

## 云南省 34 个县市黄胸鼠和褐家鼠体表寄生蚤调查

吴爱国<sup>1</sup>, 钟佑宏<sup>1</sup>, 李玉琼<sup>1</sup>, 吴鹤松<sup>1</sup>, 浦恩念<sup>1</sup>, 高子厚<sup>1</sup>, 刘正祥<sup>1</sup>, 林恭华<sup>2\*</sup>

(1. 云南省地方病防治所, 云南大理 671000; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810008)

**摘要:** 目的 调查云南省黄胸鼠 *Rattus flavipectus* 和褐家鼠 *R. norvegicus* 体表寄生蚤的感染情况, 为云南省鼠疫防控提供科学依据。方法 2012 年 7 月—2013 年 11 月, 在云南省 34 个县市随机选取采样点, 笼捕法采集黄胸鼠和褐家鼠, 收集并鉴定体表寄生蚤, 统计宿主和蚤类物种组成、染蚤率、蚤指数, 并根据蚤种组成进行分层聚类。结果 采集鼠类 842 只, 其中黄胸鼠 714 只、褐家鼠 128 只; 共检获体表寄生蚤 3227 匹, 涵盖 10 个已知蚤种, 其中, 印鼠客蚤 *Xenopsylla cheopis* 和缓慢细蚤 *Leptopsylla segnis* 为优势物种。黄胸鼠和褐家鼠的染蚤率分别为 48.88% 和 53.91%, 2 种鼠的总体蚤指数为 3.83 匹/只, 其中有 16 个县市的印鼠客蚤指数 > 1。聚类分析将所有样点聚成 3 大支系: A 支系印鼠客蚤占优势, 主要分布于云南省南部地区; B 支系优势种不明显或具有其他蚤种, 分布于云南省中部地区; C 支系缓慢细蚤占优势, 分布于云南省北部地区。结论 印鼠客蚤和缓慢细蚤是云南省主要蚤种, 在接近半数地区印鼠客蚤指数 > 1, 防疫形势非常严峻。云南省黄胸鼠和褐家鼠体表蚤区系组成具有一定的地带性, 其中南部地区为印鼠客蚤优势分布区, 可视为媒介监测和防控的重点区域。

**关键词:** 云南省; 黄胸鼠; 褐家鼠; 印鼠客蚤; 缓慢细蚤; 鼠疫防控

中图分类号: Q969; Q959.837 文献标志码: A 文章编号: 1000-7083(2015)01-0053-06

## Survey of Ectoparasitic Fleas on *Rattus flavipectus* and *Rattus norvegicus* from 34 Counties in Yunnan Province, China

WU Aiguo<sup>1</sup>, ZHONG Youhong<sup>1</sup>, LI Yuqiong<sup>1</sup>, WU Hesong<sup>1</sup>, PU Ennian<sup>1</sup>,  
GAO Zihou<sup>1</sup>, LIU Zhengxiang<sup>1</sup>, LIN Gonghua<sup>2\*</sup>

(1. Yunnan Institute of Endemic Diseases Control and Prevention, Dali, Yunnan Province 671000, China;

2. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China)

**Abstract: Objective** To provide scientific basis for plague control in Yunnan province, China, we investigated the flea infestation on *Rattus flavipectus* and *R. norvegicus*. **Methods** The investigation was conducted between July 2012 and November 2013. Rats were live trapped from 34 counties in Yunnan. The compositions of rats and fleas, the flea prevalence, and the average flea abundance were calculated; the counties were clustered according to the flea compositions. **Results** A total of 842 rats (714 *R. flavipectus* and 128 *R. norvegicus*) were trapped and 3227 fleas were collected. Among of which, 10 flea species were identified, and *Xenopsylla cheopis* and *Leptopsylla segnis* were the dominant species. The overall flea prevalence of *R. flavipectus* and *R. norvegicus* were 48.88% and 53.91%, respectively; the average flea abundance of all the rats was 3.83 fleas per host; 16 counties had an average flea abundance over 1. The clustering analysis showed that 34 counties could be divided into 3 clades: clade A with *X. cheopis* as the dominant flea species; clade B with no dominant species or with species other than *X. cheopis* and *L. segnis*; clade C with *L. segnis* as the dominant flea species. **Conclusion** *X. cheopis* and *L. segnis* were the dominant flea species on rats in Yunnan, and nearly half of the 34 counties had average flea abundance over 1, indicating a poor plague control situation in Yunnan. The flea infestations on *R. flavipectus* and *R. norvegicus* in Yunnan had a considerable zonality: the southern regions of the province were dominated by *X. cheopis* and thus should be the key regions for plague monitor and control.

