

拉萨市 2009—2013 年蚊虫种类构成及密度动态研究

刘小波¹, 次仁顿珠², 郭玉红¹, 彭措次仁², 白莉¹, 桑少伟¹, 白玛次旺², 谷少华¹, 达珍², 陈斌¹, 周琳¹, 万方君¹, 胡亚萍¹, 徐俊芳³, 王君¹, 达瓦², 李贵昌¹, 西绕若登², 刘起勇¹

1 中国疾病预防控制中心传染病预防控制所, 传染病预防控制国家重点实验室, 中国疾病预防控制中心传染病监测预警重点实验室, 感染性疾病诊治协同创新中心, 世界卫生组织媒介生物监测与管理合作中心, 北京 102206;

2 西藏自治区疾病预防控制中心, 拉萨 850000; 3 山东大学卫生管理与政策研究中心

摘要: **目的** 掌握拉萨市蚊虫种类构成及密度动态, 为该市媒介蚊虫及蚊媒传染病监测及防控提供基础数据。 **方法** 在拉萨市城区不同方位选取调查点, 以诱蚊灯法、人帐诱法及人工小时法捕获蚊类, 用形态学和多重 PCR 方法进行蚊种鉴定。 **结果** 拉萨市蚊类包括尖音库蚊复合组蚊虫亚种和骚扰阿蚊, 优势蚊种为尖音库蚊复合组蚊虫亚种。2009、2012 年人帐诱法总蚊密度分别为 19.57 和 3.06 只/(帐·h), 不同年份不同调查点蚊密度差异无统计学意义 ($F_{1,11}=0.934, P>0.05$)。2009、2012 年人工小时法总蚊密度分别为 62.10 和 7.90 只/人工小时, 不同年份不同调查点蚊密度差异无统计学意义 ($F_{1,11}=0.874, P>0.05$)。2012、2013 年诱蚊灯法总蚊密度分别为 1.47 和 0.20 只/(灯·h)。不同年份不同调查点居民区蚊密度差异亦无统计学意义 ($F_{1,3}=1.503, P>0.05$)。2012 年诱蚊灯法捕获的 105 只蚊虫中, 经多重 PCR 鉴定, 36 只属尖音库蚊复合组蚊虫亚种纯合子 (34.29%), 69 份出现杂交 (65.71%)。 **结论** 拉萨市存在较稳定尖音库蚊复合组蚊虫, 蚊密度相对较低, 提示该地区存在蚊虫及蚊媒传染病风险, 应对该地区蚊虫及蚊媒传染病开展监测与风险评估, 为蚊虫及蚊媒传染病控制提供决策依据。

关键词: 蚊虫; 尖音库蚊复合组; 多重 PCR 技术; 拉萨

中图分类号: R384.1 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2014)03-0200-05

DOI: 10.11853/j.issn.1003.4692.2014.03.002

A survey of species composition and population dynamics of mosquitoes in Lhasa, Tibet, China from 2009 to 2013

LIU Xiao-bo¹, Cirendunzhu², GUO Yu-hong¹, Pengcuociren², BAI Li¹, SANG Shao-wei¹, Baimaciwang², GU Shao-hua¹, Dazhen², CHEN Bin¹, ZHOU Lin¹, WAN Fang-jun¹, HU Ya-ping¹, XU Jun-fang³, WANG Jun¹, Dawa², LI Gui-chang¹, Xiraoruodeng², LIU Qi-yong¹

1 State Key Laboratory for Infectious Disease Prevention and Control, National Institute for Communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, China CDC Key Laboratory of Surveillance and Early-Warning on Infectious Disease, Collaborative Innovation Center for Diagnosis and Treatment of Infectious Diseases, WHO Collaborating Centre for Vector Surveillance and Management, Beijing 102206, China; 2 Tibet Center for Disease Control and Prevention, Lhasa 850000, Tibet, China; 3 Center for Health Management and Policy, Shandong University

