

云南省怒江傈僳族自治州鼠体恙螨调查

刘晨曦¹ 郭宪国^{1*} 吕艳¹ 尹鹏吾¹ 宋文字¹ 彭培英²
相蓉¹ 陈雁翎^{1,3} 李贝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防控技术重点实验室 大理 671000; 2 曲靖医学高等专科学校微生物研究所 曲靖 655100; 3 中山大学孙逸仙纪念医院深汕中心医院 汕尾 516600

摘要: 恙螨是恙虫病的唯一传播媒介, 地处云南省西北部的怒江傈僳族自治州境内恙虫病流行, 开展怒江州恙螨的调查分析, 对于本地区恙虫病的防控具有重要意义。本研究于 2002 至 2022 年对怒江州进行了现场调查、恙螨采集和分类鉴定, 分析采样充分程度、恙螨物种构成以及恙螨和宿主间承载关系。从 4 目 9 科 26 属 44 种共 2 036 只鼠类等小兽宿主体表获得恙螨 3 087 只, 鉴定出的 2 科 3 亚科 12 属 66 种恙螨以分类名录形式列出。恙螨总感染率、总平均多度和总感染度分别为 7.02%、1.52 和 21.59。恙螨各科、属分类树状图显示, 纤恙螨属 (*Leptotrombidium*) 的数量构成比 (C_r) 较高 ($C_r = 26.47\%$, 817/3 087)。在所鉴定出的 66 种中, 有 2 种优势恙螨 ($C_r = 56.24\%$, 1 736/3 087)、1 种媒介恙螨和 5 种潜在媒介恙螨。在 6 种媒介和潜在媒介恙螨中, 作为恙虫病主要媒介的小板纤恙螨 (*L. scutellare*) 和潜在媒介的乡野纤恙螨 (*L. rusticum*) 数量最多。恙螨与宿主间的双边网络图显示, 一种恙螨可以寄生多种宿主, 一种宿主可承载多种恙螨。在宿主选择上, 部分恙螨之间存在正相关。怒江州恙螨采样充分, 物种多样性较高。纤恙螨属大量存在、多种媒介恙螨并存以及恙螨的低宿主特异性等增加了怒江州恙虫病传播和疫源地持续保持的潜在风险。

关键词: 恙螨; 恙虫病媒介; 种类构成; 分类名录; 云南怒江傈僳族自治州

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2026) 03-385-12

Investigation of chigger mites on rodents in Nujiang Lisu Autonomous Prefecture, Yunnan, China

LIU Chen-Xi¹ GUO Xian-Guo^{1*} LÜ Yan¹ YIN Peng-Wu¹ SONG Wen-Yu¹ PENG Pei-Ying²
XIANG Rong¹ CHEN Yan-Ling^{1,3} LI Bei¹

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

2 Institute of Microbiology, Qujing Medical College, Qujing 655100; 3 Shenshan Central Hospital, Sun Yat-sen Memorial Hospital, Sun Yat-sen University, Shanwei 516600, China

Abstract: [Objectives] Chigger mites are the exclusive vector of scrub typhus (tsutsugamushi disease).

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 82160400);

* 通信作者, E-mail: xgguo2002@163.com;

第一作者介绍 刘晨曦, 女, 硕士研究生; 研究方向: 病原生物学; E-mail: 1281092209@qq.com.

收稿日期: 2025-03-05, 修回日期: 2025-08-26 DOI: 10.13859/j.cjz.202625046 CSTR: 32109.14.cjz.202625046

Nujiang Lisu Autonomous Prefecture is located in the northwest of Yunnan Province, where scrub typhus has been prevailing. Therefore, the investigation and analysis of chiggers in Nujiang Prefecture is of great significance for the prevention and control of scrub typhus in this region. **[Methods]** The present study was conducted in Nujiang Prefecture from 2002 to 2022, which involves the field investigation, collection and specimen making of chigger mites, taxonomic identification of chigger mites, analysis of sample completeness, analysis of species composition of chigger mites, and visualization of host-chigger mite relationship. The sample completeness was determined through the curve of species sparsity, extrapolation and coverage index. The infestation indexes of chiggers were routinely calculated. Infestation indices include prevalence (P_M , %), mean abundance (A) and mean intensity (I). Spearman correlation coefficient was used to analyze the interspecific relationships among some main chigger species. The bipartite network analysis was used to analyze the mutual relationship between host species and chigger species. **[Results]** The results showed that the coverage index reached 99.55% (Fig. 2). A total of 2 036 rodents and other sympatric small mammal hosts were identified as 4 orders, 9 families, 26 genera and 44 species. From the body surface of 2 036 hosts, 3 087 chigger mites were collected and taxonomically identified as two families, three subfamilies, 12 genera and 66 species. The 66 chigger species were listed in the form of taxonomic checklists (Table 1). The overall infestation prevalence, mean abundance and mean intensity of chigger mites on their hosts were $P_M = 7.02\%$, $A = 1.52$ and $I = 21.59$, respectively. The taxonomic tree diagram at the level of families and genera showed that the number of the genus *Leptotrombidium* were abundant with the constituent ratio $C_r = 26.47\%$ (817/3 087) (Fig. 1). Among the 66 identified species, there were two dominant species ($C_r = 56.24\%$, 1 736/3 087), one vector and five potential vector species of scrub typhus. Of the six vector and potential vector species of chigger mites, the vector *L. scutellare* and potential vector *L. rusticum* were the major species with the highest number of individuals (Table 2). The bipartite network analysis between chigger mites and their hosts showed that a single chigger species can parasitize a few host species, and a single host species can harbour a few chigger species with low host specificity (Fig. 3). A positive correlation existed among some chigger mite species in host selection (Fig. 4). **[Conclusion]** The sampling of field investigation is sufficient for this study, and the species diversity of chigger mites is high in Nujiang Prefecture. The low host specificity of chigger mites, the abundance of the genus *Leptotrombidium* and the coexistence of six vector or potential vector chigger species in Nujiang Prefecture would increase the potential risk of transmission and focus persistence of scrub typhus in the region.