**Key words:** Yunnan province; *Rattus flavipectus*; *Rattus norvegicus*; *Xenopsylla cheopis*; *Leptopsylla segnis*; plague control

鼠疫是由鼠疫耶尔森氏菌 *Yersinia pestis* 引起的 自然疫源性甲类烈性传染病, 历史上曾发生过 3 次世

收稿日期: 2014-07-10 接受日期: 2014-09-25 基金项目: 国家自然科学基金项目(81260416, 31101628)

作者简介: 吴爱国(1958—), 主任技师, 研究方向: 医学动物生态及动物分子生态, E-mail: wuaiguo698@163.com

\* 通信作者 Corresponding author, E-mail: lingonghua@nwpb.cas.cn

界性人间鼠疫的大流行,夺走近 2 亿人的生命,给世界经济和人民生活带来巨大的灾难(Perry & Fetherston, 1997; 贺雄,王虎, 2010)。20 世纪 80、90 年代以来,鼠疫在全球范围内呈现出一种活跃态势,发病国家、地区和患病人数的不断增加标志着这种古老的传染病开始死灰复燃成为重新抬头的传染病(Duplantier *et al.*, 2005; Stenseth *et al.*, 2008)。

云南省鼠疫流行历史悠久,是我国人间鼠疫的高发地区,历史上曾造成近百万人口死亡。1956 年以后该地区人间鼠疫停止流行,处于相对静息状态。家鼠鼠疫疫源地自 1982 年起在滇西的德宏州复燃后,于 1986 年 7 月在该州的盈江县出现首例人间病例。迄今为止,有 11 个州(市)的 46 县(市)证实有动物鼠疫流行,其中有 29 个县(市)波及到人。截至 2006 年,该疫源地内共发现鼠疫病例 507 例,占云南省两型鼠疫疫源地病例数的 99%,占全国同期病例的 58.5%,是 20 多年来我国鼠疫发病最多的地区(李俊勇等 2008)。

现代流行病学认为,鼠疫具有自然疫源性的特点(俞东征 2009)。鼠疫在自然疫源地的野生啮齿动物种群中长期持续存在,通过蚤类由一只动物传给另一只(Gage & Kosoy 2005);当鼠疫从野生动物直接或间接传染给人,即发生人间鼠疫事件。黄胸鼠 *Rattus flavipectus* 和褐家鼠 *R. norvegicus* 是云南省主要疫源动物,由于这 2 种动物的家栖属性,其体表寄生蚤类可能导致严重的人间鼠疫流行。因此,调查这 2 种动物体表寄生蚤的组成,将为本地区的鼠疫防控提供重要的科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 样本采集

2012 年 7 月—2013 年 11 月,在云南省 34 个县(市)随机选取采样点。调查当晚分别于所调查点用鼠笼加食饵诱捕鼠类,所捕获个体处死后迅速置于装有氯仿的大号自封袋中,静置 10 min 后收集所有体表蚤类。对鼠类个体依据形态、毛色等特征进行常规物种鉴定,仅采集黄胸鼠和褐家鼠 2 个物种;采集到的体表所有蚤类在光学显微镜下分别鉴定到种。

### 1.2 统计处理

调查数据采用 Excel 软件进行整理,用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析。统计宿主物种组成、染蚤率(染蚤个体数/总个体数 $\times 100\%$ )、蚤指数(蚤个体数/鼠个体数)。由于黄胸鼠和褐家鼠及其蚤类