Corresponding author: LIU Qi-yong, Email: liuqiyong@icdc.cn

Supported by the National Basic Research Program of China (973 Program) (No. 2012CB955504) and the 12th Five-Year Major National Science and Technology Projects of China (No. 2012ZX10004219-002)

Abstract: Objective To investigate the species composition and population dynamics of mosquitoes in Lhasa, Tibet, China, so as to provide scientific evidence for the surveillance, prevention, and control of mosquitoes and mosquito-borne diseases in this city. **Methods** Representative research sites were selected based on geographical distributions in Chengguan District in Lhasa. Adult mosquitoes were collected by bed net traps, labor hour method, and light traps in 2009, 2012, and 2013. The trapped mosquitoes were initially identified according to morphological criteria. A proportion of them were examined using a multiplex PCR assay for species confirmation. **Results** Mosquitoes in Lhasa comprised the subspecies of *Culex pipiens* complex and

基金项目: 国家重大科学研究计划(2012CB955504); 国家“十二五”科技重大专项课题(2012ZX10004219-002)

作者简介: 刘小波, 男, 博士, 助理研究员, 主要从事媒介生物监测、风险评估及预警研究。Email: liuxiaobo@icdc.cn; 次仁顿珠, 男, 副主任医师, 主要从事传染病学研究。Email: cirendunzhuok@126.com

通讯作者: 刘起勇, Email: liuqiyong@icdc.cn

刘小波、次仁顿珠同为第一作者。

Armigeres subalbatus, with subspecies of *Cx. pipiens* complex as the dominant species. The mean mosquito density monitored by bed net traps was 19.57 mosquitoes per net-hour in 2009 and 3.06 mosquitoes per net-hour in 2012; there was no significant difference in mosquito density between research sites in different years ($F_{1,1}=0.934, P>0.05$). The mean mosquito density monitored by labor hour method was 62.10 mosquitoes per person-hour in 2009 and 7.90 mosquitoes per person-hour in 2012; there was no significant difference in mosquito density between research sites in different years ($F_{1,1}=0.874, P>0.05$). The mean mosquito density monitored by light traps was 1.47 mosquitoes per trap-hour in 2012 and 0.20 mosquitoes per trap-hour in 2013; there was no significant difference in mosquito density between research sites in different years ($F_{1,3}=1.503, P>0.05$). A hundred and five mosquitoes captured in 2012 were identified by multiplex PCR, of which 36 (34.29%) were homozygous subspecies of *Cx. pipiens* complex, while 69 (65.71%) were hybrids. **Conclusion** Mosquitoes of *Cx. pipiens* complex subspecies are established in Lhasa, and the population density was relatively low in recent years, indicating that the risk of mosquitoes and mosquito-borne diseases exists in Lhasa. Therefore, surveillance and risk assessment should be conducted to provide a basis for decision-making in the control of mosquitoes and mosquito-borne diseases in this region.

Key words: Mosquito; *Culex pipiens* complex; Multiplex polymerase chain reaction; Lhasa

拉萨市位于青藏高原的中部,雅鲁藏布江支流拉萨河北岸,西藏自治区东南部,属高原温带半干旱季风气候,是我国高海拔地区的代表。前期研究发现,拉萨市蚊虫已经建立稳定种群^[1],当地居民对蚊虫叮咬普遍敏感,潜在的公共卫生学意义值得关注。2009—2013年,中国疾病预防控制中心(CDC)传染病预防控制所与西藏自治区CDC先后3次对拉萨市蚊虫种类、构成及密度进行调查,现将结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 调查点 拉萨市城关区地处雅鲁藏布江支流拉萨河中游河谷平原地区,是西藏自治区首府城区,地处北纬 29°39'、东经 91°08',面积 523 hm²,平均海拔 3658 m。该区辖 6 个街道办事处、4 个乡、25 个居委会、36 个村民委员会。在拉萨市城关区,以布达拉宫为中心选择不同方位、不同生境调查点(表 1),分别于 2009 和 2012 年 8 月中旬、2013 年 7 月中旬开展蚊虫调查。

