

中国-缅甸边境地区微小按蚊种群密度及其生态习性调查

张少森¹, 周水森¹, 周正斌¹, 王学忠², 蒋伟康¹, 施文琦¹, 杨源和³, 尹授钦³,
李希尚³, 王加志³, 李胜国³, 张仪¹, 周晓农¹

1 中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所, 卫生部寄生虫病原与媒介生物学重点实验室, 科技部国家级热带病国际联合研究中心, 世界卫生组织热带病合作中心, 上海 200025; 2 云南省寄生虫病防治研究所, 云南 普洱 665000; 3 腾冲市疾病预防控制中心, 云南 腾冲 679100

摘要: **目的** 了解我国云南省中国-缅甸(中缅)边境地区微小按蚊种群密度及其生态习性, 为该地区疟疾输入继发传播风险评估及制定有针对性的媒介控制措施提供科学数据。 **方法** 选择云南省中缅边境地区腾冲市的 5 个乡镇作为调查点, 每个乡选取 2 个自然村, 于 2015 年 5—12 月开展现场调查。采用诱蚊灯诱捕法、双帐人诱法通宵监测微小按蚊种群密度及其叮人习性, 通过定人、定时、定点的人工捕获法, 对成蚊的生态习性、蚊幼虫密度及其孳生地进行调查; 利用多重 PCR 方法鉴定成蚊的胃血来源。 **结果** 共捕获按蚊 4 089 只, 经形态学鉴定分别为中华按蚊、微小按蚊、带足按蚊、库态按蚊、美彩按蚊、银足按蚊和多斑按蚊, 以中华按蚊(2 055/4 089, 50.26%)、带足按蚊(1 315/4 089, 32.16%)和微小按蚊(563/4 089, 13.77%)为优势种。微小按蚊密度高峰在 9 月, 其中牛房和人房蚊密度分别为 32.70 和 12.20 只/(灯·夜), 叮人率为 2.0 只/(人·夜)。微小按蚊在日落后通宵均有吸血活动, 吸血场所以牛房为主, 人房与牛房捕获吸血的微小按蚊比例为 1:10。微小按蚊偏吸牲畜血, 人血指数为 0.23。在孳生地共捕获蚊幼虫 423 条, 以池塘捕获数量最多, 为 266 条。 **结论** 腾冲市经过长期的疟疾防治工作, 微小按蚊种群数量得到了有效控制, 但蚊种的部分生态习性可能发生改变, 还需继续加强监测。

关键词: 微小按蚊; 中国-缅甸边境; 疟疾; 媒介调查

中图分类号: R384.1 文献标志码: A 文章编号: 1003-8280(2017)03-0216-05

DOI: 10.11853/j.issn.1003.8280.2017.03.005

Investigation on population density and bionomics of *Anopheles minimus* in China-Myanmar border

ZHANG Shao-sen¹, ZHOU Shui-sen¹, ZHOU Zheng-bin¹, WANG Xue-zhong², JIANG Wei-kang¹, SHI Wen-qi¹,
YANG Yuan-he³, YIN Shou-qin³, LI Xi-shang³, WANG Jia-zhi³, LI Sheng-guo³, ZHANG Yi¹, ZHOU Xiao-nong¹

1 Key Laboratory of Parasite and Vector Biology, Ministry of Health, National Institute of Parasitic Disease, Chinese Center for Disease Control and Prevention, National Center for International Research on Tropical Diseases, Ministry of Science and Technology, WHO Collaborating Center for Tropical Diseases, Shanghai 200025, China; 2 Yunnan Provincial Institute of Parasitic Diseases; 3 Tengchong Center for Disease Control and Prevention

Corresponding author: ZHOU Shui-sen, Email: zss163@hotmail.com

Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 81273192) and WHO/TDR Grant (No. B40084)

Abstract: Objective To study the current density and ecological characteristics of *Anopheles minimus* in China-Myanmar border areas and provide the evidence of risk on malaria reintroduction across the borders. **Methods** The study sites were selected from five townships in Tengchong county of Yunnan province located in China-Myanmar border. In each township, two villages were selected for mosquito sampling. The light trapping and human bait trapping were conducted for investigation on population density and human bite behavior from May to December in 2015. The investigation on ecological characters of both adults and larvae was carried out by experienced staff in the field with regular time intervals. The multiple polymerase chain reaction (PCR) was used to detect the blood meal source in mosquitoes. **Results** Totally 4 089 *Anopheles* mosquitos were trapped. There were seven species identified by morphological characters: *An. sinensis*,

