

云南省短尾鼯体表螨类感染及相关生态分析

李贝^① 郭宪国^{①*} 任天广^② 赵成富^① 范蓉^① 毛珂玉^① 黄晓宾^①

① 大理大学病原与媒介生物研究所, 云南省自然疫源性疾病预防控制技术重点实验室 大理 671000;

② 大理大学护理学院 大理 671000

摘要: 根据 2001 至 2015 年对云南省 30 个县(市)的现场调查, 本文对短尾鼯 (*Anourosorex squamipes*) 体表螨类(革螨和恙螨)的感染状况和相关生态规律进行了初步分析。常规统计短尾鼯体表螨类的构成比 (C_T)、感染率 (P_M)、平均多度 (M_A) 和感染度 (M_I)。用 Jaccard 相似性系数 (J) 比较螨类物种相似度。用 Margalef 指数 (M_f) 测定螨类物种丰富度, 同时计算螨类科属级物种多样性 (D_F 、 D_G 、 $D_{G,F}$)。用聚块指数 (m^*/m) 和负二项分布的 K 参数 (k) 测定优势螨种的空间分布型。用协调系数 (V) 测定革螨和恙螨两大类群之间的协调关系。在所调查的 30 个县市中, 从 10 个县市累积捕获到 348 只短尾鼯, 采集到螨类 15 541 只, 分类鉴定为 10 科 24 属 103 种, 恙螨物种丰富度 (M_f) 高于革螨, 但革螨科属物种多样性各指标 ($D_G = 2.80$, $D_F = 2.32$, $D_{G,F} = 0.17$) 均高于恙螨的相应指标 ($D_G = 1.43$, $D_F = 1.26$, $D_{G,F} = 0.12$)。短尾鼯体表螨类感染普遍, 总感染率 ($P_M = 80.75\%$)、总平均多度 ($M_A = 44.66$ 螨/鼯) 和总感染度 ($M_I = 55.31$ 螨/鼯) 均较高, 革螨的这三项指标明显高于恙螨 ($P_M: \chi^2 = 182.580$, $P < 0.001$; $M_A: Z = -12.495$, $P < 0.001$; $M_I: Z = -0.371$, $P > 0.05$)。两大螨类之间呈较低程度正协调 ($V = 0.18$, $P < 0.001$)。短尾鼯地厉螨 (*Dipolaelaps anourosorecis*) 是短尾鼯体表的优势革螨 ($C_T = 92.79\%$), 密点纤恙螨 (*Leptotrombidium densipunctatum*) 是优势恙螨 ($C_T = 23.10\%$), 两种优势螨种在短尾鼯不同个体间呈聚集分布 ($m^*/m > 1$, $k > 0$)。不同性别和不同年龄短尾鼯体表螨类感染存在差异, 螨类更倾向于感染雌性和成年短尾鼯。雌雄短尾鼯体表恙螨种类相似度较低 ($J = 0.31$), 革螨种类相似度相对较高 ($J = 0.65$)。不同年龄短尾鼯体表恙螨种类相似度很低 ($J = 0.17$), 革螨种类相似度也较低 ($J = 0.28$)。结果表明, 云南省短尾鼯体表螨类感染普遍, 感染程度重, 螨类物种多样性很高。密点纤恙螨是优势恙螨, 短尾鼯地厉螨是优势革螨, 两种优势螨种均呈聚集分布。不同性别和不同年龄短尾鼯体表螨类感染存在性别偏倚和年龄偏倚。

关键词: 短尾鼯; 革螨; 恙螨; 生态; 云南省

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2021) 05-686-10

Infestation and Related Ecological Analyses of Mites on Mole Shrews (*Anourosorex squamipes*) in Yunnan Province

LI Bei^① GUO Xian-Guo^{①*} REN Tian-Guang^② ZHAO Cheng-Fu^①
FAN Rong^① MAO Ke-Yu^① HUANG Xiao-Bin^①

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 81960380, 81672055), 大理大学创新团队基金项目 (No. ZKLX2019104);

* 通讯作者, E-mail: xiangguo@yahoo.com;

第一作者介绍 李贝, 女, 硕士研究生; 研究方向: 病原生物学; E-mail: 921261291@qq.com。

收稿日期: 2021-02-01, 修回日期: 2021-05-09 DOI: 10.13859/j.cjz.202105006

① *Vector Laboratory, Institute of Pathogens and Vectors, Yunnan Provincial Key Laboratory for*

Zoonosis Control and Prevention, Dali University, Dali 671000;