表 1 拉萨市蚊虫种群调查点

Table 1 The research sites for mosquito density in Lhasa, Tibet

年度	调查方法	生境	调查点	地理位置	海拔(m)	方位	
2009	人帐诱法	居民区	西藏CDC住宅区	29°39' 682" N, 91°07' 433" E	3650	东北	
		公园	宗角禄康公园	29°39' 582" N, 91°07' 151" E	3650	中部	
	人工小时法	居民区	西藏CDC门诊楼	29°39' 566" N, 91°07' 361" E	3650	东北	
		居民区	西藏CDC住宅区	29°39' 682" N, 91°07' 433" E	3650	东北	
2012	人帐诱法	居民区	西藏CDC	29°39' 682" N, 91°07' 433" E	3650	东北	
		公园	宗角禄康公园	29°39' 582" N, 91°07' 151" E	3650	中部	
	人工小时法	居民区	西藏CDC门诊楼	29°39' 566" N, 91°07' 361" E	3650	东北	
		居民区	西藏CDC住宅区	29°39' 682" N, 91°07' 433" E	3650	东北	
	诱蚊灯法	居民区	西藏邮政宾馆	29°39' 164" N, 91°07' 398" E	3650	南部	
			西藏CDC住宅区	29°39' 682" N, 91°07' 433" E	3650	东北	
			噶玛贡桑社区	29°29' 307" N, 91°08' 872" E	3650	东部	
			夏莎苏社区	29°39' 284" N, 91°07' 867" E	3650	东南	
			加措社区	29°39' 429" N, 91°05' 375" E	3650	西北	
			西藏CDC住宅区	29°39' 682" N, 91°07' 433" E	3650	东北	
2013	诱蚊灯法	居民区	加措社区	29°39' 429" N, 91°05' 375" E	3650	西北	
			西藏地方病所	29°38' 834" N, 91°05' 075" E	3650	西南	
			噶玛贡桑社区	29°29' 307" N, 91°08' 872" E	3650	东部	
			夏莎苏社区	29°39' 284" N, 91°07' 867" E	3650	东南	
			拉鲁湿地	29°40' 513" N, 91°06' 742" E	3650	西北	
			宗角禄康公园	29°39' 582" N, 91°07' 151" E	3650	中部	
			农户	娘热乡加尔西村	29°43' 708" N, 91°05' 088" E	3900	西北
			牲畜棚	娘热乡加尔西村	29°43' 642" N, 91°05' 045" E	3900	西北

注:方位以布达拉宫为参照划分。

1.2 调查方法 采用诱蚊灯法、人帐诱法及人工小时法调查。

1.2.1 诱蚊灯法 按照《病媒生物密度监测方法 蚊虫》(GB/T 23797—2009)中诱蚊灯法进行。诱蚊灯采

用光催化捕杀蚊蝇器(武汉市吉星环保科技有限责任公司生产,型号:LTS-M02;品牌:功夫小帅;波长:360~380 nm,功率:21 W)。选择远离干扰光源和避风场所作为挂灯点,光源离地 1.5 m。依据拉萨市日落

时间,诱蚊灯连续诱集 12 h(20:00—08:00)。第 2 天将集蚊袋取下,将蚊虫麻醉后分类鉴定并计数^[2]。记录温度、湿度和风速。计算公式:

$$\text{灯诱法密度[只/(灯·h)]} = \frac{\text{捕获蚊虫数}}{\text{捕蚊时间} \times \text{灯数}}$$

1.2.2 人帐诱法 按照《病媒生物密度监测方法 蚊虫》(GB/T 23797—2009)中人帐诱法进行。选择蚊虫活动高峰期,在外环境孳生地附近布放诱蚊帐(规格:顶部 80 cm×80 cm,底部 150 cm×150 cm,高 150 cm)。将蚊帐悬挂,上下四角撑开固定,使帐下缘距地面 25 cm。调查者在帐内诱蚊,以手持电动吸蚊器和手电筒连续捕蚊。调查自 19:00 开始,24:00 结束。将捕获蚊虫用乙醚麻醉后分类、计数。计算公式:

