

云南省锡金小鼠体表革螨感染分析

丁帆 刘昕航[#] 郭宪国^{*} 范蓉 赵成富 张志伟 毛珂玉 黄晓宾

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

摘要: 为了解云南省锡金小鼠 (*Mus pahari*) 体表革螨的感染情况及分布规律, 本研究基于 1990 至 2015 年云南省 39 个县(市)的调查数据, 统计分析锡金小鼠体表革螨的基本感染情况和感染差异。使用聚块指数测定革螨空间分布型, 用 Jaccard 指数计算革螨物种相似性。从捕获的 720 只锡金小鼠体表共采集到革螨 14 098 只, 鉴定为 2 科 12 属 37 种。贵州厉螨 (*Laelaps guizhouensis*)、贫毛厉螨 (*L. paucisetosa*) 和兴义厉螨 (*L. xingyiensis*) 是优势革螨, 其不同个体的锡金小鼠体表均呈聚集分布。不同地理景观中采集的锡金小鼠体表革螨的种类和数量相差大, 山区景观中采集的锡金小鼠体表革螨的感染率 P_m 、平均多度 M_A 和感染度 M_I 均明显高于坝区景观中采集的个体 ($P < 0.05$)。不同性别的锡金小鼠体表革螨物种中度相似, 雄鼠的平均多度和感染度高于雌鼠 ($P < 0.05$)。种-样方关系图显示革螨物种数随宿主抽样量的增加而增加。结果表明, 锡金小鼠体表革螨感染普遍, 三个优势螨种在不同个体的宿主体表呈聚集分布, 采自不同地理景观的锡金小鼠体表革螨构成差异较大。

关键词: 蜱螨亚纲; 革螨; 体表寄生虫; 锡金小鼠; 啮齿动物

中图分类号: Q958.9, R384.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2021) 02-240-07

Analysis of Gamasid Mites (Acari: Mesostigmata) on *Mus pahari* in Yunnan Province

DING Fan LIU Xin-Hang[#] GUO Xian-Guo^{*} FAN Rong ZHAO Cheng-Fu
ZHANG Zhi-Wei MAO Ke-Yu HUANG Xiao-Bin

*Institute of Pathogens and Vectors, Yunnan Provincial Key Laboratory for Zoonosis Control and Prevention,
Dali University, Dali 671000, China*

Abstract: We investigate the infestation and distribution of gamasid mites on *Mus pahari* based on the field collections in 39 counties of Yunnan Province from 1990 to 2015 as well as the infestations of gamasid mites on *M. pahari*. We employed patchiness index to analyzed the spatial distribution pattern of gamasid mites and species similarity was analyzed by Jaccard Index. Totally, we collected 14 098 individuals of gamasid mites from the 720 *M. pahari* mice and identified of 37 species belonging to 12 genera of 2 families. Of them 3

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@yaho.com;

第一作者介绍 丁帆, 女, 硕士研究生; 研究方向: 媒介与疾病研究; E-mail: 1368728511@qq.com;

共同第一作者 刘昕航, 女, 硕士; 研究方向: 媒介与疾病研究; E-mail: 1005912421@qq.com.

收稿日期: 2020-09-04, 修回日期: 2020-11-19 DOI: 10.13859/j.cjz.202102009

species (*Laelaps guizhouensis*, *L. paucisetosa*, *L. xingyiensis*) were dominant and showed aggregated distributions in each individual of *M. pahari*. The species and numbers of gamasid mites varied greatly in different landscapes, the infestations (prevalence P_m , mean abundance M_A , mean intensity M_I) of gamasid mites in mountainous landscape were higher than those in flatland landscape ($P < 0.05$). The species of gamasid mites found on male and female mice were moderately similar, but males had higher mean abundance and intensity of mites than the female mice did ($P < 0.05$). The species-plot showed that the gamasid mite species increased as host increase. In conclusion, the infestations of gamasid mites on the body surface of *M. pahari* were common, and the three dominant mite species were distributed aggregatedly, the composition of gamasid mites on the body surface of *M. pahari* was different in different landscapes.