基金项目: 国家自然科学基金(81273192); WHO/TDR 博士基金(B40084)

作者简介: 张少森, 男, 助理研究员, 主要从事疟疾流行病学研究, Email: shaosen413@163.com

通信作者: 周水森, Email: zss163@hotmail.com

网络出版时间: 2017-04-11 16:16 网络出版地址: http://epub.cnki.net/kns/oldnavi/n_CNKIPub.aspx?naviid=59&BaseID=ZMSK&NaviLink=

An. minimus, *An. peditaeniatus*, *An. culicifacies*, *An. splendidus*, *An. argyropus*, and *An. maculatus*. The predominant species identified based on population density were *An. sinensis* (2 055/4 089, 50.26%), *An. peditaeniatus* (1 315/4 089, 32.16%), and *An. minimus* (563/4 089, 13.77%). The peak of population density of *An. minimus* was observed in September. There were 32.70 and 12.20 mosquitoes/night in cattle shelter and human dwelling respectively. The human bite rate was 2.0 bites/(human · night). *Anopheles minimus* was observed to exhibit blood sucking behavior all night after sunset. The preferred blood seeking place was found in cattle shelter, the ratio compared with human dwelling was 10:1. The human blood index was tested as 0.23. A total of 423 *An. minimus* larvae were collected, 266 from the pond around village. **Conclusion** *Anopheles minimus* populations were well controlled after several years' efforts. It had limited impact on malaria transmission locally. But the ecological characteristics were found to be different from previous studies, further surveillance is required even after malaria elimination certification.

Key words: *Anopheles minimus*; China-Myanmar border; Malaria; Vector investigation

微小按蚊(*Anopheles minimus*)在我国南部和东南亚特别是湄公河流域国家广泛分布,是该地区疟疾流行的主要传播媒介^[1-6],为国内外媒介生物学和疟疾防治研究的热点^[7-8]。云南省作为我国疟疾的高流行区,多年来采取以传染源控制和媒介防制结合的疟疾防治策略,针对微小按蚊采取了有效的控制措施,疟疾发病率逐年下降^[3,9]。自2010年以来,随着我国消除疟疾项目的启动,该地区疟疾病例数从2010年的729例下降至2015年的21例^[10-11]。在有效控制疟疾传播的同时,对输入性疟疾引起的继发传播风险逐渐被关注^[12-14]。特别是中国-缅甸(中缅)边境地区,毗邻缅甸一侧疟疾流行严重,跨境人口流动频繁且存在高效传疟媒介,成为我国消除疟疾的重点和难点区域,也是进行疟疾传播风险评估研究的热点地区^[15-22]。随着疟疾疫情不断减少,2010年消除疟疾项目启动后,该地区仍持续开展疟疾防治研究和监测,但关于主要传疟媒介(如微小按蚊)分布及其生态习性的调查较少。因此,通过对云南省中缅边境地区微小按蚊种群密度及其生态习性进行现场调查和实验室检测,为该地区疟疾传播风险评估和消除后疟疾监测提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究现场 选择位于云南省中缅边境地区的腾冲市(98°05'~98°45'E、24°38'~25°52'N),采用点面结合法在25°N以南,沿龙川江流域选择芒棒、五合、团田、蒲川和新华乡作为研究现场,每个乡选取2个自然村作为媒介调查点。

1.2 成蚊密度及其季节消长调查

1.2.1 标本采集 于2015年5月下旬至12月下旬采用诱蚊灯诱捕法在每个自然村不同方位设置人房和牛房各3处作为调查点,日落前(约20:00)挂灯,次日日出(约06:00)收灯。将捕获的成蚊用氯仿麻醉后进行形态学鉴定和登记,并将标本用EP管单管收集,带回实验室进行分子生物学鉴定。每月上下旬各监测1次,连续监测7个月。

1.2.2 夜间叮人活动和叮人率调查 以定人、定时、

定点原则,在调查点所在的自然村每村布点3处(村内2处、村外1处),采用双帐人诱法监测。在人诱点附近50 m处选择开放式牛房1处同时进行观察。自日落(20:00)至次日日出(06:00)每小时捕蚊1次并计数。每月上下旬各监测1次。