Key words: Chigger mite; Vector of scrub typhus; Species composition; Taxonomic checklist; Nujiang Lisu Autonomous Prefecture of Yunnan

恙螨 (trombiculid mites) 是一大类微小节肢动物的统称, 种类繁多, 全球已知恙螨 3 000 余种, 中国已知 500 余种 (黎家灿 1997, Nielsen et al. 2021, 刘小虎和任天广 2022)。在恙螨复杂的生活史中, 仅幼虫时期是在鼠类等其他小兽体表寄生, 其他时期均自由生活, 恙螨幼虫 (chiggers 或 chigger mites) 是恙虫病

(tsutsugamushi disease 或 scrub typhus) 的唯一传播媒介, 还可以作为肾综合出血热 (hemorrhagic fever with renal syndrome, HFRS) 的潜在传播媒介, 具有十分重要的医学意义 (Axman and Brummer 2003, Yu and Tesh 2014)。鼠类及同域分布的其他小型哺乳动物 (小兽) 是恙虫病病原体——恙虫病东方体

(*Orientia tsutsugamushi*) 和汉坦病毒 (HFRS 病原体) 的主要储存宿主。同时, 它们也是恙螨幼虫最主要的寄生宿主, 恙螨通过叮咬这些受感染的动物而携带病原体, 从而成为疾病的传播媒介。通过恙螨叮咬, 恙虫病的病原体 (恙虫病东方体) 不但可以在鼠类等小兽之间循环传播, 还可以从鼠类等动物传播给人 (Mills and Fulhorst 2010, Paulraj et al. 2022)。地处云南省西北部的怒江傈僳族自治州存在恙虫病流行, 是恙虫病等人兽共患病的重要疫源地之一 (何娟等 2020, 苏丽琼等 2022), 该地区是研究鼠类等小兽体表恙螨 (鼠体恙螨) 种类构成和生态分布的理想场所。要进行鼠体恙螨区系研究, 首先必须进行大量现场调查、对鼠类等宿主动物诱捕和分类鉴定以及采集和分类鉴定恙螨 (幼虫)。目前全世界对恙螨的分类鉴定均以恙螨幼虫期的形态为依据, 且无其他替代手段 (黎家灿 1997, Kumler et al. 2018)。恙螨幼虫十分微小且发育不全, 许多细微结构必须在显微镜的高倍镜和油镜下通过一系列显微测量、仔细观察和反复比对后才能鉴定到种, 分类鉴定的技术难度很高, 对时间和精力耗费较大, 使得近年来关于恙螨区系研究及名录的文献越来越少。根据 2002 至 2022 年在怒江州进行的现场调查和分类鉴定结果, 本文报道了怒江州鼠体恙螨的种类构成、分类名录和生态分布情况, 以期为该地区恙虫病及其媒介恙螨的监测和防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 现场调查与恙螨采集

怒江州位于云南省西北部 (98°09'~99°39'E, 25°33'~28°23'N), 下辖泸水、福贡、贡山和兰坪 4 个县 (市)。本课题组在 2002 至 2022 年对该州的 4 个县 (市) 进行了调查。调查当日下午或傍晚在不同生境地带 (室内、房周、农田、灌木丛、林地等) 布放鼠笼 (夹) 诱捕鼠类以及与鼠类同地域分布的其他小型哺乳动物 (小兽), 次日清晨收集所捕获动物。所捕获

鼠类等小兽宿主经乙醚麻醉后置白色方盘内, 用手术刀片等“刮器”逐一刮取每只宿主体表的恙螨幼虫 (鼠体恙螨) 和恙螨疑似物, 按照“一兽一瓶”原则将所采集的恙螨幼虫和恙螨疑似物放入盛有 70%乙醇的有盖离心管内固定、保存、备用 (Ding et al. 2021, Li et al. 2022)。恙螨采集后, 根据小兽的外部形态 (体型、大小、毛色) 及相关测量指标 (体长、体重、尾长、耳高和后足长等) 现场鉴定每只宿主动物。难以现场鉴定的疑难标本, 剥制头骨标本带回实验室, 根据牙齿和头骨特征进一步鉴定 (黄文几等 1995, Smith 和解焱 2009, 魏辅文 2022)。动物的使用获得了当地野生动物管理部门和大理大学医学伦理委员会的批准, 批准编号分别为 DLXY2001-1116 和 DLDXLL2020-1104。

1.2 恙螨标本制作和分类鉴定

在实验室内, 将固定、保存在 70%乙醇内的恙螨幼虫和恙螨疑似物移入盛有蒸馏水或清水的培养皿中, 置体视显微镜 (XTL-1, 北京电子光学设备厂) 下挑选出恙螨幼虫并漂洗 2 或 3 次。用霍氏液 (Hoyer's solution) 将所分离的恙螨幼虫制成玻片标本, 经脱水、透明、干燥后, 借助分类鉴定文献和检索表 (黎家灿 1997, 李朝品 2006, Stekolnikov 2013), 在光学显微镜 (OLYMPUS CX-21, 奥林巴斯公司, 日本东京) 的高倍镜和油镜下, 对每只恙螨幼虫进行逐一观察、比对和一系列显微测量, 根据形态学综合特征 (包括各种显微测量值), 将每只恙螨鉴定到种, 记录鉴定结果。难以准确鉴定到种的标本, 按待定种记录。

1.3 数据整理与统计分析

归纳汇总现场调查和恙螨分类鉴定结果, 制作原始数据表。常规统计恙螨和小兽宿主的构成比 (constituent ratio, C_r , %, 即某种螨或者小兽宿主的数量占全部螨或者小兽宿主数量的百分比), 以及感染率 (prevalence, P_M , %)、感染平均多度 (mean abundance, A , 只螨/每兽) 和感染度 (mean intensity, I , 只螨/每兽)

3 项感染指标。感染率 (P_M) 旨在反映恙螨在所检查宿主体表的感染频度, $P_M = (\text{感染宿主数量} / \text{所检查宿主数量}) \times 100\%$; 感染平均多度 (A) 旨在反映恙螨在所检查宿主体表的感染强度, $A = \text{恙螨数量} / \text{所检查宿主数量}$; 感染度 (I) 旨在反映恙螨在感染宿主体表的感染强度, $I = \text{恙螨数量} / \text{感染宿主数量}$ (Guo et al. 2006, Peng et al. 2018, Ding et al. 2021)。统计学检验用 SPSS 20.0, 感染率 (P_M) 用卡方检验 (χ^2), 感染平均多度 (A) 和感染度 (I) 用 Kruskal-Wallis 秩和检验, $P < 0.05$ 判定为具有统计学意义。根据所鉴定的恙螨个体数, 使用 R 4.3.3 中 “iNEXT” 软件包计算并绘图, 得到物种稀疏和外推曲线以及样本覆盖率 (coverage percentage, C_p), 以此反映样本采集的充分程度 (sample completeness) (Chao et al. 2014, Hsieh et al. 2016)。通过双边网络分析 (bipartite network analysis) 分析主要恙螨与宿主动物之间的相互关系, 并运用 R 4.3.3 中 “bipartite” 软件包绘图, 得到主要恙螨与宿主动物之间的可视化双边网络图 (visualized bipartite network diagram) (Beckett 2016, Elliott et al. 2021)。通过 Spearman 相关系数, 分析主要媒介恙螨之间的种间关系, 并使用 R 4.3.3 中 “corrplot” 软件包绘图, 获得恙螨种间关系的可视化热图 (visualized heat map)。相关系数 r 的取值范围从 -1 到 1 (Ali Abd Al-Hameed 2022)。在上述统计分析中, 本文未包括没有鉴定到 “种” 的 “待定种” 数据 (本文中 “待定种” 恙螨仅有 20 只)。