Key words: Acari; Gamasid mite; Ectoparasitism; *Mus pahari*; Rodent

革螨 (gamasid mites) 隶属于蛛形纲 (Arachnida) 蜱螨亚纲 (Acari), 种类繁多且分布广泛 (李朝品 2006, 方倩 2017)。革螨生态习性复杂多样, 既可营自由生活也可营寄生生活。寄生革螨以体表寄生为主, 其中, 皮刺螨总科 (Dermanyssoidea) 的种类与医学关系最密切 (任天广等 2009, 周淑娟等 2012)。革螨可以直接侵袭叮刺人群引起革螨性皮炎 (Rosen et al. 2002, Gomes et al. 2018), 也可以作为多种人兽共患病的储存宿主和潜在传播媒介, 如肾综合征出血热 (hemorrhagic fever with renal syndrome, HFRS)、立克次体痘 (rickettsialpox)、森林脑炎 (forest encephalitis)、土拉伦菌病 (Tularemia) 和地方性斑疹伤寒 (endemic typhus) 等 (张云等 2001, Paddock et al. 2006, 方倩 2017)。锡金小鼠 (*Mus pahari*) 在动物分类上属于啮齿目 (Rodentia) 鼠科 (Muridae) 小鼠属, 是典型的野栖小型鼠类 (张新蕊等 2008)。该鼠是东南亚及南亚的热带和亚热带山地常见农林害鼠之一 (杨再学等 2013), 也是恙虫病 (scrub typhus) 等人兽共患病的重要动物传染源 (孙笑梅等 2011)。锡金小鼠是云南的优势鼠种之一, 也是体表寄生性革螨的常见宿主动物 (Huang et al. 2009, 孙笑梅等 2011)。

在 1990 至 2015 年期间, 大理大学病原与媒介生物研究所的媒介课题组陆续在云南省境内开展了鼠类等小兽体表寄生虫 (包括革螨)

的一系列现场调查, 采集并鉴定了大量的体表寄生虫 (Luo et al. 2007, Guo et al. 2013, Huang et al. 2013)。本文充分利用课题组长期积累的原始资料, 运用相应统计分析方法, 对锡金小鼠体表革螨的感染情况及分布规律进行了分析。

1 材料与方法

1.1 标本的采集与鉴定

本研究的原始数据来源于 1990 至 2015 年对云南省 39 个县 (市) 的现场抽样调查, 这 39 个县 (市) 涵盖了云南省的不同地理方位、不同海拔高度、不同经纬度和主要江河流域。根据小兽外部形态等特征, 分类鉴定出锡金小鼠 (Luo et al. 2007, Huang et al. 2017)。采集锡金小鼠体表革螨并分类鉴定 (Huang et al. 2013)。

1.2 统计分析

1.2.1 常规统计 统计锡金小鼠体表革螨的种类构成, 计算优势革螨的构成比 (C_T)、感染率 (P_m)、平均多度 (M_A) 和感染度 (M_I) (Bush et al. 1997, Zhan et al. 2013), $C_T = (N_i/N)100\%$, $P_m = (H_i/H)100\%$, $M_A = N_i/H$, $M_I = N_i/H_i$, 式中, N_i 为某种革螨的数量, N 为革螨总数, H_i 为感染某种革螨的锡金小鼠数量, H 为锡金小鼠总数。将 39 个县 (市) 按照山区地理景观 (以山地地貌为基本特征) 和坝区地理景观 (以山间盆地和河谷坝区为基本特征) 进行分层抽样调查, 比较不同地理景观和不同性别锡金小鼠的