② *Nursing College of Dali University, Dali 671000, China*

Abstract: Based on the field investigations in 30 counties of Yunnan Province between 2001 and 2015, the present paper analyzed the infestation and related ecological issues of mites (gamasid mites and chigger mites) on the body surface of Mole Shrews (*Anourosorex squamipes*) in the province. The constituent ratio (C_r), prevalence (P_M), mean abundance (M_A) and mean intensity (M_I) of mites on *A. squamipes* shrews were calculated in a conventional way. Jaccard's similarity coefficient (J) was calculated to compare the similarity of mite species. Margalef's index (M_f) was used to measure the species richness of mites. The D_F , D_G and D_{G-F} were used to measure the species diversity of mites at family and genus levels. The patchiness index (m^*/m) and K parameter of negative binomial distribution (k) were used to determine the spatial distribution pattern of dominant mite species among different individuals of *A. squamipes* shrews. The association coefficient (V) was used to measure the mutual relationship between chigger mites (trombiculid mites) and gamasid mites. A total of 348 mole shrews (*A. squamipes*) were captured from 10 of 30 investigated counties in Yunnan. The collected 15 541 mites from *A. squamipes* were identified as 103 species belonging to 24 genera and 10 families. The M_f species richness of chigger mites was higher than that of gamasid mites, but all species diversity indices of gamasid mites at family and genus levels ($D_G = 2.80$, $D_F = 2.32$ and $D_{G-F} = 0.17$) were higher than those of chigger mites ($D_G = 1.43$, $D_F = 1.26$ and $D_{G-F} = 0.12$). The infestation of *A. squamipes* shrews with mites was common with a high overall prevalence ($P_M = 80.75\%$), mean abundance ($M_A = 44.66$ mites/shrew) and mean intensity ($M_I = 55.31$ mites/shrew). The P_M , M_A and M_I of gamasid mites were obviously higher than those of chigger mites ($P_M: \chi^2 = 182.580$, $P < 0.001$; $M_A: Z = -12.495$, $P < 0.001$; $M_I: Z = -0.371$, $P > 0.05$). A positive association existed between chigger mites and gamasid mites ($V = 0.18$, $P < 0.001$). *Dipolaelaps anourosorecis* ($C_r = 92.79\%$) was the dominant species of gamasid mites and *Leptotrombidium densipunctatum* ($C_r = 23.10\%$) was the dominant species of chigger mites. The two dominant mite species were of aggregated distribution among different individuals of their animal host, *A. squamipes* ($m^*/m > 1$, $k > 0$). Different sexes and different ages of *A. squamipes* had different mite infestations, and more mites tended to choose male and adult *A. squamipes* shrews. The species similarity of chigger mites was relatively low on male and female *A. squamipes* shrews ($J = 0.31$), but that of gamasid mites was relatively high ($J = 0.65$). The species similarity of chigger mites was very low on different ages of *A. squamipes* shrews ($J = 0.17$), and that of gamasid mites was also low ($J = 0.28$). The infestation of *A. squamipes* shrews with mites is common with heavy infestation intensity and very high species diversity of mites. On *A. squamipes* shrews, *L. densipunctatum* is the dominant species of chigger mites and *D. anourosorecis* is the dominant species of gamasid mites, and they are of aggregated distribution. There are sex-bias and age-bias in the infestations of *A. squamipes* shrews with mites.

Key words: Mole Shrew, *Anourosorex squamipes*; Chigger mite; Gamasid mite; Ecology; Yunnan

短尾鼯 (*Anourosorex squamipes*) 又名微尾鼯, 因其模式标本采于四川宝山县, 其中文名也

称为四川短尾鼯, 隶属于鼯形目 (Soricomorpha) 鼯鼯科 (Soricidae) 短尾鼯属 (王应祥 2003,

段海生等 2011)。短尾鼯广泛分布于我国四川、重庆、陕西、贵州和云南等西南地区,食性复杂,不但取食土壤节肢动物、蠕虫、啮齿动物幼仔和水生动物等,还经常危害农作物,是我国部分地区重要的农业害兽之一(蒋光藻等 1990,宗浩 1998)。此外,短尾鼯还可以作为钩体病(龙江等 2005)和汉坦病毒肺综合征(Hantavirus pulmonary syndrome, HPS)(郭婷等 2016)等人兽共患病的病原贮存宿主。

包括鼯类在内的小型哺乳动物(小兽)体表经常携带大量螨类,主要是恙螨(chigger mites 或 trombiculid mites)和革螨(gamasid mites)两大类群。俗称恙螨的物种隶属于蛛形纲(Arachnida)蜱螨亚纲(Acari)真螨目(Acariformes)恙螨总科(Trombidioidea)中的恙螨科(Trombiculidae)、列恙螨科(Leeuwenhoekinae)和背展恙螨科(Gahrlepiinae)。在恙螨复杂的生活史中,仅幼虫阶段在小型哺乳动物体表寄生,恙螨幼虫是常见的啮齿动物体表寄生虫类群(黎家灿 1997),是恙虫病(tsutsugamushi disease 或 scrub typhus)的唯一传播媒介。恙虫病东方体(*Orientia tsutsugamushi*)通过幼虫叮咬引起在鼠类之间以及人-鼠之间传播(Guo et al. 2013, Lv et al. 2018)。革螨属于蛛形纲(Arachnida)蜱螨亚纲(Acari)寄螨目(Parasitiformes)中气门亚目(Mesostigmata)中的革螨股(Gamasina),下分若干总科,种类繁多。其中,皮刺螨总科(Dermanyssioidea)经常出现在各种小兽体表,是常见的体表寄生虫类群(邓国潘 1993),与医学关系密切,有些种可直接叮咬人体引起革螨性皮炎,有的可作为肾综合出血热(hemorrhagic fever with renal syndrome, HFRS)等多种人兽共患病的潜在传播媒介(邓国潘 1993,陈香蕊 2000)。

作者及项目组于 2001 至 2015 年间在云南省境内分别针对黄胸鼠(*Rattus tanezumi*)(Guo et al. 2006)、褐家鼠(*R. norvegicus*)(Liu et al.

2019)等啮齿动物体表寄生的恙螨和革螨开展过一系列现场调查,积累了丰富的原始资料。但限于人力、物力、财力和时间等,未能在所有调查点都同时采集恙螨和革螨。本研究根据 2001 至 2015 年间对这两大螨类的现场调查原始记录和分类鉴定,筛选出同步调查采集了恙螨和革螨的调查地点共 30 个县(市),归纳汇总得到新的原始数据,对短尾鼯体表革螨和恙螨的感染状况和相关生态规律进行初步分析。

1 材料与方 法

1.1 数据来源

原始数据来自 2001 至 2015 年同步调查并同时采集了恙螨和革螨的云南省 30 个县(市),这 30 个调查点(县、市)涵盖了云南省不同地理方位、经纬度、海拔及主要江河流域(怒江、沧澜江、金沙江和元江),基本能够代表和反映云南省全境的情况。短尾鼯及其他小兽的诱捕和鉴定、螨类采集、螨类标本制作和分类鉴定按常规方法进行(黎家灿 1997, Guo et al. 2006)。

