在松林里出现的时间晚于珀氏长吻松鼠，可能是由于赤腹松鼠种群更依赖于松树果实。在低龄的松林里，松树尚未结果或结果数量少。两种松鼠都要到树下活动取食，因此，树下植被对松鼠早期的种群建立特别重要。本研究保护区松林内珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠的种群数量显著高于非保护区，可能与保护区灌木覆盖度和密度相对较高、可以为其提供更多的隐蔽条件和食物来源有关。

生境中微环境的质量（如食物、捕食）和结构等，是影响小型哺乳动物对微环境选择的直接因素，但人类干扰是最终因素（Simonetii，1989）。许多研究表明，人类的活动会改变小兽的数量、结构和组成（Xiao et al，2002；Wu & Luo，1993）。本研究中，在非保护区松林，珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠分别在 31 ~ 40 年和 21 ~ 30 年松龄段才开始出现，且种群数量显著低于保护区，优势度始终低于 0.1。说明人类的干扰活动不但降低了珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠的种群数量，而且延迟了在松林内两种小兽的出现时间。

在自然界中，松树要依赖于动物的帮助完成种子扩散，实现天然更新。松鼠是松林里少数分散贮藏种子的兽类，是松林种子的重要传播者（Lu，2003）。因此松鼠的种群对于松林的更新和松林面积的自然扩展都有非常重要的意义。我们的研究显示，人类的干扰活动，如对松林地表植被的破坏，不利于珀氏长吻松鼠和赤腹松鼠种群的早期建立和数量的增加，从而不利于云南松林的更新和面积的自然扩展。

参考文献：

Adler GH. 1985. Habitat selection and species interactions：An experimental analysis with small mammal population [J]. *Oikos*, **45**：380 – 390.

Batzli GO, Lesieutre C. 1995. Community organization of arvicoline rodents in northern Alaska [J]. *Oikos*, **72**：88 – 98.

Buckner CH. 1966. The role of vertebrate predation in biological control of forest insects [J]. *Ann Rev Entomol*, **11**：449 – 470.

Cao SS. 2003. Intensifying forest resources management and achieving sustainable forestry development in Yunnan Province [J]. *Forest Resources Management*, **4**：11 – 18. [曹善寿. 2003. 加强森林资源管理，实现云南林业可持续发展. 林业资源管理，**4**：11 – 18.]

Carey AB, Harrington CA. 2001. Small mammals in young forests：Implications for management for sustainability [J]. *For Ecol Manage*, **154**：289 – 309.

Carey AB, Johnson ML. 1995. Small mammals in managed, naturally young, and old-growth forests [J]. *Ecol Appl*, **5**：336 – 352.

Carey AB, Kershner J, Biswell B, DeToledo LD. 1999. Ecological scale and forest development：Squirrels, dietary fungi, and vascular plants in managed and unmanaged forests [J]. *Wildlife Monogrs*, **142**：1 – 71

Ecke F, Lögren O, Sörlin D. 2002. Population dynamics of small mammals in relation to forest age and structural habitat factors in northern Sweden [J]. *J Appl Ecol*, **39**：781 – 792.

Ferreira SM, Van Aarde RJ. 1996. Changes in community characteristics of small mammals in rehabilitating coastal dune forests in northern KwaZulu/Natal [J]. *Afr J Ecol*, **34**：113 – 130.

Gebczynska Z. 1983. Feeding habits [J]. *Acta Theriologica*, XXⅧ (suppl. 1) 40 – 49.

Hansson L. 1988. Grazing impact by small rodents in a steep cyclicity gradient [J]. *Oikos*, **51**：31 – 42.

He Y. 2004. Forest cover rate of Yunnan Province is about to 50% [J]. *Xinnan Zaozhi*, **33** (3)：12. [何　英. 2004. 云南森林覆盖率接近五成. 西南造纸，**33** (3)：12.]

Hörnfeldt B, Carlsson BG, Löfgren O, Eklund U. 1990. Effects of cyclic food supply on breeding performance in Tengmalm's owl [J]. *Can J Zool*, **68**：522 – 530.

Huang WJ, Chen YX, Wen YX. 1995. Rodents of China [M]. Shanghai：Fudan University Press. [黄文几，陈延熹，温业新. 1995. 中国啮齿类. 上海：复旦大学出版社.]

Krebs CJ, Myers JH. 1974. Population cycles in small mammals [J]. *Adv Ecol Res*, **8**：267 – 339.

Lu CH. 2003. Review on the study of relationship between natural regeneration of Korean pine and animals [J]. *Chinese Journal of Ecology*, **22** (1)：49 – 53. [鲁长虎. 2003. 动物与红松天然更新关系的研究综述. 生态学杂志，**22** (1)：49 – 53.]

Morris DW. 1997. Optimally foraging deer mice in prairie mosaics：A test of habitat theory and absence of landscape effects [J]. *Oikos*, **80**：31 – 42.

Simonetti JA. 1989. Microhabitat use by small mammals in central Chile [J]. *Oikos*, **56**：309 – 318.

Tews J, Brose U, Grimm V, Tielbörger K, Wichmann MC, Schwager M, Jeltsch F. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity：The importance of keystone structures [J]. *J Biogeogr*, **31**：79 – 92.

Ure DC, Master C. 1982. Mycophagy of red-backed voles in Oregon and Washington [J]. *Can J Zool*, **60**：3307 – 3315.

Wu DL, Luo CC. 1993. Effects of Human activity on community structure of small mammals in Ailao Mountain [J]. *Zool Res*, **14** (1)：35 – 41. [吴德林，罗成昌. 1993. 人类活动对云南哀牢山小型兽类群落结构的影响. 动物学研究，**14** (1)：35 – 41.]

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 [J]. *Biodiversity Science*, **10** (2)：163 – 169. [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** (2)：163 – 169.]