1.2.3 嗜血习性调查 在调查点所在的自然村内,于日出后(08:00—09:00)选择人房15间、牛房5间进行人工全捕,将捕获的饱血按蚊立即用氯仿处死后进行干燥,装入EP管,带回实验室,采用多重PCR方法进行胃血来源鉴定^[23-26]。

1.3 蚊幼虫密度及孳生地调查 采用定人、定时、定点的捕捞法,选择水源比较稳定的水体作为调查点,在孳生地边缘或有遮阴的缓流处捞取10~20勺,每勺捞取1 m宽水面蚊幼虫,以每勺捞取的蚊幼虫和蛹数作为蚊密度(条/勺)。对捕获的1~3龄蚊幼虫记录密度,4龄蚊幼虫进行形态学鉴定后记录密度。

2 结果

2.1 成蚊种群构成及其密度 共捕获按蚊4 089只,经形态学鉴定分别为中华按蚊(*An. sinensis*)、微小按蚊、带足按蚊(*An. peditaeniatus*)、库态按蚊(*An. culicifacies*)、美彩按蚊(*An. splendidus*)、银足按蚊(*An. argyropus*)和多斑按蚊(*An. maculatus*)共7种,以中华按蚊(2 055/4 089, 50.26%)、带足按蚊(1 315/4 089, 32.16%)和微小按蚊(563/4 089, 13.77%)为优势种;在人房和牛房分别捕获微小按蚊182和381只,见表1。微小按蚊密度高峰出现在9月,牛房和人房微小按蚊密度分别为32.70和12.20只/(灯·夜);牛房微小按蚊密度始终高于人房,见图1。

2.2 微小按蚊夜间吸血活动 微小按蚊在日落后通宵均有吸血活动,以牛房为主,人房与牛房捕获吸血活动的微小按蚊比例为1:10。吸血活动出现2个高峰,分别在23:00和02:00,见图2。微小按蚊叮人率以9月下旬最高,达2.0只/(人·夜),见图3。

2.3 微小按蚊嗜血习性 检测微小按蚊胃血42份,其中猪源血22份,人畜(猪或牛)混合血液各6份,人

表1 2015年5—12月腾冲市不同场所按蚊构成及其种群密度季节消长

Table 1 Seasonal fluctuation and population density of adult mosquitoes in different places

时间 (月)	中华按蚊		微小按蚊		带足按蚊		美彩按蚊		库态按蚊		银足按蚊		多斑按蚊		总计	
	人房	牛房	人房	牛房	人房	牛房	人房	牛房	人房	牛房	人房	牛房	人房	牛房	人房	牛房
5	17	27	5	20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	22	48
6	107	120	4	21	0	0	4	17	0	1	0	0	0	0	115	159
7	323	642	20	43	22	218	3	12	6	45	0	0	0	0	374	960
8	99	419	12	37	53	478	1	11	6	28	0	2	0	0	171	975
9	38	166	73	152	24	286	0	5	2	0	0	2	1	0	138	611
10	26	69	66	97	36	198	0	2	2	0	0	0	0	3	130	369
11	1	1	1	9	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	12
12	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
合计	611	1 444	182	381	135	1 180	8	49	16	75	0	4	1	3	953	3 136

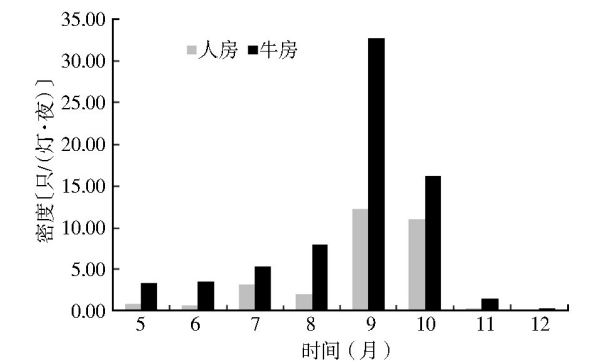


图1 腾冲市微小按蚊成蚊密度季节消长
Figure 1 Seasonality of *An. minimus* adult population density