1.2 感染分析

计数每只短尾鼯体表螨类的种数和个体数,常规统计短尾鼯体表螨类的构成比(C_r)、感染率(P_M)、平均多度(M_A)和感染度(M_I)4 项指标(Margolis et al. 1982, Ritzi et al. 2003)。 $C_r = (N_i/N)100\%$, $P_M = (H_i/H)100\%$, $M_A = N_i/H$, $M_I = N_i/H_i$, 式中, N_i 为某种螨类的数量, N 为螨类总数, H_i 为感染某种螨类的短尾鼯数量, H 为短尾鼯总数。

1.3 物种丰富度分析

用 Margalef 指数(M_f)测定短尾鼯体表螨类的物种丰富度(Hunter et al. 1988)。 $M_f = (S - 1)/\ln N$, 式中, S 表示螨类种数, N 表示螨类数量。

1.4 科属物种多样性分析

参照 Shannon-Wiener 多样性指数模式,计算短尾鼯体表螨类科级物种多样性(D_F)、属

级物种多样性 (D_G) 和标准化 G-F 指数 (D_{G-F})。单种科的 D_{Fk} 定义为零 (蒋志刚等 1999)。

$$D_F = \sum_{i=1}^l D_{Fk}; \quad D_{Fk} = -\sum_{i=1}^n \left(\frac{S_{ki}}{S_k} \right) \ln \left(\frac{S_{ki}}{S_k} \right);$$

$$D_G = \sum_{e=1}^p \left(\frac{S_e}{S} \right) \ln \left(\frac{S_e}{S} \right); \quad D_{G-F} = 1 - \frac{D_G}{D_F},$$

上述各式中, D_F 为短尾鼯体表螨类科级物种多样性, D_{Fk} 为某一特定科的物种多样性, D_G 为属级物种多样性, D_{G-F} 为标准化 G-F 指数, l 为螨类的科数, S_k 为 k 科中物种数, S_{ki} 为 k 科 i 属中物种数, n 为 k 科中属数, S 为螨类全部物种数, S_e 为 e 属中物种数, p 为属数。

1.5 物种相似度分析

用 Jaccard 相似性系数 (J) 比较短尾鼯体表螨类的物种相似度 (张金屯 2004)。 $J = c / (a + b - c)$, 式中, c 为不同性别或不同年龄短尾鼯共有的螨类种类数, a 和 b 分别代表不同群落 (雌性和雄性或成年和未成年) 短尾鼯的螨类总数。

1.6 空间分布型分析

用聚块指数 (patchiness index, m^*/m) (Lloyd 1967) 和负二项分布的 K 参数 (k) 测定优势螨种的空间分布型 (Kuno 1991, Waters 1959)。

$$m^*/m = \frac{m + \left(\frac{\sigma^2}{m} - 1 \right)}{m}, \quad k = \frac{m}{\left(\frac{\sigma^2}{m} - 1 \right)},$$

式中, m 为每只短尾鼯体表某种螨类数量的均值, σ^2 为每只短尾鼯体表某种螨类数量的方差, m^* 为平均拥挤度。当 $m^*/m > 1$ 且 $k > 0$ 时判定为聚集分布。

1.7 类间协调关系分析

用协调系数 (coefficient of association, V) 测定革螨和恙螨两大类群之间的协调关系:

$$V = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}},$$

式中, a 为同时采集到螨 X 和螨 Y 的宿主 (短尾鼯) 数量, b 为未采集到螨 X 但采集到到螨

Y 的宿主数量, c 为采集到螨 X 但未采集到螨 Y 的宿主数量, d 为螨 X 和螨 Y 均未采集到的宿主数量。判定标准, 当 $1 \geq V > 0$ 为正协调, 当 $-1 \leq V < 0$ 时为负协调, 当 $V = 0$ 为无协调 (郭宪国 1990)。

1.8 统计学检验

感染率 (P_M) 和协调系数 (V) 的显著性用卡方检验 (χ^2), 平均多度 (M_A) 和感染度 (M_I) 的显著性用非参数秩和检验 (Z)。 $P < 0.05$ 为具有统计学意义, 反之则无。

2 结果

2.1 短尾鼯体表螨类种类构成及物种多样性

在 2001 至 2015 年同步调查和同步采集了恙螨和革螨的云南省 30 个县 (市) 的现场调查中, 从贡山县、兰坪县、维西县、永德县、大理市、富源县、绥江县、巧家县、梁河县、沧源县 10 个县、市 (调查点) 累计捕获到 348 只短尾鼯, 采集到螨类 15 628 只。其中, 有 87 只螨类标本因破损或污物覆盖等导致结构不清或疑似新种而无法鉴定到种, 定义为待定种, 这 87 只待定种未纳入本研究的统计分析。鉴定到种 (species) 的有 10 科 24 属 103 种 15 541 只, 包括恙螨 2 科 10 属 63 种 2 095 只和革螨 8 科 14 属 40 种 13 446 只, 恙螨的种类多于革螨, 但个体数明显少于革螨 (表 1)。所获恙螨隶属于真螨目恙螨总科中的恙螨科和背展恙螨科 2 个科; 所获革螨隶属于寄螨目中气门亚目革螨股皮刺螨总科中的厉螨科 (Laelapidae)、下盾螨科 (Hypoaspidae)、血革螨科 (Haemogamasinae)、赫刺螨科 (Hirstionyssinae)、巨螯螨科 (Macrochelidae)、蠓螨科 (Blattisocidae)、寄螨科 (Parasitidae) 和派盾螨科 (Parholaspidae) 8 个科。短尾鼯体表恙螨的 Margalef 物种丰富度指数 M_f 高于革螨 (表 2), 但革螨科属物种多样性各指标 ($D_G = 2.80$, $D_F = 2.32$, $D_{G-F} = 0.17$) 均高于恙螨的相应指标 ($D_G = 1.43$, $D_F = 1.26$, $D_{G-F} = 0.12$)。

表 1 云南省短尾鼯体表螨类鉴定结果 (2001 至 2015 年)
**Table 1 The mites found on the body surface of Mole Shrews (*Anourosorex squamipes*)
 in Yunnan Province from 2001 to 2015**