对人类的健康威胁方面具有相似性,在统计体表蚤感染率和感染强度时,将 2 个物种合并处理。用分层聚类分析(Hierarchical Cluster Analysis)对各样点的蚤种组成进行聚类,聚类过程采用非参数的卡方检验(Chi-Squared Test),其他设置采用 SPSS 默认参数。由于本地区印鼠客蚤 *Xenopsylla cheopis* 和缓慢细蚤 *Leptopsylla segnis* 占绝对优势,其他蚤类数量极少,因此将其他蚤统一合并处理。

## 2 结 果

### 2.1 寄生蚤组成特征

在 34 个样点中共捕获黄胸鼠 714 只、褐家鼠 128 只(表 1)。共检获体表寄生蚤 3227 匹,涵盖 10 个已知蚤种(另有 2 匹物种信息未知),包括印鼠客蚤、缓慢细蚤、不等单蚤 *Monopsyllus anisus*、绒鼠怪蚤 *Paradoxopsyllus custodis*、猫栉首蚤 *Ctenocephalides felis*、棕形额蚤 *Frontopsylla spadix*、人蚤 *Pulex irritans*、近端远棒蚤二刺亚种 *Aviostivalius klossi bispini-formis*、内曲古蚤 *Palaeopsylla incurva*、特新蚤 *Neopsylla specialis*。黄胸鼠共检获体表蚤 2526 匹,其中,印鼠客蚤比例最高(74.94%),缓慢细蚤次之(23.99%);褐家鼠共检获体表蚤 701 匹,其中,缓慢细蚤比例最高(67.90%),印鼠客蚤次之(30.53%)。各县市蚤类数量信息在表 1 中列出,各种蚤类总体数量信息在表 2 中列出。

714 只黄胸鼠中 349 只检获体表蚤,染蚤率为 48.88%;128 只褐家鼠中 69 只检获体表蚤,染蚤率为 53.91%。将 2 种鼠合并计算,总体染蚤率为 49.64%,龙陵县染蚤率最高(100%),马关县(83.33%)和镇沅县(77.27%)次之,金平县和昆明市染蚤率最低(均为 0%)。2 种鼠的总体蚤指数为 3.83 匹/只,蚤指数最高的是景洪市(15.78)、富民县(15.17)和马关县(11.31),最低的是昆明市(0)、金平苗族瑶族傣族自治县(0)和弥勒苗族瑶族傣族自治县(0.15)。各县(市)体表蚤感染情况在表 3 中列出。

### 2.2 寄生蚤区系分布

聚类分析显示,所有样点聚成 3 大支系(图 1)。镇康等 16 个县聚为一支(A 支系),特点为印鼠客蚤占优势;澄江等 10 个县聚为一支(B 支系),特点为优势种不明显或具有其他蚤种;罗平等 8 个县聚为一支(C 支系),特点为缓慢细蚤占优势。在空间分布上,A 支系主要在云南省南部地区,B 支系主要在云南省中部,C 支系则主要在云南省北部地区(图 2)。