革螨感染差异。感染率使用卡方检验，平均多度和感染度用非参数检验方法进行检验。

使用 Jaccard 相似性指数 (J) 计算锡金小鼠体表革螨的物种相似度 (金慧等 2015), $J = c / (a + b - c)$, 其中, c 为不同地理景观或不同性别锡金小鼠共有的革螨种类数, a 和 b 分别代表不同群落 (山区和坝区或雌性和雄性) 锡金小鼠的革螨总数。利用聚块指数计算锡金小鼠体表革螨的空间分布型 (Lloyd 1967, 张聪

等 2013), $m^* / m = \frac{m + \left(\frac{\sigma^2}{m} - 1 \right)}{m}$, 其中, m 为每只锡金小鼠体表革螨数量的均值, σ^2 为每只锡金小鼠体表革螨数量的方差, m^* 为平均拥挤度。当 $m^* / m > 1$ 时判定为聚集分布。

1.2.2 种-样方关系 将捕获到的 720 只锡金小鼠按宿主编号顺序分为 7 组, 每组 100 只 (最后一组 120 只), 计算每组的革螨种类数。把锡金小鼠的个体数作为本次研究的样方数, 以 X 轴表示, 革螨累积种类数作为 Y 轴绘图, 观察两者间的变化趋势。

2 结果

2.1 革螨采集和鉴定情况

在所调查的 39 个县 (市) 中, 共有 14 个县 (市) 共捕获到 720 只锡金小鼠。从 720 只锡金小鼠体表采集到革螨 14 257 只, 其中有 159 只革螨因标本破损、结构模糊或疑似新种等原因而没有鉴定到种。此处统计仅计数已经鉴定到种的革螨 (共计 14 098 只)。所鉴定出的革螨隶属于 2 科 12 属 37 种, 并按不同的生活方式分类 (表 1)。贵州厉螨 (*Laelaps guizhouensis*)、贫毛厉螨 (*L. paucisetosa*) 和兴义厉螨 (*L. xingyiensis*) 是锡金小鼠体表的 3 种优势革螨, 总计构成比高达 96.92%, 其中, 贵州厉螨所占构成比最高 ($C_r = 75.33\%$)。其余 34 种革螨属于稀有种, 构成比均低于 0.5%。不同优势螨的感染指标 (感染率 P_m 、平均多度 M_A 、感染度 M_I) 均存在显著差异 ($P < 0.05$), 其中, 贵州厉螨感染情况最为严重 (表 2)。贵州厉螨、贫毛厉螨和兴义厉螨的聚块指数分别为 2.41、4.40 和 4.59 (表 2), 均大于临界值 1, 可认为 3 种优势革螨在不同锡金小鼠个体的体

表 1 云南省锡金小鼠体表革螨采集情况 (1990 至 2015 年)

Table 1 Collection of gamasid mites on *Mus pahari* in Yunnan Province from 1990 to 2015

革螨的科和属 Families and genera of gamasid mites	革螨种类 Species of gamasid mites	革螨数量 (只) Number (ind)	生活方式 Lifestyle
厉螨科 <i>Laelapidae</i>			
厉螨属 <i>Laelaps</i>	贵州厉螨 <i>L. guizhouensis</i>	10 620	寄生生活 Ectoparasitic
	贫毛厉螨 <i>L. paucisetosa</i>	2 070	寄生生活 Ectoparasitic
	兴义厉螨 <i>L. xingyiensis</i>	974	寄生生活 Ectoparasitic
	阿尔及利厉螨 <i>L. algericus</i>	57	寄生生活 Ectoparasitic
	金氏厉螨 <i>L. chini</i>	37	寄生生活 Ectoparasitic
	土尔克厉螨 <i>L. turkestanicus</i>	36	寄生生活 Ectoparasitic
	毒厉螨 <i>L. echidninus</i>	22	寄生生活 Ectoparasitic
	福建厉螨 <i>L. fukienensis</i>	13	寄生生活 Ectoparasitic
	纳氏厉螨 <i>L. nuttalli</i>	9	寄生生活 Ectoparasitic
	特氏厉螨 <i>L. traubi</i>	9	寄生生活 Ectoparasitic
阳厉螨属 <i>Androlaelaps</i>	单阳厉螨 <i>A. singularis</i>	19	寄生生活 Ectoparasitic
	徐氏阳厉螨 <i>A. hsui</i>	1	自由生活 Free-living
地厉螨属 <i>Dipolaelaps</i>	短尾詢地厉螨 <i>D. anourosorecic</i>	3	寄生生活 Ectoparasitic
裸厉螨属 <i>Gymnolaelaps</i>	巍山裸厉螨 <i>G. weishanensis</i>	2	自由生活 Free-living