科、属、种 Families, genera and species	数量 (只) Number (ind)	科、属、种 Families, genera and species	数量 (只) Number (ind)
恙螨科 Trombiculidae		保鼠纤恙螨 <i>L. baoshui</i>	7
纤恙螨属 <i>Leptotrombidium</i>		竹栖纤恙螨 <i>L. bambicola</i>	2
中华纤恙螨 <i>L. sinicum</i>	166	上海纤恙螨 <i>L. shanghaiense</i>	1
小板纤恙螨 <i>L. scutellare</i>	20	古丈纤恙螨 <i>L. guzhangense</i>	6
乡野纤恙螨 <i>L. rusticum</i>	267	巴氏纤恙螨 <i>L. pavlovskyi</i>	1
王氏纤恙螨 <i>L. wangi</i>	2	小微纤恙螨 <i>L. xiaowei</i>	167
密点纤恙螨 <i>L. densipunctatum</i>	484	叶片恙螨属 <i>Trombiculindus</i>	
绒鼠纤恙螨 <i>L. eothomydis</i>	64	楔形叶片恙螨 <i>T. cuneatus</i>	1
贡山纤恙螨 <i>L. gongshanense</i>	7	怒江叶片恙螨 <i>T. nujiangense</i>	1
寒冬纤恙螨 <i>L. hiemalis</i>	188	新恙螨属 <i>Neotrombicula</i>	
树鼯纤恙螨 <i>L. shuqui</i>	38	龙门新恙螨 <i>N. longmenis</i>	4
永胜纤恙螨 <i>L. yongshengense</i>	5	日本新恙螨 <i>N. japonica</i>	3
于氏纤恙螨 <i>L. yui</i>	1	囊棒恙螨属 <i>Ascoschoengastia</i>	
地理纤恙螨 <i>L. diliense</i>	141	鸚鵡囊棒恙螨 <i>A. lorius</i>	1
下关纤恙螨 <i>L. xiaguanense</i>	3	爬虫恙螨属 <i>Herpetacarus</i>	
微红纤恙螨 <i>L. rubellum</i>	17	枪棒爬虫恙螨 <i>H. hastoclavus</i>	1
英帕纤恙螨 <i>L. imphalum</i>	8	华棒恙螨属 <i>Huabangsha</i>	
钉毛纤恙螨 <i>L. spicanisetum</i>	23	大钳华棒恙螨 <i>H. megachela</i>	1
四叉纤恙螨 <i>L. quadrifurcatum</i>	3	背展恙螨科 <i>Gahrlepiinae</i>	
梁河纤恙螨 <i>L. lianghense</i>	9	背展恙螨属 <i>Gahrlepieia</i>	
昆明纤恙螨 <i>L. kunmingense</i>	13	中窝背展恙螨 <i>G. zhongwoi</i>	1
川西纤恙螨 <i>L. chuanxi</i>	1	长足背展恙螨 <i>G. longipedalis</i>	70
社鼠纤恙螨 <i>L. sheshui</i>	2	丛林背展恙螨 <i>G. silvatica</i>	4
长中纤恙螨 <i>L. longimedium</i>	191	射点背展恙螨 <i>G. radiopunctata</i>	42
红纤恙螨 <i>L. akamushi</i>	3	宽板背展恙螨 <i>G. latiscutata</i>	13
异毛纤恙螨 <i>L. allossetum</i>	1	德钦背展恙螨 <i>G. deqinensis</i>	17
川村纤恙螨 <i>L. kawamurai</i>	2	小窝背展恙螨 <i>G. xiaowoi</i>	1
东洛纤恙螨 <i>L. dongluoense</i>	3	浙江背展恙螨 <i>G. chekiangensis</i>	5
陇川纤恙螨 <i>L. longchuanense</i>	14	云南背展恙螨 <i>G. yunnanensis</i>	14
高姬纤恙螨 <i>L. apodevrieri</i>	2	田姬背展恙螨 <i>G. agrariusia</i>	2
苏纤恙螨 <i>L. suense</i>	6	叶片背展恙螨 <i>G. lamella</i>	2
泰山纤恙螨 <i>L. taishanicum</i>	1	迷易背展恙螨 <i>G. miyi</i>	1
北里纤恙螨 <i>L. kitasatoi</i>	6	无前恙螨属 <i>Walchia</i>	
皇帝纤恙螨 <i>L. huangdi</i>	7	葛洪无前恙螨 <i>W. koi</i>	1
碧山纤恙螨 <i>L. bishanense</i>	6	攸氏无前恙螨 <i>W. ewingi</i>	1
鹅颈山纤恙螨 <i>L. ejingshanense</i>	2	棒六恙螨属 <i>Schoengastiella</i>	