表 1 各县市鼠类和蚤类数量组成  
Table 1 Numbers of rats and fleas

县(市) County	鼠类数量 Number of rats			蚤类数量 Number of fleas			
	黄胸鼠 <i>Rattus flavipectus</i>	褐家鼠 <i>Rattus norvegicus</i>	合计 Sum	印鼠客蚤 <i>Xenopsylla cheopis</i>	缓慢细蚤 <i>Leptopsylla segnis</i>	其他蚤 Others	合计 Sum
昌宁 Changning	19	0	19	5	35	0	40
澄江 Chengjiang	4	0	4	1	4	2	7
大理 Dali	28	9	37	0	23	0	23
凤庆 Fengqing	12	0	12	3	0	7	10
福贡 Fugong	56	0	56	7	296	9	312
富民 Fumin	6	0	6	16	75	0	91
江城 Jiangcheng	18	0	18	16	0	1	17
金平 Jinping	20	0	20	0	0	0	0
景东 Jingdong	14	0	14	19	3	0	22
景洪 Jinghong	74	0	74	1168	0	0	1168
昆明 Kunming	0	7	7	0	0	0	0
澜沧 Lancang	13	0	13	14	0	0	14
梁河 Lianghe	31	0	31	26	19	0	45
龙陵 Longling	16	0	16	102	2	0	104
泸水 Lushui	57	0	57	177	0	0	177
泸西 Luxi	3	6	9	2	44	0	46
罗平 Luoping	15	0	15	0	9	0	9
马关 Maguan	15	33	48	77	456	10	543
勐海 Menghai	14	0	14	15	0	0	15
勐腊 Mengla	11	0	11	6	0	0	6
弥勒 Mile	19	1	20	3	0	0	3
墨江 Mojiang	6	21	27	60	0	1	61
南华 Nanhua	11	2	13	0	48	0	48
丘北 Qiubei	18	23	41	31	33	0	64
石屏 Shipin	56	1	57	10	2	1	13
双江 Shuangjiang	15	0	15	3	0	0	3
腾冲 Tengchong	21	0	21	10	16	5	31
通海 Tonghai	7	2	9	10	0	0	10
西蒙 Ximeng	20	0	20	46	0	0	46
砚山 Yanshan	16	0	16	28	0	0	28
盈江 Yingjiang	28	0	28	31	17	2	50
元江 Yuanjiang	22	23	45	115	0	0	115
镇康 Zhenkang	27	0	27	65	0	0	65
镇沅 Zhenyuan	22	0	22	41	0	0	41
合计 Sum	714	128	842	2107	1082	35	3227

表 2 黄胸鼠和褐家鼠体表蚤组成

Table 2 Flea composition on *Rattus flavipectus* and *Rattus norvegicus*

蚤种类 Flea species	黄胸鼠 <i>R. flavipectus</i>	褐家鼠 <i>R. norvegicus</i>	合计 Sum
印鼠客蚤 <i>Xenopsylla cheopis</i>	1893	214	2107
缓慢细蚤 <i>Leptopsylla segnis</i>	606	476	1082
不等单蚤 <i>Monopsyllus anisus</i>	4	10	14
绒鼠怪蚤 <i>Paradoxopsyllus custodis</i>	8	0	8
猫栉首蚤 <i>Ctenocephalides felis</i>	7	0	7
棕形额蚤 <i>Frontopsylla spadix</i>	3	0	3
人蚤 <i>Pulex irritans</i>	1	0	1
近端远棒蚤二刺亚种 <i>Aviostivalius klossi bispiniiformis</i>	1	0	1
内曲古蚤 <i>Palaeopsylla incurva</i>	1	0	1
特新蚤 <i>Neopsylla specialis</i>	1	0	1
待定种 Unknown species	1	1	2
合计 Total	2526	701	3227

### 3 讨论

云南省是鼠疫高发地区,目前已有许多关于省内媒介蚤类的研究(吴爱国等,2008;张胜勇等,2009)。然而,现有的研究大多只针对少数几个地区开展调查,难以反映云南省蚤类分布的总体规律。本研究对 34 个县(市)展开调查,涉及云南省多数鼠疫流行区,为系统了解本省黄胸鼠和褐家鼠的蚤类分布状况提供了基础资料,进而为本省的鼠疫防控提供重要的参考依据。

本研究显示,云南省黄胸鼠和褐家鼠体表蚤类以印鼠客蚤和缓慢细蚤为主,而其他蚤类总和所占比例不到 2%。印鼠客蚤很早就被认为与鼠疫流行

表 3 各县市印鼠客蚤、缓慢细蚤及所有蚤的感染率和感染强度  
Table 3 List of the flea prevalence and the average flea abundance of *Xenopsylla cheopis*, *Leptopsylla segnis*, and the total