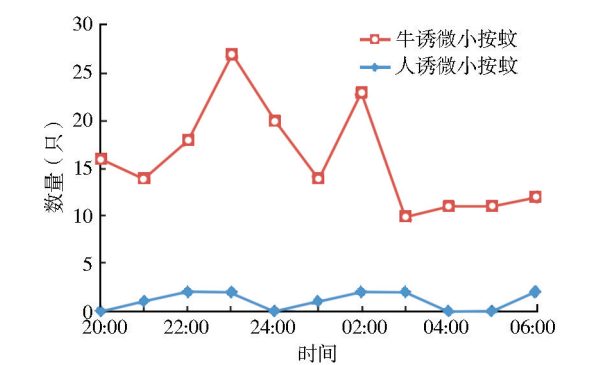


图2 微小按蚊夜间吸血活动时间变化
Figure 2 Active time of *An. minimus* host seeking behavior

源血和牛源血各4份,微小按蚊偏吸牲畜血液,人血指数为0.23(图4)。

2.4 蚊幼虫数量及其孳生地 在孳生地共捕获微小按蚊幼虫423条,其中池塘、水沟和稻田分别为266、40和117条,见表2。在海拔1 200~1 300 m附近地区微小按蚊幼虫密度较高,见表2。

3 讨论

微小按蚊作为云南省的主要传疟媒介,是我国疟疾防治研究重点关注的蚊种之一^[27]。新中国成立以来,我国学者对微小按蚊开展了深入详细的调查

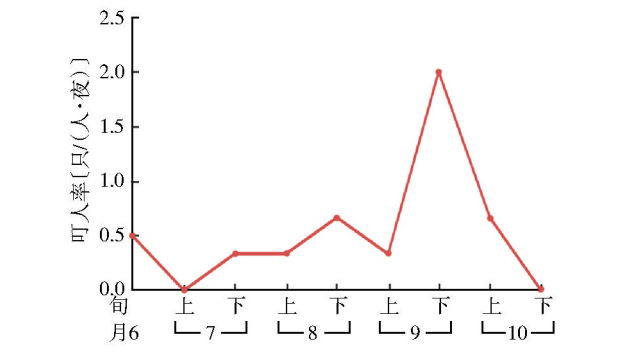
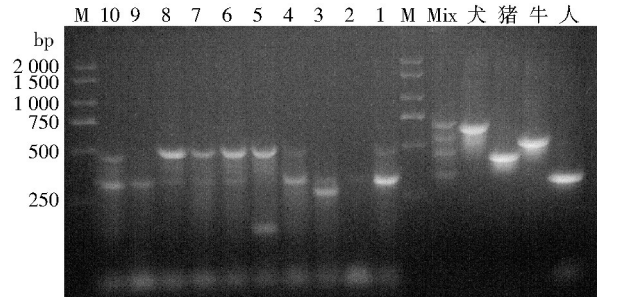


图3 微小按蚊叮人率季节变化
Figure 3 Seasonal fluctuation of *An. minimus* human bite rate



注: M. 分子质量标准; 1~10. 蚊胃血; 犬、猪、牛、人. 血阳性对照; Mix. 混合阳性对照。
图4 微小按蚊胃血PCR检测结果
Figure 4 PCR results for blood meal sources in *An. minimus*

表2 不同海拔的微小按蚊幼虫数量
Table 2 Larval density of *An. minimus* in different altitudes

海拔 (m)	数量(条)			
	池塘	水沟	稻田	总计
1 221	143	13	56	212
1 323	118	27	58	203
1 504	5	0	3	8
1 635	0	0	0	0
合计	266	40	117	423

研究,关于其地理分布、生态习性、传疟作用等均有报道^[1,28-33],为制定有针对性的疟防措施提供了科学依据。随着我国疟疾流行的逐渐减弱,本地疟疾病

例数持续大幅下降,传疟媒介相关研究也相应减少。同时,随着我国消除疟疾工作的不断深入推进,本地疟疾的流行区域进一步缩小^[10,34]。因此,疟疾监测和再传播风险评估成为重点工作。国内已开展的疟疾风险评估研究资料多采取定性或半定量方法^[22,35-37],以弥补媒介资料的缺失。