续表 1

科、属、种 Families, genera and species	数量 (只) Number (ind)	科、属、种 Families, genera and species	数量 (只) Number (ind)
林谷棒六恙螨 <i>S. ligula</i>	2	四毛血革螨 <i>H. quadrisetatus</i>	2
间毛恙螨属 <i>Intermedialia</i>		三峡血革螨 <i>H. sanxiaensis</i>	1
河谷间毛恙螨 <i>I. hegu</i>	17	顾氏血革螨 <i>H. gui</i>	1
厉螨科 <i>Laelapidae</i>		橄形血革螨 <i>H. oliviformis</i>	18
厉螨属 <i>Laelaps</i>		真厉螨属 <i>Eulaelaps</i>	
金氏厉螨 <i>L. chini</i>	59	拟真厉螨 <i>E. substabularis</i>	1
纳氏厉螨 <i>L. nuttalli</i>	44	新真厉螨 <i>E. novus</i>	1
贵州厉螨 <i>L. guizhouensis</i>	3	广厉螨属 <i>Cosmolaelaps</i>	
福建厉螨 <i>L. fukienensis</i>	90	叶氏广厉螨 <i>C. yeruiyuae</i>	3
土尔克厉螨 <i>L. turkestanicus</i>	48	网纹广厉螨 <i>C. retirugi</i>	6
毒厉螨 <i>L. echidninus</i>	83	赫刺螨科 <i>Hirstionyssinae</i>	
血厉螨属 <i>Haemolaelaps</i>		赫刺螨属 <i>Hirstionyssus</i>	
格氏血厉螨 <i>H. glasgowi</i>	4	鼯刺赫刺螨 <i>H. sunci</i>	334
阳厉螨属 <i>Androlaelaps</i>		巨螯螨科 <i>Macrochelidae</i>	
单阳厉螨 <i>A. singularis</i>	9	巨螯螨属 <i>Macrocheles</i>	
地厉螨属 <i>Dipolaelaps</i>		李氏巨螯螨 <i>M. liguizhenae</i>	12
短尾鼯地厉螨 <i>D. anourosorecis</i>	12 476	家蝇巨螯螨 <i>M. muscaedomesticae</i>	21
江口地厉螨 <i>D. jiangkouensis</i>	6	蠊螨科 <i>Blattisocidae</i>	
下盾螨科 <i>Hypoaspidae</i>		毛绥螨属 <i>Lasioseius</i>	
下盾螨属 <i>Hypoaspis</i>		中毛绥螨 <i>L. medius</i>	9
卵形下盾螨 <i>H. ovatus</i>	79	陈氏毛绥螨 <i>L. chenpengi</i>	1
巴氏下盾螨 <i>H. pavlovskii</i>	35	廖氏毛绥螨 <i>L. liaohaorongae</i>	2
趾颖下盾螨 <i>H. digitalis</i>	2	多板毛绥螨 <i>L. multispatus</i>	1
邓氏下盾螨 <i>H. tengi</i>	6	青海毛绥螨 <i>L. qinghaiensis</i>	9
胸前下盾螨 <i>H. praesternalis</i>	5	肛厉螨属 <i>Proctolaelaps</i>	
兵下盾螨 <i>H. miles</i>	1	矮肛厉螨 <i>P. pygmaeus</i>	2
黔下盾螨 <i>H. chianensis</i>	1	寄螨科 <i>Parasitidae</i>	
钳颖下盾螨 <i>H. chelaris</i>	1	寄螨属 <i>Parasitus</i>	
血革螨科 <i>Haemogamasinae</i>		王氏寄螨 <i>P. wangdunqingi</i>	2
血革螨属 <i>Haemogamasus</i>		派盾螨科 <i>Parholaspididae</i>	
山区血革螨 <i>H. monticola</i>	24	革板螨属 <i>Gamasholaspis</i>	
贡山血革螨 <i>H. gongshanensis</i>	24	绒鼠革板螨 <i>G. eothomydis</i>	1
峨眉血革螨 <i>H. emeiensis</i>	19	总计 Total	15 541

2.2 短尾鼯体表螨类感染状况

短尾鼯体表螨类感染普遍，总感染率 ($P_M = 80.75\%$)、总平均多度 ($M_A = 44.66$ 螨/鼯) 和总感染度 ($M_I = 55.31$ 螨/鼯) 均比较高。

革螨的感染率 P_M 、总平均多度 M_A 和总感染度 M_I 均明显高于恙螨 ($P_M: \chi^2 = 182.580, P < 0.001; M_A: Z = -12.495, P < 0.001; M_I: Z = -0.371, P > 0.05$) (表 2)。两大螨类之间的

协调系数是较小的正数, 呈较低程度正协调 ($V = 0.18$, $\chi^2 = 11.350$, $P < 0.001$)。短尾鼯地厉螨是短尾鼯体表的优势革螨, 构成比为 92.79% (12 476/ 13 446); 密点纤恙螨是短尾鼯体表的优势恙螨, 构成比为 23.10% (484/2 095)。两种优势螨种在短尾鼯不同个体间的聚块指数 (m^*/m) 和负二项分布的 K 参数 (k) 均大于聚集分布判定的界限值 ($m^*/m > 1$, $k > 0$), 呈聚集分布 (表 3)。

2.3 不同性别和不同年龄短尾鼯体表螨类感染比较

雌雄两性和不同年龄 (成年和未成年) 短尾鼯体表螨类感染存在差异, 存在性别偏倚

(sex-bias) 和年龄偏倚 (age-bias) 的情形。用感染率 (P_M)、平均多度 (M_A) 和感染度 (M_I) 等指标统计不同性别和不同年龄短尾鼯体表螨类感染差异。雌性和成年短尾鼯体表螨类感染分别高于雄鼯和未成年个体。

雄性短尾鼯体表螨类的 M_f 物种丰富度 (Margalef 指数) 高于雌性, 但雌鼯体表螨类的感染率 (P_M)、平均多度 (M_A) 和感染度 (M_I) 高于雄鼯 ($P_M: \chi^2 = 0.258$, $P > 0.05$; $M_A: Z = -0.087$, $P > 0.05$; $M_I: Z = -0.593$, $P > 0.05$) (表 4)。雌雄短尾鼯体表恙螨种类的 Jaccard 相似性系数 J 为 0.31, 相似度较低。雌雄短尾鼯体表革螨种类的 Jaccard 相似性系数 J 为 0.65,

表 2 云南省短尾鼯体表两大螨类感染统计 (2001 至 2015 年)

Table 2 Infestations of two major mites on the body of Mole Shrews (*Anourosorex squamipes*) in Yunnan Province from 2001 to 2015

	种类数 Number of species	数量 (只) Number (ind)	感染率 (%) Prevalence P_M	平均多度 Mean abundance M_A	感染度 Mean intensity M_I	螨类物种丰富度 Species richness of mites M_f
恙螨 Chigger mites	63	2 095	27.01	6.02	22.29	8.11
革螨 Gamasid mites	40	13 446	78.16	38.64	49.43	4.10
总螨合计 Total	103	15 541	80.75	44.66	55.31	10.57