续表 1

革螨的科和属 Families and genera of gamasid mites	革螨种类 Species of gamasid mites	革螨数量 (只) Number (ind)	生活方式 Lifestyle
下盾螨属 <i>Hypoaspis</i>	兵下盾螨 <i>H. miles</i>	22	自由生活 Free-living
	巴氏下盾螨 <i>H. pavlovskii</i>	20	自由生活 Free-living
	黔下盾螨 <i>H. chianensis</i>	6	自由生活 Free-living
	溜下盾螨 <i>H. lubrica</i>	4	自由生活 Free-living
	胸前下盾螨 <i>H. praesternalis</i>	2	自由生活 Free-living
	卵形下盾螨 <i>H. ovatus</i>	1	自由生活 Free-living
	秀越下盾螨 <i>H. concinna</i>	1	自由生活 Free-living
	海原下盾螨 <i>H. haiyuanensis</i>	1	自由生活 Free-living
广厉螨属 <i>Cosmolaelaps</i>	网纹广厉螨 <i>C. retirugi</i>	12	自由生活 Free-living
	血革螨属 <i>Haemogamasus</i>		
	背颞血革螨 <i>H. dorsalis</i>	26	寄生生活 Ectoparasitic
	橄形血革螨 <i>H. oliviformis</i>	13	寄生生活 Ectoparasitic
	山区血革螨 <i>H. monticola</i>	10	寄生生活 Ectoparasitic
	六毛血革螨 <i>H. sexsetosus</i>	9	寄生生活 Ectoparasitic
	四毛血革螨 <i>H. quadrisetatus</i>	5	寄生生活 Ectoparasitic
真厉螨属 <i>Eulaelaps</i>	拟厩真厉螨 <i>E. substabularis</i>	3	寄生生活 Ectoparasitic
	松鼠真厉螨 <i>E. dremomydis</i>	1	寄生生活 Ectoparasitic
赫刺螨属 <i>Hirstionyssus</i>	鼯鼠赫刺螨 <i>H. sunci</i>	61	寄生生活 Ectoparasitic
棘刺螨属 <i>Echinonyssus</i>	鼻棘刺螨 <i>E. nasutus</i>	4	寄生生活 Ectoparasitic
蟻螨科 Blattisocidae			
肛厉螨属 <i>Proctolaelaps</i>	矮肛厉螨 <i>P. pygmaeus</i>	18	自由生活 Free-living
毛绥螨属 <i>Lasioseius</i>	中毛绥螨 <i>L. medius</i>	3	自由生活 Free-living
	前毛绥螨 <i>L. praevius</i>	2	自由生活 Free-living
	肛毛绥螨 <i>L. analis</i>	1	自由生活 Free-living
合计 Total	2 科 12 属 37 种 37 species 12 genera 2 families	14 098	

表 2 云南省锡金小鼠体表优势革螨感染情况 (1990 至 2015 年)

Table 2 Infestations of dominant species of gamasid mites on *Mus pahari* in Yunnan Province from 1990 to 2015