腾冲市位于我国云南省西部,是云南省与缅甸接壤的 25 个边境县之一,曾为疟疾高流行区,微小按蚊是该地区低海拔区域的主要传疟媒介^[1,38]。通过实施以媒介控制措施为主的疟疾防治策略^[3],腾冲市疟疾流行得到有效控制,自 2013 年已连续 3 年无本地疟疾病例报告,但输入性疟疾病例报告数仍较多,以县为单位的报告病例数居全国前列^[10,12,15]。

本调查发现,腾冲市微小按蚊种群密度和叮人率与文献比较有所下降^[1,39-41],且更偏吸血畜血。同时,微小按蚊构成比也有所下降,仅为 13.77%,曾有报道最高为 61.68%^[1,38],该结果与同期媒介监测结果一致^[42],可能是当地疟疾流行大幅下降的原因。本研究发现,在相对较静止的孳生环境(池塘),微小按蚊数量多于有流动水的孳生环境(水稻田和溪沟),与文献报道的微小按蚊孳生地多在有遮阴的缓流和水稻田有所不同^[3,39],可能与当地水田及森林面积减少,而种植烟草和经济类植物的旱地增加有关。需进一步开展土地利用和覆盖状况对微小按蚊生态习性影响的研究,为该地区微小按蚊的监测、防治及疟疾传播风险评估提供参考。

腾冲市微小按蚊偏吸血畜血,说明当前人蚊接触的风险较低。随着当地经济的发展、耕作制度的改变及水牛等大型牲畜数量逐渐减少或地区生物屏障发生变化,可能导致微小按蚊叮人习性的改变,在今后的监测中也应加强关注。

参考文献

- [1] 董学书,周红宁,龚正达. 云南省蚊类志[M]. 昆明:云南科技出版社,2010:85-93.
- [2] 陆宝麟. 中国动物志[M]. 北京:科学出版社,1997:55-89.
- [3] 卫生部疾病预防控制局. 疟疾防治手册[M]. 3版. 北京:人民卫生出版社,2007:47-78.
- [4] Hay SI, Sinka ME, Okara RM, et al. Developing global maps of the dominant *Anopheles* vectors of human malaria[J]. PLoS Med, 2010,7(2):e1000209.
- [5] Massey NC, Garrod G, Wiebe A, et al. A global bionomic database for the dominant vectors of human malaria[J]. Sci Data, 2016,3:160014.
- [6] Manguin S, Garros C, Dusfour I, et al. Bionomics, taxonomy, and distribution of the major malaria vector taxa of *Anopheles* subgenus *Cellia* in Southeast Asia: an updated review[J]. Infect Genet Evol, 2008,8(4):489-503.
- [7] Gunasekaran K, Sahu SS, Jambulingam P. Estimation of vectorial capacity of *Anopheles minimus* Theobald & *An. fluviatilis* James (Diptera: Culicidae) in a malaria endemic area of Odisha State, India[J]. Indian J Med Res, 2014,140(5):653-659.
- [8] Garros C, Van Bortel W, Trung HD, et al. Review of the minimus complex of *Anopheles*, main malaria vector in Southeast Asia: from taxonomic issues to vector control strategies[J]. Trop Med Int Health, 2006,11(1):102-114.
- [9] Xu JW, Li Y, Yang HL, et al. Malaria control along China-Myanmar border during 2007-2013: an integrated impact evaluation[J]. Infect Dis Poverty, 2016,5:75.
- [10] 张丽,周水森,丰俊,等. 2014 年全国疟疾疫情分析[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2015,33(5):319-326.
- [11] 周水森,王漪,李雨. 2010 年全国疟疾疫情分析[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2011,29(6):401-403.
- [12] Zhou S, Li ZJ, Cotter C, et al. Trends of imported malaria in China 2010-2014: analysis of surveillance data[J]. Malar J, 2016,15:39.
- [13] 夏志贵,杨曼尼,张少森,等. 2011 年全国输入性疟疾病例流行病学分析[J]. 中华疾病控制杂志, 2014,18(3):226-230.
- [14] 杨成运,钱丹,陈伟奇,等. 2012-2014 年河南省境外输入性疟疾疫情分析[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2016,28(4):444-446.
- [15] Li SG, Yin SQ, Wang JZ, et al. Shifting from control to elimination: analysis of malaria epidemiological characteristics in Tengchong county around China-Myanmar border, 2005-2014[J]. Malar J, 2016,15:45.
- [16] Xu JW, Liu H, Zhang Y, et al. Risk factors for border malaria in a malaria elimination setting: a retrospective case-control study in Yunnan, China[J]. Am J Trop Med Hyg, 2015,92(3):546-551.
- [17] Wang DQ, Li SG, Cheng ZB, et al. Transmission risk from imported *Plasmodium vivax* malaria in the China-Myanmar border region[J]. Emerg Infect Dis, 2015,21(10):1861-1864.
- [18] Shi BY, Tan Q, Zhou XN, et al. Mining geographic variations of *Plasmodium vivax* for active surveillance: a case study in China[J]. Malar J, 2015,14:216.
- [19] 钱颖骏,王多全,邓瑶,等. 我国省县二级消除疟疾督导与评估指标框架的构建与应用[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2015,27(3):255-262.
- [20] 施文琦,周晓俊,张仪,等. 中缅边境(西段)传疟媒介的初步调查[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2011,29(2):134-137.
- [21] 陈国伟,魏春,李华宪,等. 云南疟疾监测点 2008 年疟疾流行趋势与流行特征[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2011,29(1):54-57.
- [22] 尹授钦,夏尚,周兴武,等. 云南省边境地区疟疾传播风险评估[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2016,34(3):255-260.
- [23] Kent RJ, Norris DE. Identification of mammalian blood meals in mosquitoes by a multiplexed polymerase chain reaction targeting cytochrome B[J]. Am J Trop Med Hyg, 2005,73(2):336-342.
- [24] 张井巍,姜进勇,王学忠,等. 应用多重 PCR 法鉴定分析云南 4 县按蚊胃血源[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2014,32(1):76-77.