表 3 优势螨种在短尾鼯不同个体间的空间分布型 (2001 至 2015 年)

Table 3 Spatial distribution patterns of dominant mite species on Mole Shrews (*Anourosorex squamipes*) in Yunnan Province from 2001 to 2015

优势螨种 Dominant species of mites	均数 Mean m	方差 Variance σ^2	负二项分布的 K 参数 K parameter of negative binomial distribution k	聚块指数 Patchiness index m^*/m	分布型判定 Distribution type
密点纤恙螨 <i>Leptotrombidium densipunctatum</i>	1.39	51.75	0.04	1.03	聚集分布 Aggregated distribution
短尾鼯地厉螨 <i>Dipolaelaps anourosorecis</i>	35.85	22 123.71	0.06	18.93	聚集分布 Aggregated distribution

表 4 不同性别短尾鼯体表螨类感染比较 (2001 至 2015 年)

Table 4 Infestations of different sexes of Mole Shrews (*Anourosorex squamipes*) with mites in Yunnan Province from 2001 to 2015

性别 Sexs	螨类物种丰富度 Species richness of Mites M_f	检查鼯 Examined		体表螨类感染统计 Infestations of mites			
		个体数 (只) Number (ind)	构成比 Constituent ratio C_r	构成比 Constituent ratio C_r	感染率 Prevalence P_M	平均多度 Mean abundance M_A	感染度 Mean intensity M_I
雌性 Female	9.23	251	72.13	80.01	57.76	49.54	61.87
雄性 Male	19.99	97	27.87	19.99	22.99	32.02	38.83
合计 Total	10.57	348	100.00	100.00	0.81	44.66	54.95

相似度相对较高。

未成年短尾鼯体表螨类的 M_f 物种丰富度高于成年短尾鼯。成年鼯体表螨类的 P_M 、 M_A 和 M_I 均高于未成年鼯 ($P_M: X^2 = 0.027, P > 0.05$; $M_A: Z = -0.072, P > 0.05$; $M_I: Z = -0.492, P > 0.05$) (表 5)。不同年龄短尾鼯体表恙螨种类的 Jaccard 相似性系数 J 为 0.17, 相似度很低, 仅有 17% 的相似度。不同年龄短尾鼯体表革螨种类的 Jaccard 相似性系数 J 为 0.28, 相似度也比较低, 仅 28% 的相似度。

3 讨论

短尾鼯不属于啮齿类, 但常与其同域分布, 常见于农田、菜园、旱地、荒地、灌丛和林地等多种生境 (蒋凡等 1999, 杨再学等 2011), 不但是重要的农林害兽, 还与多种人兽共患病的传播有关 (龙江等 2005, 郭婷等 2016)。在传统动物分类中, 短尾鼯属于食虫目 (Insectivora) (郑作新 1982, 段海生等 2011)。Wilson (2005) 对哺乳动物分系统做了较大修订, 将原食虫目分成非洲猬目 (Afrosoricida)、猬形目 (Erinaceomorpha) 和鼯形目 (Soricomorpha), 短尾鼯被划入鼯形目中的鼯鼯科。迄今为止, 关于短尾鼯的研究主要侧重于种群生物学 (蒋光藻等 1990)、种群数量动态 (杨再学等 2013) 和种群繁殖特征 (申跃武等 2013) 等几个方面。

在 2001 至 2015 年同步调查采集了恙螨和革螨的云南省 30 个县 (市), 从 10 个县市捕获

到 348 只短尾鼯。与黄胸鼠 (*Rattus tanezumii*)、齐氏姬鼠 (*Apodemus chevrieri*) 和大绒鼠 (*Eothenomys miletus*) 等优势小兽的数量 (候舒心等 2006) 相比, 所捕获的短尾鼯数量较少, 说明在云南省内短尾鼯是种群数量相对较少的小兽物种。本文所涉及的 30 个县 (市) 虽然涵盖了云南省的不同地理方位, 但云南省地域辽阔, 版图面积大 ($394\ 100\ \text{km}^2$), 有 129 个县、市, 有必要扩大调查范围进行更深入的研究。

本研究从 348 只短尾鼯体表采集鉴定出 10 科 20 属 103 种螨类, 种类极其丰富, 物种多样性很高, 说明短尾鼯对螨类的承载潜能较大。不同宿主动物的生物学特性不同, 对不同寄生虫的承载能力也不尽相同 (Zhan et al. 2013, Peng et al. 2015)。短尾鼯对螨类的较大承载潜能可能与其本身的生物学特性有关。研究表明, 室外生境中鼠类体表寄生虫种类数明显多于室内生境 (罗礼溥等 2007, Huang et al. 2013)。短尾鼯常与野鼠同地域分布, 有些螨类的宿主特异性低, 可通过交叉感染的方式侵袭不同宿主动物, 还有一些自由生活的革螨可以因为偶尔“迷路”而爬到一些小兽体表 (Huang et al. 2013), 由此增加短尾鼯等体表螨类的物种数量和物种多样性。此外, 云南省地形地貌、生态环境和气候类型复杂多样, 生物多样性很高, 素有“动植物王国”之称 (罗礼溥等 2007)。不同地理区域的螨类组成往往存在较大差异 (Peng et al. 2015), 本文原始资料来自对云南省 30 个县 (市) 的野外现场调查, 调查范围较

表 5 不同年龄短尾鼯体表螨类感染比较 (2001 至 2015 年)

Table 5 Infestations of different ages of Mole Shrews (*Anourosorex squamipes*) with mites in Yunnan Province from 2001 to 2015

年龄 Ages	螨类物种丰富度 Species richness of Mites M_f	检查鼯 Examined		体表螨类感染统计 Infestations of mites			
		个体数 (只) Number (ind)	构成比 Constituent ratio C_r	构成比 Constituent ratio C_r	感染率 Prevalence P_M	平均多度 Mean abundance M_A	感染度 Mean intensity M_I
成年 Adult	5.2	323	92.82	90.27	74.71	46.45	57.70
未成年 Minor	11.61	25	7.18	9.73	6.03	21.56	25.67
合计 Total	10.57	348	100.00	100.00	0.81	44.66	54.95