县(市) County	感染率 Flea prevalence/%			感染强度 Average flea abundance		
	印鼠客蚤 <i>X. cheopis</i>	缓慢细蚤 <i>L. segnis</i>	所有蚤 Total	印鼠客蚤 <i>X. cheopis</i>	缓慢细蚤 <i>L. segnis</i>	所有蚤 Total
	昌宁 Changning	5.26	63.16	68.42	0.26	1.84
澄江 Chengjiang	25.00	50.00	75.00	0.25	1.00	1.75
大理 Dali	0.00	24.32	24.32	0.00	0.62	0.62
凤庆 Fengqing	16.67	0.00	41.67	0.25	0.00	0.83
福贡 Fugong	12.50	48.21	57.14	0.13	5.29	5.57
富民 Fumin	33.33	66.67	66.67	2.67	12.50	15.17
江城 Jiangcheng	27.78	0.00	33.33	0.89	0.00	0.94
金平 Jinping	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
景东 Jingdong	57.14	14.29	57.14	1.36	0.21	1.57
景洪 Jinghong	72.97	0.00	72.97	15.78	0.00	15.78
昆明 Kunming	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
澜沧 Lancang	76.92	0.00	76.92	1.08	0.00	1.08
梁河 Lianghe	29.03	12.90	38.71	0.84	0.61	1.45
龙陵 Longling	100.00	12.50	100.00	6.38	0.13	6.50
泸水 Lushui	66.67	0.00	66.67	3.11	0.00	3.11
泸西 Luxi	11.11	22.22	33.33	0.22	4.89	5.11
罗平 Luoping	0.00	13.33	13.33	0.00	0.60	0.60
马关 Maguan	47.92	81.25	83.33	1.60	9.50	11.31
勐海 Menghai	71.43	0.00	71.43	1.07	0.00	1.07
勐腊 Mengla	27.27	0.00	27.27	0.55	0.00	0.55
弥勒 Mile	5.00	0.00	5.00	0.15	0.00	0.15
墨江 Mojiang	51.85	0.00	51.85	2.22	0.00	2.26
南华 Nanhua	0.00	38.46	38.46	0.00	3.69	3.69
丘北 Qiubei	41.46	31.71	56.10	0.76	0.80	1.56
石屏 Shipin	3.51	1.75	5.26	0.18	0.04	0.23
双江 Shuangjiang	13.33	0.00	13.33	0.20	0.00	0.20
腾冲 Tengchong	9.52	14.29	28.57	0.48	0.76	1.48
通海 Tonghai	44.44	0.00	44.44	1.11	0.00	1.11
西蒙 Ximeng	65.00	0.00	65.00	2.30	0.00	2.30
砚山 Yanshan	75.00	0.00	75.00	1.75	0.00	1.75
盈江 Yingjiang	42.86	21.43	46.43	1.11	0.61	1.79
元江 Yuanjiang	44.44	0.00	44.44	2.56	0.00	2.56
镇康 Zhenkang	62.96	0.00	62.96	2.41	0.00	2.41
镇沅 Zhenyuan	77.27	0.00	77.27	1.86	0.00	1.86

相关,同时也就可能导致人间鼠疫的发生,是鼠疫监测方面的重要指标(Gage & Kosoy 2005)。相反,缓慢细蚤作为鼠疫媒介的意义不大(吴明寿等, 1993)。研究显示,印鼠客蚤在宿主主体上的指数高于 1 时,鼠疫流行风险会大大增加,因此世界卫生组织建议将印鼠客蚤指数 = 1 作为鼠疫流行风险的判定标准之一(Dennis *et al.*, 1999)。本次调查中有 16 个县(市)印鼠客蚤指数大于 1(表 3),意味着云南省鼠疫防治形势仍然非常严峻,必须加强对相关地区的鼠疫防控工作。此外,本研究显示,黄胸鼠的体