革螨 Gamasid mites	数量 (只) Number (ind)	构成比 (%) Constituent ratio C_i	感染率 (%) Prevalence P_m	平均多度 Mean abundance M_A	感染度 Mean intensity M_I	聚块指数 Patchiness index
贵州厉螨 <i>Laelaps guizhouensis</i>	10 620	75.33	81.81	14.75	18.03	2.41
贫毛厉螨 <i>L. paucisetosa</i>	2 070	14.68	50.69	2.88	5.67	4.40
兴义厉螨 <i>L. xingyiensis</i>	974	6.91	43.19	1.35	3.13	4.59
其余 34 种 Other 34 species	434	0.01 ~ 0.43	0.14 ~ 2.64	0.00 ~ 0.08	1.00 ~ 9.50	
合计 Total	14 098	100.00	86.81	19.58	22.56	

表呈聚集分布。

2.2 不同地理景观和不同性别锡金小鼠的革螨感染情况

捕获的 720 只锡金小鼠中有 693 只有地理景观记录 (山区 663 只, 坝区 30 只)。山区地理景观中的宿主数量明显高于坝区, 革螨种类数和个体数也明显高于坝区。坝区采集到的 5

种革螨在山区也存在, 两种地理景观革螨物种相似性指数很低 (Jaccard 指数 0.15)。山区锡金小鼠革螨的感染率 (P_m)、平均多度 (M_A) 和感染度 (M_I) 均明显高于坝区 (P_m : $\chi^2 = 19.067$, $P < 0.05$; M_A : $Z = -16.161$, $P < 0.05$; M_I : $Z = -3.572$, $P < 0.05$) (表 3)。捕获的 720 只锡金小鼠中有 693 只有性别记录, 雌雄鼠数

量相近。雌雄鼠革螨的感染率差异不显著 ($\chi^2 = 0.833, P > 0.05$)。雄性小鼠革螨的平均多度和感染度均显著高于雌性小鼠 ($M_A: Z = -2.852, P < 0.05; M_I: Z = -2.869, P < 0.05$) (表 4)。雌雄锡金小鼠体表革螨物种中度相似, 相似性指数 (Jaccard 指数) 为 0.61。

2.3 种-样方关系

采集的革螨物种数量随着锡金小鼠个体数的增加而增加 (图 1)。锡金小鼠数量从 0 到 300 只时, 革螨种类迅速上升至 30 种。而当样方 (锡金小鼠个体数) 为 300 ~ 720 只时, 革螨物种数再次增加, 但增长速度慢于第一阶段。从图 1 中可看出, 当锡金小鼠数量达到 720 只时, 革螨种类数仍然处于增加趋势。

3 讨论

云南省动植物种类丰富, 小兽及媒介节肢动物多样性高, 是多种人兽共患病的高发地区。锡金小鼠分布广泛, 常见于山区灌丛等生境, 是体表寄生虫的常见宿主之一, 也是恙虫病等多种人兽共患病的储存宿主或传染源之一。此

外, 还从锡金小鼠体内检测到汉坦病毒 (可致肾综合征出血热) (周济华等 2015)、乙型肝炎病毒 (米竹青等 2004)、巴尔通体 (栗冬梅等 2004)、膜壳绦虫 (李佳兴等 2003) 等。

本研究使用数据来源于 1990 至 2015 年对云南省 39 个县 (市) 的长期积累调查, 结果基本能够反映云南省锡金小鼠体表革螨感染和分布情况。本文结果显示, 从锡金小鼠这个单一鼠种体表所鉴定出的革螨种类数 (37 种) 超过了我国部分省份记录的全部革螨种类数 (季恒青等 2012, 张倩等 2018), 表明锡金小鼠体表革螨种类丰富, 物种多样性高。在所鉴定出的 37 种革螨中, 部分种类属于自由生活革螨 (邓国潘 1993, Huang et al. 2013, Yan et al. 2019), 如裸厉螨属 (*Gymnolaelaps*)、下盾螨属 (*Hypoaspis*)、广厉螨属 (*Cosmolaelaps*)、肛厉螨属 (*Proctolaelaps*) 和毛绥螨属 (*Lasioseius*) 的革螨等, 这些自由生活革螨由于某些原因偶然爬到了锡金小鼠体表, 增加了锡金小鼠体表革螨的物种多样性。贵州厉螨、贫毛厉螨和兴义厉螨 3 种优势革螨所占构成比高达 96.92%,