广泛, 这可能也是本文显示短尾鼯体表螨类丰富、物种多样性很高的原因之一。

生态学中测定物种丰富度和物种多样性的方法较多, 本文用 Margalef 指数 (M_f) 测定短尾鼯体表螨类的物种丰富度, 用科级、属级物种多样性和标准化 G-F 指数测定螨类的科属物种多样性。结果发现, 短尾鼯体表恙螨的 M_f 物种丰富度高于革螨, 但革螨科属物种多样性各指标均高于恙螨, 说明在种以上分类单元, 革螨的异质性 (heterogeneity) 明显, 多样性高于恙螨。在短尾鼯体表的恙螨和革螨之间显示较低程度的正协调 ($V = 0.18$), 提示这两大螨类对短尾鼯的选择可能存在一定程度的共存倾向, 不存在明显的相互竞争和相互排斥。本文使用的协调系数 (V) 是一个简单的生态学定性测定指标, 通常用于测定两个物种的种间关系, 短尾鼯体表恙螨和革螨之间较低程度的正协调关系还需要进一步深入研究。

在 2 科 10 属 63 种恙螨和 8 科 14 属 40 种革螨中, 密点纤恙螨是云南省短尾鼯体表的优势恙螨, 短尾鼯地厉螨是优势革螨。两种优势螨种在短尾鼯不同个体间均呈聚集分布, 表明短尾鼯体表优势螨种分布不均匀, 有些宿主体表可能有大量的螨个体, 形成密集的“螨虫团”, 而有些宿主体表可能没有螨或只有少量螨。聚集分布是许多寄生虫的常见现象, 可能有利于其生存竞争 (survival competition)、种内合作 (intraspecific cooperation)、交配繁殖和种群延续 (李文祥等 2002, Peng et al. 2016, Liu et al. 2019)。迄今未见有关密点纤恙螨和短尾鼯地厉螨传播人类疾病的报道, 这两种螨在短尾鼯体表大量存在的医学意义还需进一步研究和探讨。在 63 种恙螨中, 微红纤恙螨 (本研究中有 17 只) 是我国恙虫病的主要传播媒介之一 (王敦清 1988), 于氏纤恙螨 (1 只) 和英帕纤恙螨 (8 只) 是恙虫病的潜在传播媒介 (黎家灿等 2002)。短尾鼯体表存在这 3 种媒介恙螨, 提示在恙虫病东方体的贮存和传播方面具有一定的潜在风险。

本研究结果表明, 短尾鼯体表螨类感染存在性别偏倚和年龄偏倚, 雌性和成年短尾鼯体表螨类感染分别高于雄性和未成年个体。雌性短尾鼯体表螨类的感染率高于雄鼯, 这一结果不同于鼠类动物 (Morand et al. 2004, Peng et al. 2015)。产生这种雌性偏倚感染现象的原因, 可能是短尾鼯一夫一妻的婚配制度 (mating system) (宗浩 1998), 并与资源保护制度 (resource defense system) 相一致 (Greenwood 1980), 即雌性个体更倾向于争夺食物和空间, 为拥有选择最佳雄性配偶及占有资源的更多机会, 雌性往往趋于扩散 (雌性偏倚扩散), 这将导致宿主与寄生虫接触的机会大大增加, 感染的几率也相对增大。短尾鼯食量大且食性广, 雌鼯在繁殖期怀孕、分娩和哺乳等耗能多, 为了抚育后代不得不外出寻找食物, 使得感染寄生虫的机会增加 (蒋凡等 1999, 申跃武等 2013)。多项研究表明 (宗浩 1998, 蒋凡等 1999, 申跃武等 2013), 短尾鼯无论在野外自然生态环境中还是人工繁殖培育的过程中都有自残行为发生, 雌鼯个体大于雄鼯, 雄性在频繁的自残打斗中处于劣势, 这可能导致雄性个体死亡率高, 存活时间短, 带虫率低。Gauffre 等 (2009) 发现, 普通野鼠在小范围环境中可能表现出偏性扩散, 但在大尺度的环境中未发现明显的偏性扩散模式。不同性别和不同年龄短尾鼯体表螨类物种构成存在较大差异, 雌雄短尾鼯体表恙螨种类相似度较低, 而革螨种类相似度相对较高; 不同年龄短尾鼯体表恙螨种类相似度很低, 革螨种类相似度也较低。导致雌性偏倚扩散的原因, 以及导致上述螨类物种构成差异的原因是否与宿主动物不同性别和不同年龄阶段的生物学特性不同、螨类宿主特异性不同等因素有关, 有待进一步研究。

参 考 文 献

- Gauffre B, Petit E, Brodier S, et al. 2009. Sex-biased dispersal patterns depend on the spatial scale in a social rodent. *Proceedings of the Royal Society B*, 276(1672): 3487–3494.