2 结果

2.1 小兽宿主分类鉴定结果

从怒江州 4 个县、市捕获并鉴定出鼠类等小兽宿主 4 目 9 科 26 属 44 种共 2 036 只, 以啮齿目数量最多 (1 569 只, 构成比 $C_r = 77.06\%$, 1 569/2 036)。在所鉴定出的 44 种宿主中, 高山姬鼠 (*Apodemus chevrieri*)、黄胸鼠 (*Rattus tanezumi*) 和四川短尾鼯 (*Anourosorex*

squamipes) 3 种优势种构成比分别为 21.22% (432/2 036)、14.69% (299/2 036) 和 13.56% (276/2 036), 这 3 种优势宿主的合计构成比 49.46% (1 007/2 036)。其余 41 种小兽宿主为: 大足鼠 (*R. nitidus*)、黑缘齿鼠 (*R. andamanensis*)、褐家鼠 (*R. norvegicus*)、澜沧江姬鼠 (*Ap. ilex*)、大耳姬鼠 (*Ap. latronum*)、大林姬鼠 (*Ap. peninsulae*)、北社鼠 (*Niviventer confucianus*)、安氏白腹鼠 (*Ni. andersoni*)、灰腹鼠 (*Ni. eha*)、针毛鼠 (*Ni. fulvescens*)、卡氏小鼠 (*Mus caroli*)、小家鼠 (*M. musculus*)、锡金小鼠 (*M. pahari*)、青毛巨鼠 (*Berylmys bowersi*)、小泡巨鼠 (*Leopoldamys edwardsi*)、小狨鼠 (*Hapalomys delacouri*)、大绒鼠 (*Eothenomys miletus*)、滇绒鼠 (*Eo. eleusis*)、克钦绒鼠 (*Eo. cachinus*)、西南绒鼠 (*Eo. custos*)、克氏松田鼠 (*Neodon clarkei*)、橙腹长吻松鼠 (*Dremomys lokriah*)、隐纹花鼠 (*Tamias swinhoei*)、丛毛飞鼠 (*Belomys pearson*)、复齿鼯鼠 (*Trogopterus xanthipes*)、霜背大鼯鼠 (*Petaurista philippensis*)、白尾梢大鼯鼠 (*Crocidura dracula*)、臭鼯 (*Suncus murinus*)、大长尾鼯鼠 (*Episoriculus leucops*)、小长尾鼯鼠 (*Ep. macrurus*)、褐腹长尾鼯鼠 (*Ep. caudatus*)、蹼足鼯 (*Nectogale elegans*)、狭颅黑齿鼯鼠 (*Blarinella wardi*)、小纹背鼯鼠 (*Sorex bedfordiae*)、云南鼯鼠 (*So. excelsus*)、针尾鼯 (*Scaptomyx fuscicaudus*)、贡山鼯鼠 (*Uropsilus investigator*)、中国鼯鼠 (*Neotetracus sinensis*)、灰颈鼠兔 (*Ochotona forresti*)、灰鼠兔 (*O. roylli*) 和黄鼯 (*Mustela sibirica*)。

2.2 恙螨分类鉴定结果及种类名录

从怒江州 2 036 只鼠类等小兽宿主体表共鉴定出恙螨 2 科 3 亚科 12 属 66 种 3 087 只 (不包括 20 只待定种), 各个科、亚科和属的分类树状图和数量构成比详见图 1。在所鉴定出的 12 个属中, 数量最多的是无前恙螨属 (*Walchia*, $C_r = 31.75\%$, 980/3 087)、背展恙螨属

(*Gahrliepia*, $C_r=27.18\%$, 839/3 087) 和纤恙螨属 (*Leptotrombidium*, $C_r=26.47\%$, 817/3087), 这 3 个优势属的合计构成比为 85.39% (2 636/3 087)。怒江州全部恙螨在所有宿主体表的总感染率 7.02% (全部 2 036 只宿主动物中 143 只感染), 总感染平均多度 1.52 (全部恙螨 3 087 只/全部宿主 2 036 只), 总感染度 21.59 (全部恙螨 3 087 只/感染宿主 143 只)。在所鉴定出的 66 种恙螨中 (表 1), 优势恙螨是攸氏无前恙螨 (*Walchia ewingi*, $C_r=$

30.58%, 944/3 087) 以及缘毛背展恙螨 (*Gahrliepia fimbriata*, $C_r=25.66\%$, 792/3 087), 二者的数量占全部恙螨的合计构成比 56.24% (1 736/3 087)。在所鉴定出的 66 种恙螨中, 能够作为恙虫病有效传播媒介的有 1 种、潜在传播媒介的有 5 种, 其中以有效媒介小板纤恙螨 (*L. scutellare*) 和潜在媒介乡野纤恙螨 (*L. rusticun*) 的数量最多 (表 2)。小板纤恙螨不但是我国恙虫病的主要媒介之一, 还是肾综合征出血热的潜在传播媒介。

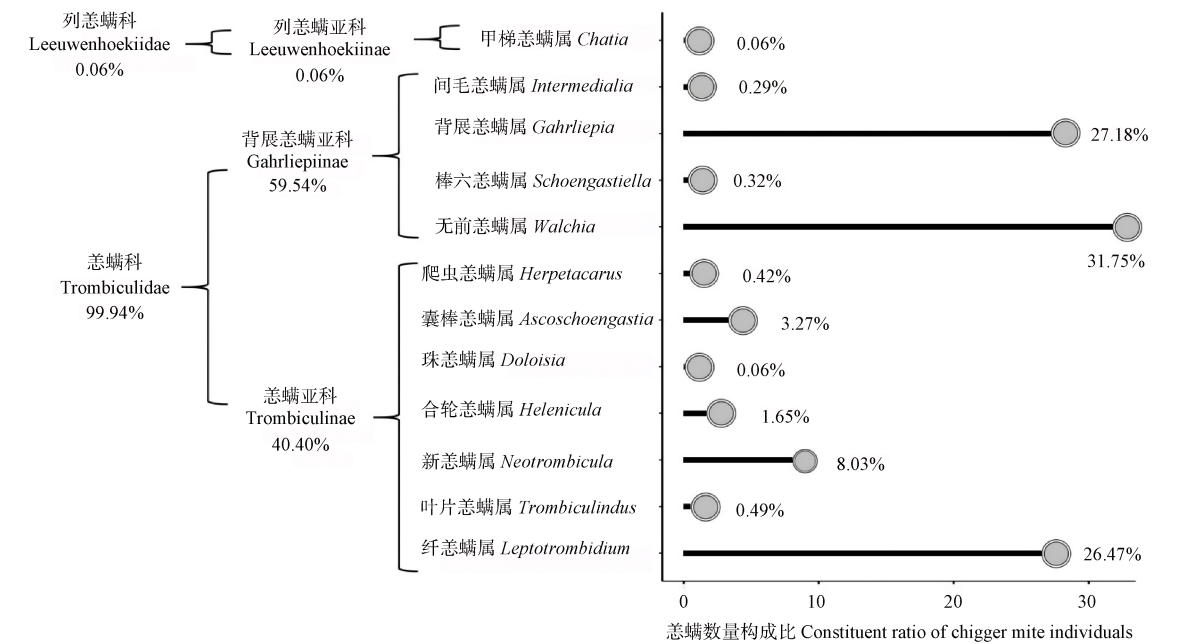


图 1 云南怒江鼠体等小兽体表恙螨不同科、亚科和属的分类树状图 (2002—2022)

Fig. 1 The taxonomic tree diagram for different families, subfamilies, and genera of chigger mites on rodents and other sympatric small mammal hosts in Nujiang, Yunnan (2002–2022)

图中数字为构成比 C_r 。The number in the figure is constituent ratio, C_r .