(下转第 254 页)

- (6):1140-1145.
- [7] Chomel BB, Kasten RW, Williams C, et al. *Bartonella* endocarditis: a pathology shared by animal reservoirs and patients[J]. Ann N Y Acad Sci, 2009, 1166: 120-126.
- [8] 孙继民, 鲁亮, 刘起勇, 等. 浙江省蜱中巴尔通体感染的分子流行病学调查[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2010, 21(3): 232-234.
- [9] Tay ST, Mokhtar AS, Zain SNM, et al. Isolation and molecular identification of *Bartonellae* from wild rats (*Rattus* Species) in malaysia[J]. Am J Trop Med Hyg, 2014, 90(6): 1039-1042.
- [10] 孙继民, 宋秀平, 傅桂明, 等. 浙江省鼠形动物巴尔通体的遗传进化分析[J]. 中国人兽共患病学报, 2010, 26(6): 532-534, 545.
- [11] 左双燕. 我国黑龙江林区鼠型动物巴尔通体感染调查与分离鉴定[D]. 长沙: 中南大学, 2012.
- [12] 凌锋, 丁丰, 龚震宇, 等. 浙江省啮齿动物巴尔通体感染状况调查[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2014, 25(1): 24-27.
- [13] 任清明, 刘国平, 杨国平, 等. 黑龙江省中俄边境地区鼠类的调查研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2009, 20(3): 219-220.
- [14] Ko S, Kang JG, Kim HC, et al. Prevalence, isolation and molecular characterization of *Bartonella* species in Republic of Korea[J]. Transbound Emerg Dis, 2016, 63(1): 56-67.
- [15] Hildebrand J, Paziewska-Harris A, Zaleśny G, et al. PCR characterization suggests that an unusual range of *Bartonella* species infect the striped field mouse (*Apodemus agrarius*) in central Europe [J]. Appl Environ Microbiol, 2013, 79(16): 5082-5084.
- [16] Kerkhoff FT, Bergmans AMC, van Der Zee A, et al. Demonstration of *Bartonella grahamii* DNA in ocular fluids of a patient with neuroretinitis[J]. J Clin Microbiol, 1999, 37(12): 4034-4038.
- [17] Hsieh JW, Tung KC, Chen WC, et al. Epidemiology of *Bartonella* infection in rodents and shrews in Taiwan [J]. Zoonoses Public Health, 2010, 57(6): 439-446.
- [18] 白瑛, Kosoy MY, Maupin GO, 等. 首次证实巴尔通体在我国云南鼠群中流行[J]. 中国人兽共患病杂志, 2002, 18(3): 5-9.
- [19] 叶曦, 姚美琳, 李国伟. 福建省鼠形动物巴尔通体感染的调查[J]. 中国人兽共患病学报, 2006, 22(8): 779-781.
- [20] Liu QY, Sun JM, Lu L, et al. Detection of *Bartonella* species in small mammals from Zhejiang province, China [J]. J Wildl Dis, 2010, 46(1): 179-185.
- [21] 宋秀平, 刘起勇, 鲁亮, 等. 海南省小型兽类巴尔通体的分离培养和序列分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2010, 21(2): 131-133.
- [22] Rao HX, Yu J, Guo P, et al. *Bartonella* species detected in the plateau pikas (*Ochotona curzoiiae*) from Qinghai Plateau in China [J]. Biomed Environ Sci, 2015, 28(9): 674-678.