表蚤以印鼠客蚤为主,而褐家鼠则主要感染缓慢细蚤,因此黄胸鼠的调查防控应予重点考虑。

云南省地处低纬度高海拔地区,经历了大陆漂移及合并、海退、海侵、青藏高原隆起、第四纪冰川南侵,以及间冰期等自然历史过程,经历了由于降水导致的强烈切蚀过程。沧海桑田的历史巨变造就了云南省十分复杂的生物区系特征。复杂的地质地貌条件,加之鼠疫流行规律本身的复杂性,导致对本地区鼠疫发生规律难以有效把握。现有资料显示,云南省黄胸鼠鼠疫疫点在空间分布和流行发生时间上都

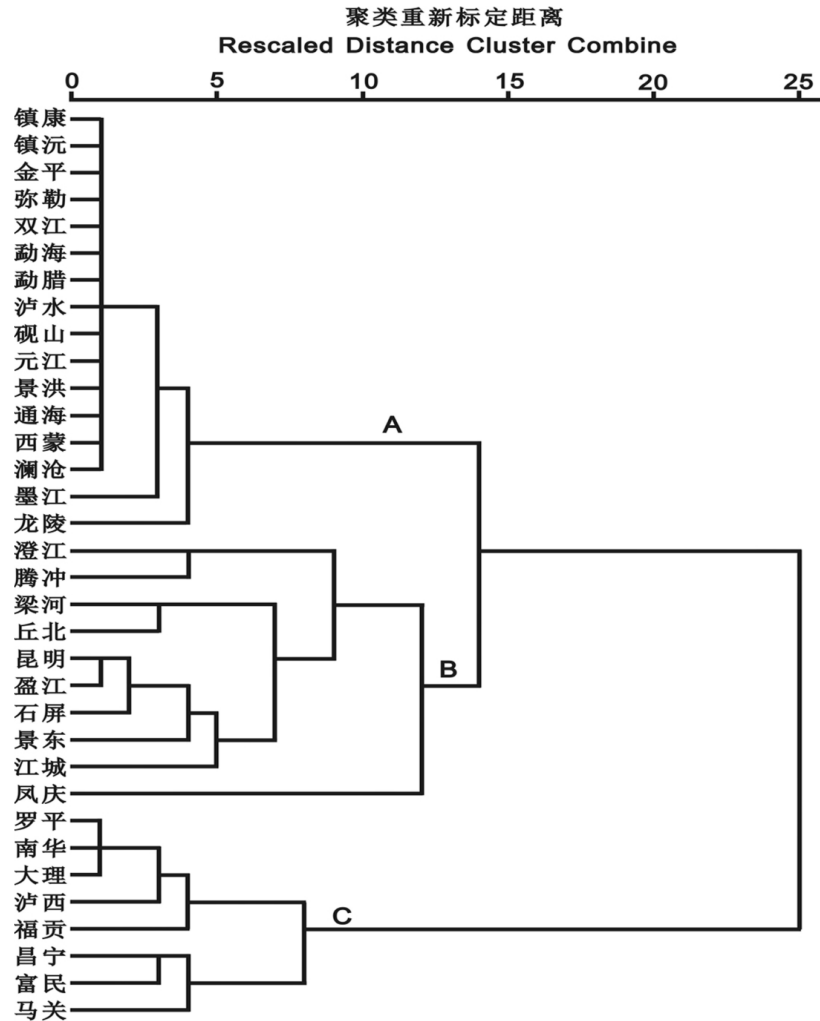


图1 黄胸鼠和褐家鼠体表蚤组成的聚类分析

Fig. 1 Clustering analysis of the fleas on *Rattus flavipectus* and *Rattus norvegicus*

A 为印鼠客蚤占优势, B 为优势种不明显或具有其他蚤种, C 为缓慢细蚤占优势。

Clade A. *Xenopsylla cheopis* as the dominant flea species, Clade B. no dominant species or with species other than *Xenopsylla cheopis* and *Leptopsylla segnis*, Clade C. *Leptopsylla segnis* as the dominant flea species.