表 3 不同地理景观锡金小鼠体表革螨感染情况

Table 3 Infestation of gamasid mites on *Mus pahari* in different landscapes

地理景观 Landscapes	锡金小鼠数量 (只) <i>Mus pahari</i> (ind)		革螨 Gamasid mites			革螨感染情况 Infestations of gamasid mites		
	检查鼠 Examined	感染鼠 Infested	种类 Species	数量 (只) Number (ind)	数量构成比 Constituent ratio of number C_r	感染率 Prevalence P_m	平均多度 Mean abundance M_A	感染度 Mean intensity M_I
山区 Mountainous landscape	663	582	34	13 437	99.06	87.78	20.27	23.09
坝区 Flatland landscape	30	18	5	127	0.94	60.00	4.23	7.06
合计 Total	693	600	34	13 564	100	86.58	19.57	22.61

表 4 不同性别锡金小鼠体表革螨感染情况

Table 4 Infestation of gamasid mites on different sexes of *Mus pahari*

锡金小鼠性别 Sexes of <i>Mus pahari</i>	锡金小鼠数量 (只) <i>Mus pahari</i> (ind)		革螨 Gamasid mites			革螨感染情况 Infestations of gamasid mites		
	检查鼠 Examined	感染鼠 Infested	种类 Species	数量 (只) Number (ind)	数量构成比 Constituent ratio of number C_r	感染率 Prevalence P_m	平均多度 Mean abundance M_A	感染度 Mean intensity M_I
雄 Male	392	344	31	8 542	62.46	87.76	21.79	24.83
雌 Female	301	257	27	5 133	37.54	85.38	17.05	19.97
合计 Total	693	601	36	13 675	100	86.72	19.73	22.75

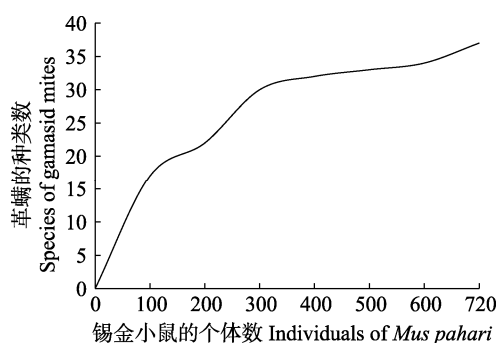


图 1 锡金小鼠体表革螨的种-样方关系图

Fig. 1 Species-plot relation of gamasid mites on *Mus pahari*

远超过其余 34 种稀有种革螨的构成比。锡金小鼠与云南省境内广泛分布的小家鼠 (*Mus musculus*) 和卡氏小鼠 (*M. caroli*) 同属于一个属, 但三者体表的优势革螨完全不同。有研究显示, 小家鼠体表的主要革螨是鸡皮刺螨 (*Dermanyssus gallinae*) 和柏氏禽刺螨 (*Ornithonyssus bacoti*), 卡氏小鼠体表的主要革螨是阿尔及利亚厉螨 (*L. algericus*) (黄丽琴 2010, Allymehr et al. 2012)。黄丽琴 (2010) 的研究发现, 锡金小鼠体表优势革螨为贵州厉螨、贫毛厉螨和兴义厉螨, 与本研究结果一致。锡金小鼠体表优势螨的稳定性和高构成比, 反映了这 3 种革螨对锡金小鼠的特异性选择倾向, 提示宿主和寄生虫之间存在一定程度的协同进化关系。此外, 3 种优势革螨在不同个体的锡金小鼠体表均呈聚集性分布, 这一结果与对恙螨、蚤和吸虱等体表寄生虫的研究结果一致 (Peng et al. 2015)。聚集性分布是多数体表寄生虫分布的普遍形式, 可能有利于寄生虫种群的生存、繁衍和扩散等 (Huang et al. 2013)。不同景观锡金小鼠的革螨感染情况和种类数相差巨大, 山区锡金小鼠的革螨感染更为严重。锡金小鼠主要生活在山区, 山区景观的地形复杂多变, 植被和动物种类丰富, 啮齿动物的种类多, 增加了革螨“交叉感染”锡金小鼠的可能性, 导致山区景观锡金小鼠携带的革螨数量及种类远大于坝区景观。本研究发现, 雄鼠体