收稿日期: 2016-12-29

(上接第 219 页)

- [25] 郭绍华, 周水森, 黄芳, 等. 应用多重 PCR 法分析西藏察隅疟疾流行区按蚊吸血习性[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2012, 30(2): 122-126.
- [26] 杨曼尼, 马雅军. 应用多重 PCR 法鉴定蚊胃血源的研究[J]. 中国病原生物学杂志, 2008, 3(11): 815-817, 814.
- [27] 周祖杰. 中国疟疾的防治与研究[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1991: 191-199.
- [28] 郑彬, 汤林华, 王学忠, 等. 云南省微小按蚊 A、C 种群密度高峰及嗜血习性的观察[J]. 国际医学寄生虫病杂志, 2006, 33(4): 171-173.
- [29] 王学忠, Townson H. 微小按蚊种群成员分子变异与系统发育的关系[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2001, 12(4): 252-256.
- [30] 郑彬, 汤林华, 马雅军, 等. 云南微小按蚊 A 和 C 种性的比较研究[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2005, 23(3): 146-149.
- [31] 范波, 黄正美, 李六九, 等. 玉溪哀牢山微小按蚊数量变化与疟疾流行的研究[J]. 中国热带医学, 2005, 5(1): 45-46.
- [32] 林荣幸, 杨灼宏, 潘波, 等. 微小按蚊分布区灭疟后期疟疾流行病学特点和监测方法研究[J]. 华南预防医学, 2003, 29(1): 17-19.
- [33] 王学忠, 李菊昇, 王丕玉. 微小按蚊种团酯酶同工酶比较研究[J]. 实用寄生虫病杂志, 2000, 8(1): 9-11.
- [34] Hu T, Liu YB, Zhang SS, et al. Shrinking the malaria map in China: measuring the progress of the National Malaria Elimination Programme [J]. Infect Dis Poverty, 2016, 5: 52.
- [35] 周晓农, 张少森, 徐俊芳, 等. 我国消除疟疾风险评估分析[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2014, 32(6): 414-418.
- [36] 王晓欢, 张山鹰, 杨发柱, 等. 福建省消除疟疾地区重新流行风险评估[J]. 预防医学论坛, 2016, 22(5): 358-361, 365.
- [37] 周雪梅, 莫海亮, 梁启敏. 贵州省荔波县疟疾流行风险评估调查[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2016, 34(3): 195-197.
- [38] 董学书. 云南省的传疟媒介及其有关的生态习性[J]. 中国寄生虫病防治杂志, 2000, 13(2): 144-145.
- [39] 王学忠, 杜尊伟, 卢勇荣, 等. 云南南部微小按蚊生态学及传疟作用研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 1999, 10(5): 343-346.
- [40] Liu MD, Wang XZ, Zhao TY, et al. Analysis of the relationship between density and dominance of *Anopheles minimus* (Diptera: Culicidae) with environmental parameters in southern Yunnan province, People's Republic of China [J]. J Med Entomol, 2008, 45(6): 1007-1010.
- [41] 王学忠, 杜尊伟, 李菊昇, 等. 不同生境蚊类生态学研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2005, 16(2): 98-100.
- [42] 李希尚, 李胜国, 王加志, 等. 云南省腾冲市 2012-2013 年蚊媒调查分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2016, 27(4): 398-401.

收稿日期: 2017-02-13