相对孤立、分散,没有明显的规律可循(杨春光等, 2007; 俞东征, 2009)。这就使疫情监测变得极为被动,严重阻碍了鼠疫防控措施的有效开展。本研究中的区系分析显示,云南省南部区域印鼠客蚤占优势,北部缓慢细蚤占优势,而中部则介于上述两者之间,表明 2 种鼠体表蚤的组成存在一定的地理地带性。

印鼠客蚤和缓慢细蚤都属于世界广布种,在云南省所有动物地理小区都有分布(张胜勇等, 2008),然而两者在生态学属性上却有显著差异。印鼠客蚤属于温暖季节蚤种,通常分布在温湿度较高的区域;而缓慢细蚤则喜好相对寒冷的环境,在冬季繁殖最盛(吴厚永等, 2007)。理论上讲,印鼠客蚤在温湿度较高的云南省南部地区有生存优势,缓慢细蚤则在气温相对较低的云南省北部地区有生存优

势。而云南省中部地区属于 2 种蚤的交汇区域,优势种不明显,这就给其他蚤类提供一定的生存空间。我们认为,本研究中呈现的云南省蚤类区系特征是不同蚤种的生态学属性与云南省气候分布格局相互作用的结果。值得一提的是,云南省南部区域是鼠疫发生的重灾区(赵斌, 2008),推测与这一地区印鼠客蚤占优势有内在联系。

需要指出的是,蚤类群落不同年份、不同季节会有所波动(吴爱国等, 1997; 杨艾琳等, 2014)。尽管本研究调查了 34 个县(市),然而由于经费和人力的制约,本研究在样本量、时间同步性方面仍有许多不足之处。对云南省蚤类进行更加系统和准确的调查,可为进一步揭示鼠疫发生规律提供更加充足的证据。