表革螨感染的平均多度和感染度均明显高于雌鼠, 不同性别锡金小鼠体表革螨物种中度相似。寄生虫感染的性别偏倚现象十分常见, 彭培英等 (2015) 的研究也证实了这一事实。雄鼠更易受寄生虫感染可能与外出觅食频繁、雄性激素影响、为竞争雌性而好斗等因素有关 (Folstad et al. 1992, Moller et al. 1999)。

种-样方关系描述的是物种数量随取样面积增加而变化的规律, 用来估算样方与生物种类之间的关系。根据生态学理论, 当样方数量足够大时, 物种数增加到一定值便几乎不再变化 (Liu et al. 2020)。但本研究结果显示, 革螨的种类随着样方数的增加而增加, 当锡金小鼠达到 720 只时, 革螨物种数仍呈增长趋势。结合不同景观锡金小鼠体表革螨的物种和数量相差巨大的结果, 种-样方关系曲线趋势提示: 不同地理景观锡金小鼠体表革螨构成差异较大, 随着调查范围的不断扩大和锡金小鼠宿主样本量的不断增加, 还将有更多的革螨种类会被陆续采集到。

参 考 文 献

- Allymehr M, Tavassoli M, Manoochehri M H, et al. 2012. Ectoparasites and gastrointestinal helminths of house mice (*Mus musculus*) from poultry houses in northwest Iran. *Comparative Parasitology*, 79(2): 283–287.
- Bush A O, Lafferty K D, Lotz J M, et al. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, 83(4): 575–583.
- Folstad I, Karter A J. 1992. Parasites, bright males, and the immunocompetence handicap. *The American Naturalist*, 139(3): 603–622.
- Gomes M D, Filho F B. 2018. Gamasoidosis (bird mite dermatitis): *Dermanyssus gallinae* in a young boy. *The Pan African Medical Journal*, 30: 144.
- 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.
- Huang L Q, Guo X G, Wu D, et al. 2009. Community structure and spatial distribution of gamasid mites associated with small mammals in Yunnan, China. *Acta Entomologica Sinica*, 52(12): 1328–1337.
- Huang X D, Cheng P, Zhao Y Q, et al. 2017. Chigger mite (Acari: Trombiculidae) survey of rodents in Shandong Province, northern China. *Korean Journal of Parasitology*, 55(5): 555–559.
- Liu Z, Guo X G, Fan R, et al. 2020. Ecological analysis of gamasid mites on the body surface of Norway rats (*Rattus norvegicus*) in Yunnan Province, southwest China. *Biologia*, 75: 1325–1336.
- Lloyd M. 1967. Mean crowding. *Journal of Animal Ecology*, 36(1): 1–30.
- Luo L P, Guo X G, Qian T J, et al. 2007. Distribution of gamasid mites on small mammals in Yunnan Province, China. *Insect Science*, 14(1): 71–78.
- Moller A P, Christe P, Lux E. 1999. Parasitism, host immune function, and sexual selection. *Quarterly Review of Biology*, 74(1): 3–30.