表 1 云南怒江鼠体恙螨分类名录 (2002—2022)

种 Species	种 Species
恙螨亚科 Trombiculinae Ewing, 1929	珠恙螨属 <i>Doloisia</i> Oudemans, 1910
纤恙螨属 <i>Leptotrombidium</i> Nagayo et al., 1916	短足珠恙螨 <i>D. brachypus</i> (Audy et Nachchatram, 1957)
中华纤恙螨 <i>L. sinicum</i> Yu et al., 1981	囊棒恙螨属 <i>Ascoschoengastia</i> Ewing, 1945
小板纤恙螨 <i>L. scutellare</i> Nagayo et al., 1921 ^a	梭形囊棒恙螨 <i>A. Spindalis</i> (Wen et Wu, 1984)
寒冬纤恙螨 <i>L. hiemalis</i> Yu et al., 1982	印度囊棒恙螨 <i>A. indica</i> Hirst, 1915 ^b

续表 1

种 Species	种 Species
乡野纤恙螨 <i>L. rusticum</i> Yu, Yang et Gong, 1986 ^b	四方囊棒恙螨 <i>A. sifanga</i> Wen et al., 1984
王氏纤恙螨 <i>L. wangi</i> Yu et al., 1986	云南囊棒恙螨 <i>A. yunnanensis</i> Yu et al., 1980
密点纤恙螨 <i>L. densipunctatum</i> Yu et al., 1982	李氏囊棒恙螨 <i>A. leechi</i> Domrow, 1962
永胜纤恙螨 <i>L. yongshengense</i> Yu et Yang, 1986	爬虫恙螨属 <i>Herpetacarus</i> Vercammen-Grandjean, 1960
下关纤恙螨 <i>L. xiaguanense</i> Yu et Yang, 1981	芒棒爬虫恙螨 <i>H. aristoclavus</i> Yu et al., 1979
贡山纤恙螨 <i>L. gongshanense</i> Yu et al., 1981	泸水爬虫恙螨 <i>H. lushuiensis</i> Yu et Chen
钉毛纤恙螨 <i>L. spicanisetum</i> Yu et al., 1986	细棒爬虫恙螨 <i>H. tenuiclavus</i> Yu et al., 1979
错那纤恙螨 <i>L. cuonae</i> Wang et al., 1996	背展恙螨亚科 <i>Gahrlepiinae</i> Womersley, 1952
扁板纤恙螨 <i>L. deplanoscutum</i> Yu et Zi, 1981	无前恙螨属 <i>Walchia</i> Ewing, 1931
梁河纤恙螨 <i>L. lianghense</i> Yu et al., 1983	似太平洋无前恙螨 <i>W. parapacifica</i> (Chen et al., 1955)
曲靖纤恙螨 <i>L. qujingense</i> Yu et al., 1981	中华无前恙螨 <i>W. chinensis</i> (Chen et Hsu, 1955) ^b
异毛纤恙螨 <i>L. allossetum</i> Wang et al., 1981	葛洪无前恙螨 <i>W. kor</i> (Chen et Hsu, 1957)
沧江纤恙螨 <i>L. cangjiangense</i> Yu et al., 1981	歙无前恙螨 <i>W. sheensis</i> Wen, 1984
湖北纤恙螨 <i>L. hupeicum</i> Ma et Hsu, 1965	西沙无前恙螨 <i>W. xishaensis</i> Zhao et al., 1986
碧鸡纤恙螨 <i>L. biji</i> Wen et Xiang, 1984	攸氏无前恙螨 <i>W. ewingi</i> Fuller, 1949
老君山纤恙螨 <i>L. laojunshanense</i> Yu et al., 1986	棒六恙螨属 <i>Schoengastiella</i> Hirst, 1915
中甸纤恙螨 <i>L. zhongdianense</i> Yu et Yang, 1981	林谷棒六恙螨 <i>S. ligula</i> Radford, 1946 ^b
保鼠纤恙螨 <i>L. baoshui</i> Wen et Xiang, 1984	背展恙螨属 <i>Gahrlepiea</i> Oudemans, 1912
岩栖纤恙螨 <i>L. rupestre</i> Traub et Nadchatram, 1967 ^b	南方背展恙螨 <i>G. meridionalis</i> Yu et al., 1980
竹栖纤恙螨 <i>L. bambicola</i> Wen et Xiang, 1984	中窝背展恙螨 <i>G. zhongwoi</i> Wen et Xiang, 1984
福建纤恙螨 <i>L. fujianense</i> Liao et Wang, 1983	射点背展恙螨 <i>G. radiopunctata</i> Hsu et al., 1965
亚大纤恙螨 <i>L. submagnum</i> Wang et al., 1988	宽板背展恙螨 <i>G. latiscutata</i> Chen et Fan, 1981
叶片恙螨属 <i>Trombiculindus</i> Radford, 1948	德钦背展恙螨 <i>G. deqinensis</i> Yu et Yang, 1982
云南叶片恙螨 <i>T. yunnanus</i> Wang et Yu, 1965	八毛背展恙螨 <i>G. octosetosa</i> Chen et al., 1956
楔形叶片恙螨 <i>T. cuneatus</i> Traub et Evans, 1951	羊城背展恙螨 <i>G. yangchenensis</i> Chen et Hsu, 1957
竹叶片恙螨 <i>T. bambusoides</i> Wang et Yu, 1965	冷水背展恙螨 <i>G. lengshui</i> Wen et Xiang, 1984
怒江叶片恙螨 <i>T. nujiangensis</i> Wen et Xiang, 1984	细棒背展恙螨 <i>G. tenuiclava</i> Yu et al., 1983
新恙螨属 <i>Neotrombicula</i> Hirst, 1925	纤嫩背展恙螨 <i>G. tenella</i> Traub et Morrow, 1955
德钦新恙螨 <i>N. deqinensis</i> Yu et Wang, 1981	重庆背展恙螨 <i>G. chungkingensis</i> Jeu et al., 1963
通天河新恙螨 <i>N. tongtianhensis</i> Yang et al., 1995	缘毛背展恙螨 <i>G. fimbriata</i> Traub et Morrow, 1955
普通新恙螨 <i>N. vulgaris</i> Schluger, 1955	间毛恙螨属 <i>Intermedialia</i> Yu et al., 1979
根鼠新恙螨 <i>N. microtomici</i> Wen et al., 1984	河谷间毛恙螨 <i>I. hegu</i> (Yu, Yang et Wu, 1979)
合轮恙螨属 <i>Helenicula</i> Audy, 1954	列恙螨亚科 <i>Leeuwenhoeekiinae</i> Womersley, 1944
云南合轮恙螨 <i>H. yunnanensis</i> Wen et Xiang, 1984	甲梯恙螨属 <i>Chatia</i> Brennan, 1946
徐氏合轮恙螨 <i>H. hsui</i> Zhao, 1990	尖螯甲梯恙螨 <i>C. acrichela</i> Wen et al., 1984
伯劳合轮恙螨 <i>H. lanius</i> (Radford, 1946)	