- Greenwood P J. 1980. Mating systems, philopatry and dispersal in birds and mammals. *Animal Behaviour*, 28(4): 1140–1162.
- Guo X G, Qian T J, Meng X Y, et al. 2006. Preliminary analysis of chigger communities associated with house rats (*Rattus flavipectus*) from six counties in Yunnan, China. *Systematic and Applied Acarology*, 11(1): 13–21.
- Guo X G, Speakman J R, Dong W G, et al. 2013. Ectoparasitic insects and mites on Yunnan red-backed voles (*Eothenomys miletus*) from a localized area in southwest China. *Parasitology Research*, 112(10): 3543–3549.
- Huang L Q, Guo X G, Speakman J R, et al. 2013. Analysis of gamasid mites (Acari: Mesostigmata) associated with the Asian house rat, *Rattus tanezumi* (Rodentia: Muridae) in Yunnan Province, Southwest China. *Parasitology Research*, 112(5): 1967–1972.
- Hunter P R, Gaston M A. 1988. Numerical index of the discriminatory ability of typing systems: an application of Simpson's index of diversity. *Journal of Clinical Microbiology*, 26(11): 2465–2466.
- Kuno E. 1991. Sampling and analysis of insect populations. *Annual review of entomology*, 36(1): 285–304.
- Liu Z, Guo X G, Fan R, et al. 2019. Ecological analysis of gamasid mites on the body surface of Norway rats (*Rattus norvegicus*) in Yunnan Province, southwest China. *Biologia*, 75(6): 1325–1336.
- Lloyd M. 1967. Mean crowding. *Journal of Animal Ecology*, 36(1): 1–30.
- Lv Y, Guo X G, Jin D C. 2018. Research progress on *Leptotrombidium deliense*. *Korean Journal of Parasitology*, 56(4): 313–324.
- Margolis L, Esch G W, Holmes J C, et al. 1982. The use of ecological terms in parasitology (report of an ad hoc committee of the American Society of Parasitologists). *The Journal of Parasitology*, 68(1): 131–133.
- Morand S, Belloch J G, Stanko M, et al. 2004. Is sex-biased ectoparasitism related to sexual size dimorphism in small mammals of Central Europe. *Parasitology*, 129(4): 505–510.
- Peng P Y, Guo X G, Song W Y, et al. 2015. Analysis of ectoparasites (chigger mites, gamasid mites, fleas and sucking lice) of the Yunnan red-backed vole (*Eothenomys miletus*) sampled throughout its range in southwest China. *Medical and Veterinary Entomology*, 29(4): 403–415.
- Peng P Y, Guo X G, Song W Y, et al. 2016. Ectoparasitic chigger mites on large oriental vole (*Eothenomys miletus*) across southwest, China. *Parasitology Research*, 115(2): 623–632.
- Ritzi M C, Whitaker J O. 2003. Ectoparasites of small mammals from the Newport Chemical Depot, Vermillion County, Indiana. *Northeastern Naturalist*, 10(2): 149–158.
- Waters W E. 1959. A quantitative measure of aggregation in insects. *Journal of Economic Entomology*, 52(6): 1180–1184.
- Wilson D E, Reeder D M. 2005. *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. 3th ed. Baltimore, Maryland, USA: The Johns Hopkins University Press, 267–268.
- Zhan Y Z, Guo X G, Speakman J R, et al. 2013. Abundances and host relationships of chigger mites in Yunnan Province, China. *Medical and Veterinary Entomology*, 27(2): 194–202.
- 陈香蕊. 2000. 恙虫病的病原学及其研究进展. *中国公共卫生*, 16(9): 3–5.
- 邓国潘. 1993. 中国经济昆虫志: 第四十册: 蜱螨亚纲: 皮刺螨总科. 北京: 科学出版社, 62–371.
- 段海生, 杨振琼, 刘亦仁. 2011. 中国食虫动物名录修订及分布. *华中师范大学学报: 自然科学版*, 45(3): 466–471.
- 郭婷, 张海林, 张云智. 2016. 食虫动物相关汉坦病毒的研究进展. *中国媒介生物学及控制杂志*, 27(3): 305–307.
- 郭宪国, 顾以铭. 1990. 几种主要革螨种间关系研究. *贵阳医学院学报*, 15(2): 116–120.
- 侯舒心, 郭宪国, 门兴元, 等. 2006. 云南省主要鼠类寄生恙螨群落研究. *中国寄生虫学与寄生虫病杂志*, 24(6): 410–413.
- 蒋凡, 徐翔, 罗林明, 等. 1999. 四川短尾鼯生物学研究. *西南农业大学学报*, 21(5): 3–5.
- 蒋光藻, 倪健英, 谭向红. 1990. 四川短尾鼯(*Anourosorex squamipes*) 种群动态研究. *兽类学报*, 10(4): 294–298.
- 蒋志刚, 纪力强. 1999. 鸟兽物种多样性测度的 G-F 指数方法. *生物多样性*, 7(3): 3–5.
- 黎家灿, 郑小英, 奚志勇, 等. 2002. 45 年恙螨与媒介恙螨传播恙虫病的基础研究. *中山医科大学学报*, 23(1): 1–9.
- 黎家灿. 1997. 中国恙螨: 恙虫病媒介和病原体研究. 广州: 广东科技出版社, 1–96.
- 李文祥, 王桂堂. 2002. 寄生虫对宿主种群的调节. *水生生物学学报*, 26(5): 550–554.
- 龙江, 贾庆良, 李勤, 等. 2005. 重庆市钩端螺旋体病流行因素监测分析. *重庆医学*, 34(12): 1803–1806.
- 罗礼溥, 郭宪国. 2007. 云南省小型兽类体表寄生革螨多样性分析. *寄生虫与医学昆虫学报*, 14(1): 40–44.
- 申跃武, 刘云, 梁素华, 等. 2013. 微尾鼯年龄分布与性比研究. *安徽农业科学*, 41(8): 3415–3417.
- 王敦清. 1988. 我国恙虫病媒介的生物系统分类问题. *地方病通报*, 3(3): 94–100.
- 王应祥. 2003. 中国哺乳动物种和亚种分类名录与分布大全. 北京: 中国林业出版, 1–394.
- 杨再学, 金星, 刘晋, 等. 2011. 贵州省 1984—2010 年农区鼠情监测结果分析. *农学报*, 1(9): 11–17.
- 杨再学, 龙贵兴, 金星, 等. 2013. 四川短尾鼯的种群数量动态及繁殖特征变化. *西南农业学报*, 26(4): 1493–1497.
- 张金屯. 2004. 数量生态学. 北京: 科学出版社, 1–357.
- 郑作新. 1982. 脊椎动物分类学. 北京: 农业出版社, 181–191.
- 宗浩. 1998. 农田生态系统四川短尾鼯种群能量动态的研究. *应用与环境生物学报*, 4(2): 163–166.