- Paddock C D, Koss T, Eremeeva M E, et al. 2006. Isolation of *Rickettsia akari* from eschars of patients with rickettsialpox. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 75(4): 732–738.
- 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.
- Rosen S, Yeruham I, Braverman Y. 2002. Dermatitis in humans associated with the mites *Pyemotestritici*, *Dermanyssus gallinae*, *Ornithonyssus bacoti*, and *Androlaelaps casalis* in Israel. *Medical and Veterinary Entomology*, 16(4): 442–444.
- Yan Y, Zhang Q, Zhou C Y, et al. 2019. Notes on soil predatory mites: the genus *Lasioseius* with a newly recorded species and key from China (Acari: Mesostigmata: Blattisociidae). *Entomotaxonomia*, 41(1): 44–53.
- 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.
- 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.
- 方倩. 2017. 我国革螨研究的文献计量学分析. *吉林医学*, 38(6): 1144–1146.
- 黄丽琴. 2010. 云南省医学革螨流行分布及群落特征研究. 大理: 大理学院硕士学位论文, 22.
- 季恒青, 冯绍全, 刘南, 等. 2012. 重庆市鼠形动物体表寄生蚤与革螨种类及地理分布. *中华卫生杀虫药械*, 18(5): 413–415.
- 金慧, 赵莹, 赵伟, 等. 2015. 长白山牛皮杜鹃群落多样性的海拔梯度变化及相似性. *生态学报*, 35(1): 125–133.
- 李朝品. 2006. 医学蜱螨学. 北京: 人民军医出版社, 116–182.
- 李佳兴, 李正红, 杨文斌, 等. 2003. 云南省洱源县小兽膜壳绦虫感染调查. *中国血吸虫病防治杂志*, 15(6): 452–453.
- 栗冬梅, 俞东征, 刘起勇, 等. 2004. 云南省不同环境鼠形动物巴尔通体感染情况的研究. *中华流行病学杂志*, 25(11): 934–936.
- 米竹青, 李兆祥, 张海林, 等. 2004. 鼠类携带乙型肝炎表面抗原的研究. *医学动物防制*, 20(9): 514–515.
- 彭培英, 郭宪国, 宋文宇, 等. 2015. 西南三省 39 县(市)大绒鼠体表寄生虫感染状况分析. *现代预防医学*, 42(16): 3016–3021.
- 任天广, 郭宪国. 2009. 中国皮刺螨总科区系研究报告. *中国病原生物学杂志*, 4(2): 99–104.
- 孙笑梅, 郭宪国, 林上进. 2011. 云南省 20 县市锡金小鼠体表寄生恙螨研究. *安徽农业科学*, 39(27): 16779–16780.
- 杨再学, 郑元利, 潘会, 等. 2013. 锡金小家鼠种群年龄鉴定及繁殖变化规律. *江西农业学报*, 25(5): 81–83.
- 张聪, 葛星, 赵磊, 等. 2013. 双斑长跗蜱叶甲越冬卵在玉米田的空间分布型. *生态学报*, 33(11): 3452–3459.
- 张倩, 杨瑞睿, 谢丽霞, 等. 2018. 海南省永兴岛革螨新纪录(蜱螨亚纲: 中气门目). *中国媒介生物学及控制杂志*, 29(6): 631–632.
- 张新蕊, 相学军, 陈艳秋, 等. 2008. 小鼠属(*Mus*)与田鼠属(*Microtus*)的系统发生关系研究概述. *遗传*, 3(5): 550–560.
- 张云, 朱进, 邓小昭, 等. 2001. 革螨、恙螨传播肾综合征出血热病毒的实验研究. *中华流行病学杂志*, 22(5): 38–40.
- 周济华, 杨卫红, 潘虹, 等. 2015. 2013 年云南省肾综合征出血热监测分析. *疾病预防控制通报*, 30(3): 18–22.
- 周淑娟, 邓艳琴, 李述杨, 等. 2012. 福建省皮刺螨总科种记录增补. *中国媒介生物学及控制杂志*, 23(5): 467–470.