a. 已证实的恙虫病传播媒介; b. 潜在传播媒介。

a. The confirmed vectors of scrub typhus; b. Potential vectors of the disease.

表 2 云南怒江媒介恙螨名称及数量构成比
(2002—2022)

Table 2 The constituent ratios of chigger species as
vector and potential vectors of scrub typhus in
Nujiang, Yunnan (2002–2022)

种 Species	数量 (ind) Individuals	构成比 (%) Constituent ratio, C_r
小板纤恙螨 <i>Leptotrombidium scutellare</i>	67	37.64
乡野纤恙螨 <i>L. rusticum</i>	64	35.96
岩栖纤恙螨 <i>L. rupestre</i>	12	6.74
印度囊棒恙螨 <i>Ascoschoengastia indica</i>	18	10.11
中华无前恙螨 <i>Walchia chinensis</i>	7	3.93
林谷棒六恙螨 <i>Schoengastiella ligula</i>	10	5.62
合计 Total	178	100

2.3 基于样本覆盖度的物种稀疏和外推曲线

物种稀疏曲线显示，恙螨物种数随恙螨个体数的增加呈现先快速增加，后缓慢增加的趋势，最终达到 66 种。物种外推曲线显示，随着恙螨个体数的增加，恙螨物种数无明显增长，所推测的恙螨物种数最终达到 74 种。所计算出的样本覆盖率 $C_p = 99.55\%$ ，几乎趋近于 100%（图 2）。

2.4 恙螨与宿主之间的双边关系

恙螨与宿主动物之间的可视化双边网络

图显示，恙螨与宿主动物之间相互关系比较复杂。在怒江州捕获到的 44 种鼠类等小兽中，有 25 种小兽有恙螨寄生，其中青毛巨鼠、滇绒鼠、大长尾鼯鼠、云南鼯鼠、大耳姬鼠和中国鼯鼠只有 1 种恙螨寄生，其余 19 种小兽宿主有 2 种及以上的恙螨种类寄生。有的恙螨种类只在一种宿主体表发现，但这些种类的个体数量极少，多数在 10 只以内，不具有代表性。采集数量较多的恙螨种类与其对应宿主之间双边关系的基本趋势是：一种宿主动物可以承载多种恙螨，一种恙螨种类也可以寄生在多种宿主体表，宿主特异性较低；但部分恙螨仍然表现出一定的宿主倾向性，其与宿主之间的相互关联性比较明显，以攸氏无前恙螨与黄胸鼠、缘毛背展恙螨与北社鼠之间的相关性最强（图 3）。

2.5 优势恙螨和主要媒介恙螨间的种间关系

主要恙螨和媒介恙螨之间的种间相关性热图显示，12 种恙螨两两之间呈现不同程度的相关关系（图 4）。小板纤恙螨与密点纤恙螨（*L. densipunctatum*）之间、乡野纤恙螨与密点纤恙螨之间以及中华无前恙螨（*W. chinensis*）与缘毛背展恙螨之间均表现为高度正相关（ r : 0.76 ~ 0.80, $P < 0.001$ ）。

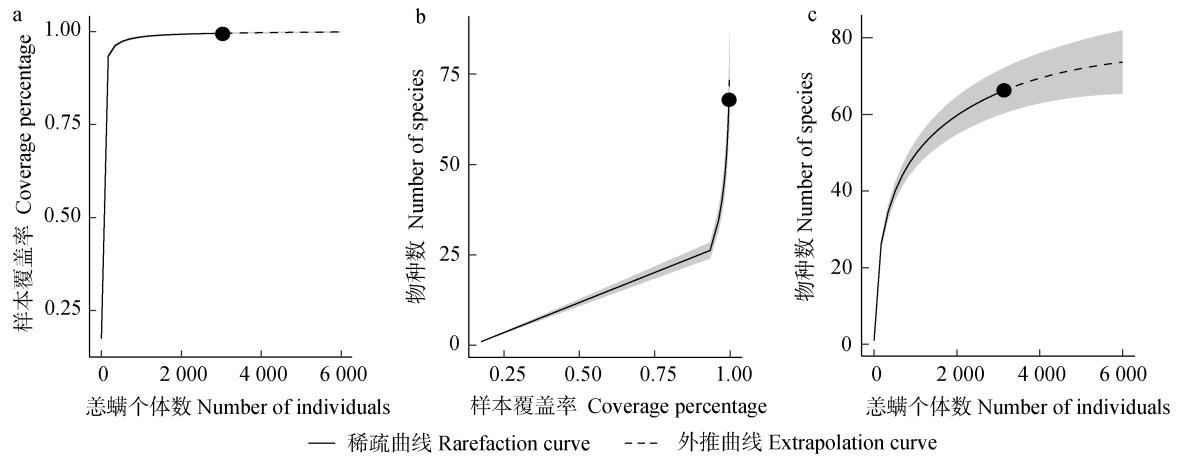


图 2 云南怒江恙螨的物种稀疏与外推曲线（2002—2022）

Fig. 2 Species rarefaction and extrapolation curves of chigger mites in Nujiang, Yunnan (2002–2022)

a. 样本覆盖率曲线；b. 基于覆盖率的物种稀疏曲线；c. 物种累积和外推曲线。
a. Sample coverage curve; b. Coverage-based species rarefaction curve; c. Species accumulation and extrapolation curve.