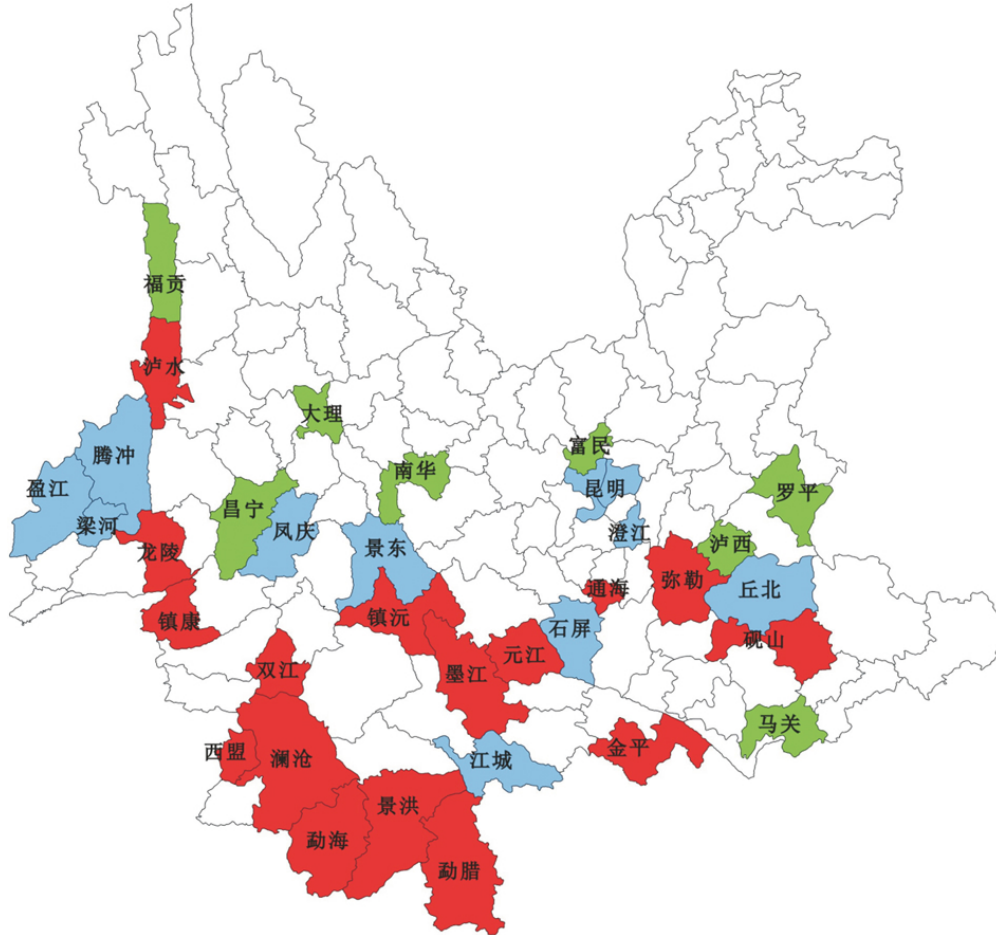


图 2 本研究涉及的 34 个县市分布  
 Fig. 2 Distribution of the 34 counties of this study  
 红色表示 A 支系, 蓝色表示 B 支系, 绿色表示 C 支系。  
 Red. Clade A, blue. Clade B, green. Clade C.

参考文献:

贺雄,王虎. 2010. 现代鼠疫概论[M]. 北京: 科学出版社.  
 李俊勇,董兴齐,赵文红,等. 2008. 1986—2006 年云南省家鼠鼠疫疫源地人间鼠疫流行病学分析[J]. 中国地方病学杂志, 27(2): 210-212.  
 吴爱国,李天元,冯建孟,等. 2008. 中国滇西家鼠鼠疫宿主及媒介群落结构差异的流行病学意义[J]. 中华流行病学杂志, 29(4): 346-350.  
 吴爱国,张希昆. 1997. 滇西四县(市)居民区室内黄胸鼠体表蚤类群落生态的比较研究[J]. 生态学报, 16(3): 23-30.  
 吴厚永,刘泉,鲁亮,等. 2007. 中国动物志 昆虫纲 蚤目(第二版)[M]. 北京: 科学出版社.  
 吴明寿,何晋候,赵文红,等. 1993. 缓慢细蚤传播鼠疫媒介效能的研究[J]. 中国地方病防治杂志, 8(3): 147-148.  
 杨艾琳,杨孔,刘伟,等. 2014. 四川鼠疫疫源地青海田鼠巢蚤群落结构及其动态[J]. 四川动物, 33(2): 190-194.  
 杨春光,赵文红,董兴齐. 2007. 云南省家鼠鼠疫流行特征与强度分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 18(3): 226-229.

俞东征. 2009. 鼠疫动物流行病学[M]. 北京: 科学出版社.  
 张胜勇,郭宪国,龚正达,等. 2008. 云南蚤类区系及分布特征[J]. 昆虫学报, 51(9): 967-973.  
 张胜勇,郭宪国,龚正达,等. 2009. 云南省 19 个县市黄胸鼠体表蚤类种类调查[J]. 中国热带医学, 9(8): 1406-1407.  
 赵斌. 2008. 1991—2007 年云南家鼠疫源地鼠疫监测及相关因素分析[D]. 长春: 吉林大学.  
 Dennis DT, Gage KL, Gratz N, et al. 1999. Plague manual: epidemiology distribution surveillance and control [M]. Geneva: World Health Organization.  
 Duplantier JM, Duchemin JB, Chanteau S, et al. 2005. From the recent lessons of the Malagasy foci towards a global understanding of the factors involved in plague reemergence[J]. Veterinary Research, 36(3): 437-453.  
 Gage KL, Kosoy MY. 2005. Natural history of plague: Perspectives from more than a century of research [J]. Annual Review of Entomology, 50: 505-528.  
 Perry RD, Fetherston JD. 1997. Yersinia pestis—etiologic agent of plague [J]. Clinical Microbiology Reviews, 10(1): 35-66.  
 Stenseth NC, Atshabar BB, Begon M, et al. 2008. Plague: past, present, and future[J]. PLoS Medicine, 5(1): 9-13.