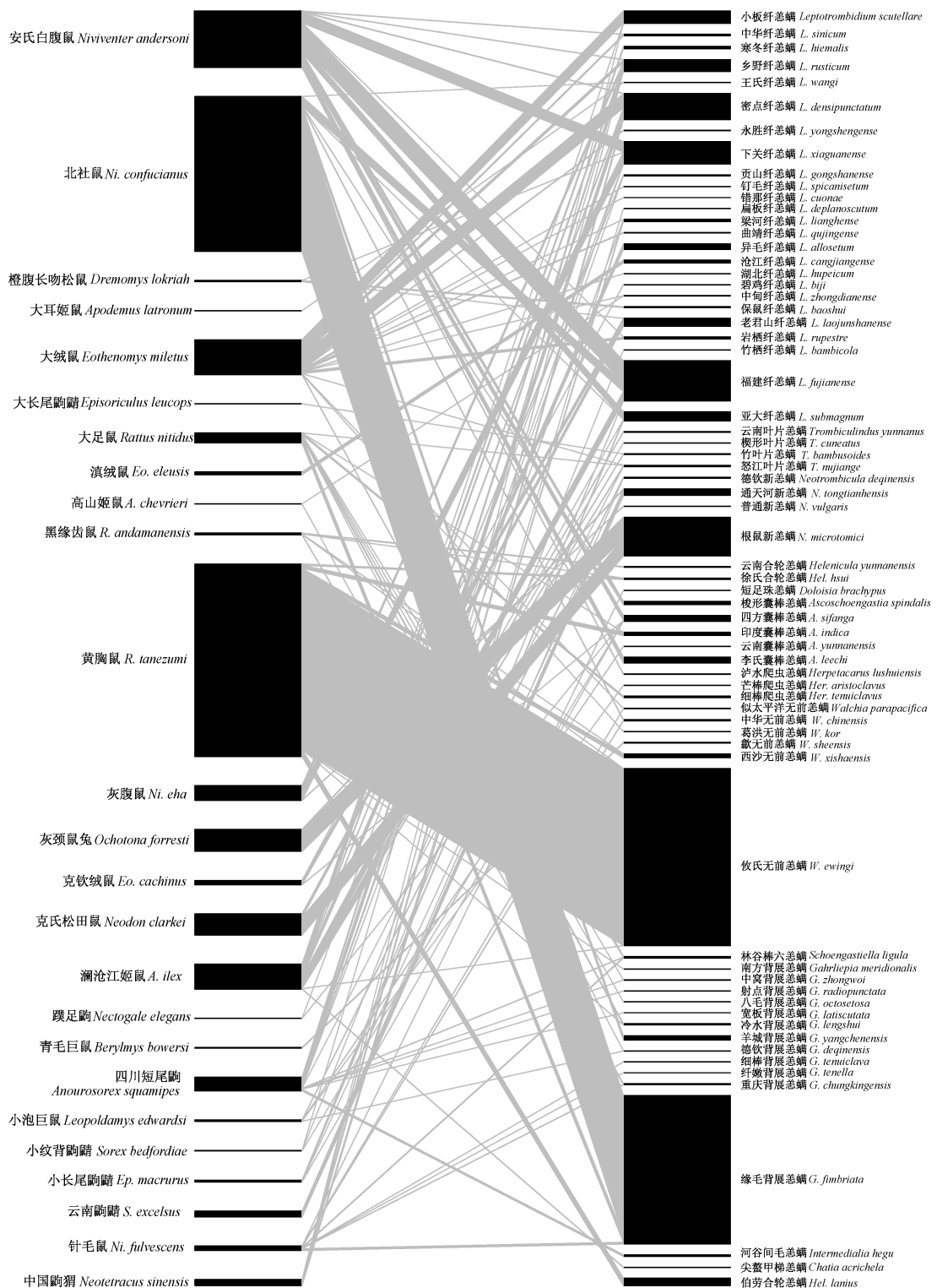


图3 云南怒江恙螨与宿主动物之间双边网络图（2002—2022）

Fig. 3 The bipartite network analysis between chigger mites and their hosts in Nujiang, Yunnan (2002–2022)

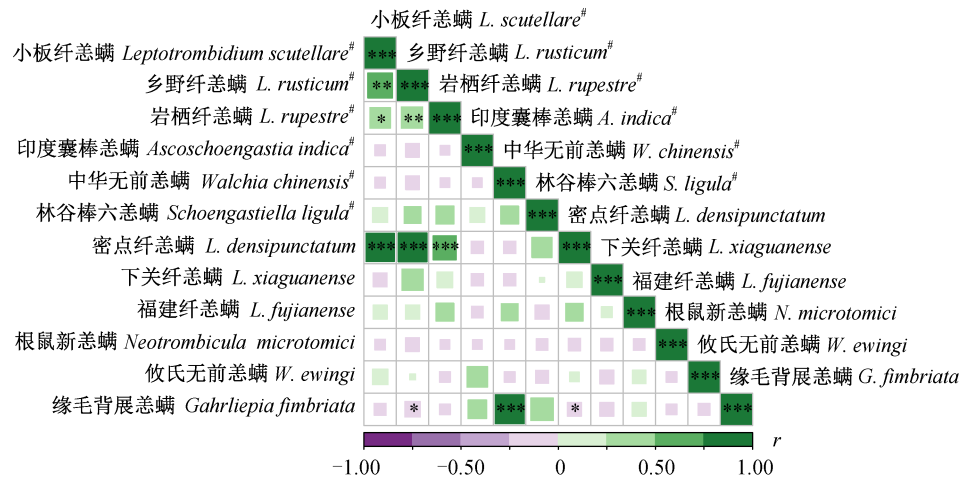


图 4 云南怒江主要恙螨和媒介恙螨的种间相关性热图

Fig. 4 Heat map of interspecific relationships between dominant and major vector chiggers in Nujiang, Yunnan (2002–2022)

“#”表示媒介和潜在媒介恙螨，浅绿色至深绿色表示程度不同的正相关，浅紫色至深紫色表示程度不同的负相关，* $P < 0.05$ ，** $P < 0.01$ ，*** $P < 0.001$ 。

“#” represents vector and potential vector chigger mite species. Light green to dark green represent varying degrees of positive correlation, while light purple to dark purple represent varying degrees of negative correlation. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ 。

3 讨论

地处云南省西北部的怒江州境内存在恙虫病等人兽共患病流行（何娟等 2020，苏丽琼等 2022），且地形地貌、生态环境和气候类型复杂多样，在怒江州开展鼠体恙螨调查研究具有重要意义。在对怒江州 4 个县（市）的现场调查、恙螨采集和分类鉴定基础上，本文报道了从怒江州所鉴定出的 2 科 3 亚科 12 属 66 种恙螨分类名录（表 1）。此前来自我国其他地区的恙螨名录显示，宁夏（白学礼等 2009）、福建（周淑娟等 2021）和东北三省（刘国平等 2003）所记载的恙螨分别是 15 种、65 种和 32 种。怒江州的恙螨物种数超过了上述各省（自治区）所记载的恙螨种数，表明怒江州的恙螨种类比较丰富，物种多样性较高，这显然与该州复杂多样的地形地貌、生态环境和气候类型有关（Li et al. 2022a, b）。本文样本覆盖率 $C_p = 99.55\%$ ，几乎趋近于 100%，表明采样充分，本文结果客观地反映了怒江州鼠体恙螨种类构

成情况。

恙螨与宿主动物之间的双边网络图显示，一种恙螨可以寄生在多种宿主体表，一种宿主动物也可以承载多种恙螨，表明恙螨的宿主特异性低（Guo et al. 2023）。但攸氏无前恙螨和黄胸鼠之间、缘毛背展恙螨和北社鼠之间的相关性较高，表明部分恙螨在宿主选择上仍具有一定的倾向性和特异性。在宿主选择上，小板纤恙螨与密点纤恙螨、乡野纤恙螨与密点纤恙螨以及中华无前恙螨与缘毛背展恙螨之间表现为高度正相关，提示这些恙螨存在同时选择同一宿主动物和种间共存的倾向（Guo et al. 2006）。

在所鉴定出的 12 个属中，纤恙螨属的数量构成比高达 26.47%（图 1）。在所鉴定出的 6 种媒介和潜在媒介恙螨中，作为我国恙虫病主要传播媒介的小板纤恙螨和潜在媒介的乡野纤恙螨的数量最多（表 2）。迄今为止的研究表明，虽然恙螨的种类繁多，但能够有效传播恙虫病的恙螨种类则十分有限，已经证实的恙虫病媒

介主要来自纤恙螨属 (Stekolnikov 2013, 吴光华等 2013)。我国恙虫病的主要传播媒介是地里纤恙螨 (*L. deliense*)、小板纤恙螨、吉首纤恙螨 (*L. sialkotense* 或 *L. jishoum*)、海岛纤恙螨 (*L. insulare*)、微红纤恙螨 (*L. rubellum*)、温氏纤恙螨或高湖纤恙螨 (*L. wenense* 或 *L. kaohuense*) 6 种 (吴光华等 2013, Xiang et al. 2022)。小板纤恙螨还被证实是肾综合征出血热 (HFRS) 的潜在传播媒介 (张云等 1998, 张云和吴光华 2003)。除了上述 6 种恙虫病主要媒介外, 我国还存在古丈纤恙螨 (*L. guzhangensis*)、英帕纤恙螨 (*L. imphalum*)、苍白纤恙螨 (*L. pallidum*)、须纤恙螨 (*L. palpale*)、富士纤恙螨 (*L. fuji*)、于氏纤恙螨 (*L. yui*)、东方纤恙螨 (*L. orientale*)、姬鼠纤恙螨 (*L. apodemi*)、居中纤恙螨 (*L. intermedium*)、临淮岗纤恙螨 (*L. linhuaikongense*)、乡野纤恙螨、岩栖纤恙螨 (*L. rupestre*)、印度囊棒恙螨 (*Ascoschoengastia indica*)、中华无前恙螨、太平洋无前恙螨 (*W. pacifica*)、林谷棒六恙螨 (*Schoengastiella ligula*) 和巨螯齿恙螨 (*Odontacarus majesticus*) 等十余种潜在媒介, 大多数也属于纤恙螨属 (吴光华 2005, Lv et al. 2020, Xiang et al. 2022, Yu et al. 2025)。在本文所鉴定出的 44 种宿主动物中, 优势宿主是高山姬鼠、黄胸鼠和四川短尾鼯, 这 3 种优势宿主是恙虫病东方体 (恙虫病病原体) 和汉坦病毒 (肾综合征出血热病原体) 等多种人兽共患病原体的动物传染源和储存宿主 (李金梅等 2009, Chen et al. 2022, Li et al. 2022, Chen et al. 2023)。怒江州境内存在高山姬鼠和黄胸鼠等动物传染源和储存宿主, 纤恙螨属的数量构成比较高, 境内并存小板纤恙螨和乡野纤恙螨等 6 种有效或潜在媒介螨种, 加上恙螨的宿主特异性低, 这就增加了该州恙虫病和肾综合征出血热等人兽共患病传播和疫源地持续保持的潜在风险。因此, 在怒江州今后的疾病监测中, 应加强对宿主动物和媒介恙螨的监测工作, 加强对恙虫病传播途径和传播媒介方面的健康宣

传教育, 提高基层医务人员 (特别是基层疾控人员) 对恙虫病媒介恙螨的检测鉴定能力, 以推进当地恙虫病及其传播媒介的预测、预警和监测防控。

参 考 文 献

- Ali Abd Al-Hameed K. 2022. Spearman's correlation coefficient in statistical analysis. *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, 13(1): 3249–3255.
- Axman W R, Brummer J J. 2003. Chigger mite infestation. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 93(5): 399–401.
- Beckett S J. 2016. Improved community detection in weighted bipartite networks. *Royal Society Open Science*, 3(1): 140536.
- Chao A, Gotelli N J, Hsieh T C, et al. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1): 45–67.
- Chen Y L, Guo X G, Ding F, et al. 2023. Infestation of oriental house rat (*Rattus tanezumi*) with chigger mites varies along environmental gradients across five provincial regions of southwest China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3): 2203.
- Chen Y L, Guo X G, Ren T G, et al. 2022. Infestation and distribution of chigger mites on Chevrieri's field mouse (*Apodemus chevrieri*) in Southwest China. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 17: 74–82.
- Ding F, Jiang W L, Guo X G, et al. 2021. Infestation and related ecology of chigger mites on the Asian house rat (*Rattus tanezumi*) in Yunnan Province, southwest China. *The Korean Journal of Parasitology*, 59(4): 377–392.
- Elliott I, Thangnimitchok N, Chaisiri K, et al. 2021. *Orientia tsutsugamushi* dynamics in vectors and hosts: ecology and risk factors for foci of scrub typhus transmission in northern Thailand. *Parasites & Vectors*, 14(1): 540.
- 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 Y, Zhou J X, Guo X G, et al. 2023. Species diversity and related ecology of chiggers on small mammals in a unique geographical

- area of Yunnan Province, southwest China. *Experimental and Applied Acarology*, 91(3): 439–461.
- Hsieh T C, Ma K H, Chao A. 2016. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12): 1451–1456.
- Kumlert R, Chaisiri K, Anantatat T, et al. 2018. Autofluorescence microscopy for paired-matched morphological and molecular identification of individual chigger mites (Acari: Trombiculidae), the vectors of scrub typhus. *PLoS One*, 13(3): e0193163.
- Li B, Guo X G, Zhao C F, et al. 2022. Infestation of chigger mites on Chinese mole shrew, *Anourosorex squamipes*, in Southwest China and ecological analysis. *Parasite*, 29: 39.
- Li Y M, Deng X L, Ji P K, et al. 2022a. Evaluation of landslide susceptibility based on CF-SVM in Nujiang Prefecture. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21): 14248.
- Li Y M, Zhao J Z, Yuan J, et al. 2022b. Constructing the ecological security pattern of Nujiang Prefecture based on the framework of “Importance-Sensitivity-Connectivity”. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17): 10869.
- Lv Y, Guo X G, Jin D C, et al. 2020. Relative abundance of a vector of scrub typhus, *Leptotrombidium sialkotense*, in southern Yunnan Province, China. *The Korean Journal of Parasitology*, 58(2): 153–159.
- Mills J N, Fulhorst C F. 2010. Small mammal-associated zoonoses. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 10(6): 547.
- Nielsen D H, Robbins R G, Rueda L M. 2021. Annotated world checklist of the Trombiculidae and Leeuwenhoeikiidae (1758–2021) (Acari: Trombiculoidea), with notes on nomenclature, taxonomy, and distribution. *Zootaxa*, 4967(1): 1–243.
- Paulraj P S, Renu G, Ranganathan K, et al. 2022. Ectoparasites diversity on rodents and shrews at scrub typhus endemic Vellore district of Tamil Nadu, India. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 16(1): 51–60.
- Peng P Y, Guo X G, Jin D C, et al. 2018. Landscapes with different biodiversity influence distribution of small mammals and their ectoparasitic chigger mites: a comparative study from southwest China. *PLoS One*, 13(1): e0189987.
- Stekolnikov A A. 2013. *Leptotrombidium* (Acari: Trombiculidae) of the world. *Zootaxa*, 3728: 1–173.
- Wilson D E, Lacher T E, Mittermeier R A. 2017. *Handbook of the Mammals of the World: vol. 7: Rodents II*. Barcelona: Lynx Edicions, 1–352.
- Xiang R, Ren T G, Guo X G. 2022. Research history and progress of six vector chigger species of scrub typhus in China. *Systematic and Applied Acarology*, 27(9): 1841–1856.
- Yu R, Guo X G, Lv Y, et al. 2025. Distribution and host selection of the chigger mite *Leptotrombidium rupestre*, a potential vector of scrub typhus, in southwest China. *Veterinary Medicine and Science*, 11(2): e70240.
- Yu X J, Tesh R B. 2014. The role of mites in the transmission and maintenance of Hantaan virus (*Hantavirus: Bunyaviridae*). *The Journal of Infectious Diseases*, 210(11): 1693–1699.
- 白学礼, 闫立民, 马英, 等. 2009. 宁夏恙螨名录. *地方病通报*, 24(2): 11–12. [Bai X L, Yan L M, Ma Y, et al. 2009. Catalogue of chigger mites in Ningxia Hui Autonomous Region. *Endemic Diseases Bulletin*, 24(2): 11–12.]
- 何娟, 赵燕, 邓成俊, 等. 2020. 云南省怒江地区 212 例恙虫病患儿临床特点分析. *中国妇幼保健*, 35(3): 462–464. [He J, Zhao Y, Deng C J, et al. 2020. Clinical characteristics of 212 children with tsutsugamushi disease in Nujiang area of Yunnan Province. *Maternal and Child Health Care of China*, 35(3): 462–464.]
- 黄文几, 陈延熹, 温业新. 1995. *中国啮齿类*. 上海: 复旦大学出版社, 1–286. [Huang W J, Chen Y X, Wen Y X. 1995. *Rodents in China*. Shanghai: Fudan University Press, 1–286.]
- 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, 1–570. [Li J C. 1997. *Research on the Vectors and Pathogens of Tsutsugamushi Disease Caused by Chigger Mites in China*. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1–570.]
- 李朝品. 2006. *医学蜱螨学*. 北京: 人民军医出版社, 1–405. [Li C P. 2006. *Medical Acarology*. Beijing: People's Military Medical Press, 1–405.]
- 李金梅, 张海林, 杨卫红, 等. 2009. 2007 年云南省汉坦病毒宿主动物及其基因分型研究. *地方病通报*, 24(6): 1–7, 11. [Li J M, Zhang H L, Yang W H, et al. 2009. Study on host animals and their genotyping of hantavirus in Yunnan Province of China in

2007. *Endemic Diseases Bulletin*, 24(6): 1–7, 11.]
- 刘国平, 李东力, 陈春田, 等. 2003. 我国东北三省的恙螨. 中国媒介生物学及控制杂志, 14(6): 444–446. [Liu G P, Li D L, Chen C T, et al. 2003. Chigger mites from three provinces of Northeast China. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 14(6): 444–446.]
- 刘小虎, 任天广. 2022. 中国恙螨新种及新纪录名录. 中国热带医学, 22(6): 512–516. [Liu X H, Ren T G. 2022. The list of new species and new record chigger mites in China. *China Tropical Medicine*, 22(6): 512–516.]
- Smith A, 解焱. 2009. 中国兽类野外手册. 长沙: 湖南教育出版社, 31–184. [Smith A, Xie Y. 2009. *A Field Guide to the Mammals of China*. Changsha: Hunan Education Press, 31–184.]
- 苏丽琼, 段彪, 杨智明, 等. 2022. 云南省 2019 年鼠疫主要宿主动物及媒介种群监测. 中国热带医学, 22(3): 212–217. [Su L Q, Duan B, Yang Z M, et al. 2022. A surveillance investigation of major host animal and vector populations of Yunnan plague in 2019. *China Tropical Medicine*, 22(3): 212–217.]
- 魏辅文. 2022. 中国兽类分类与分布. 北京: 科学出版社, 1–622. [Wei F W. 2022. *Taxonomy and Distribution of Mammals in China*. Beijing: Science Press, 1–622.]
- 吴光华. 2005. 我国恙虫病媒介恙螨的调查研究. 中国媒介生物学及控制杂志, 16(6): 485–487. [Wu G H. 2005. Investigation and research on the chigger mites as vectors of scrub typhus in China. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 16(6): 485–487.]
- 吴光华, 姜志宽, 王莉, 等. 2013. 我国恙虫病媒介恙螨的依据与鉴定. 中华卫生杀虫药械, 19(4): 286–292. [Wu G H, Jiang Z K, Wang L, et al. 2013. Basis and identification of chigger mites as vectors of scrub typhus in China. *Chinese Journal of Hygienic Insecticides & Equipments*, 19(4): 286–292.]
- 张云, 吴光华. 2003. 肾综合征出血热传播途径的研究. 中华流行病学杂志, 24(4): 314–316. [Zhang Y, Wu G H. 2003. Research on the transmission routes of hemorrhagic fever with renal syndrome. *Chinese Journal of Epidemiology*, 24(4): 314–316.]
- 张云, 朱进, 李先富, 等. 1998. 原位分子杂交法检测恙螨体内肾综合征出血热病毒核酸的研究. 中国病毒学, 13(1): 40–44. [Zhang Y, Zhu J, Li X F, et al. 1998. Detection of hemorrhagic fever with renal syndrome virus RNA in chigger mite by *in situ* hybridization. *Virologica Sinica*, 13(1): 40–44.]
- 周淑姮, 韩腾伟, 王加熊, 等. 2021. 福建省部分地区野栖鼠体表寄生恙螨的物种多样性调查. 中国人兽共患病学报, 37(6): 511–519. [Zhou S H, Han T W, Wang J X, et al. 2021. Investigation of chigger mite species diversity parasitizing wild rodents in some areas of Fujian Province. *Chinese Journal of Zoonoses*, 37(6): 511–519.]