$$\text{人帐诱法密度[只/(帐·h)]} = \frac{\text{捕获蚊虫数}}{\text{蚊帐数} \times \text{诱蚊时间}}$$

1.2.3 人工小时法 用电动吸蚊器在每个房间吸蚊 15 min。捕获蚊虫由专业人员鉴定和分类计数。密度计算以只/人工小时为单位。

1.3 蚊虫鉴定 采用形态学与分子鉴定相结合的方式。首先,利用形态学标准^[2]对捕获的蚊虫初步鉴定。选取不同调查点一定比例的蚊虫,按照 Smith 等建立的基于乙酰胆碱酯酶 2 基因位点的多重 PCR 技术^[3-4],对其进行分子鉴定。

1.4 资料收集和分析 数据整理和分析工具采用 SPSS 17.0 和 Excel 2007 软件。采用 General linear model(GLM)对不同年份不同地区的蚊密度进行统计分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 蚊种鉴定及种群构成 2009—2012 年拉萨市主要蚊种有 2 属 4 种,分别为尖音库蚊指名亚种(*Culex pipiens pipiens* Linnaeus, 1758)、致倦库蚊(*Cx. pipiens quinquefasciatus* Say, 1823)、淡色库蚊(*Cx. pipiens pallens* Coquillett, 1898)和骚扰阿蚊[*Armigeres subalbatus* (Coquillett, 1898)]。研究发现,尖音库蚊复合组蚊虫亚种为拉萨市优势蚊种,且出现较高比例的杂交(65.71%)(表 2)。

表 2 拉萨市 2012 年尖音库蚊复合组多重 PCR 鉴定结果

Table 2 Results of multiplex PCR identification of *Cx. pipiens* complex in Lhasa, Tibet in 2012

标本来源	蚊虫总数(只)	分子鉴定(只)	尖音库蚊	致倦库蚊	淡色库蚊	尖音与淡色	尖音与致倦	致倦与淡色	尖音与致倦及淡色
西藏邮政宾馆	141	20	6	0	0	8	0	2	4
西藏 CDC	25	3	0	0	3	0	0	0	0
夏莎苏社区	177	44	5	0	8	22	1	4	4
加措社区	306	38	2	3	9	11	0	8	5
合计	649	105	13	3	20	41	1	14	13

注:分子鉴定标本来源于拉萨市诱蚊灯法调查。

2.2 蚊密度

2.2.1 人帐诱法蚊密度 2009 年和 2012 年人帐诱法总平均蚊密度为 8.09 只/(帐·h)(表 3)。研究发现,2009 年西藏 CDC 住宅区蚊密度最高为 52.80 只/(帐·h),同年宗角禄康公园蚊密度最低,为 1.11 只/(帐·h)。不同年份不同调查点人帐诱法蚊密度比较差异无统计学意义($F_{1,11} = 0.934, P > 0.05$)。

表 3 2009 年和 2012 年拉萨市不同调查点人帐诱法蚊密度
Table 3 The mosquito density monitored by bed net traps at different sites of Lhasa, Tibet in 2009 and 2012

年度	调查点	蚊帐数(顶)	累计持续时间(h)	尖音库蚊复合组亚种		密度[只/(帐·h)]
				雌	雄	
2009	西藏 CDC 住宅区	3	2.5	132	0	52.80
	宗角禄康公园	3	4.5	4	1	1.11
	小计	6	7.0	136	1	19.57
2012	西藏 CDC 住宅区	4	8.0	25	0	3.13
	宗角禄康公园	4	8.0	20	4	3.00
	小计	8	16.0	45	4	3.06
合计		14	23.0	181	5	8.09

2.2.2 人工小时法蚊密度 2009 年和 2012 年人工小时法总平均蚊密度为 16.17 只/人工小时(表 4)。研究发现,2009 年西藏 CDC 门诊楼平均蚊密度最高为 103.03 只/人工小时,2012 年西藏 CDC 门诊楼平均蚊密度最低为 1.50 只/人工小时。不同年份不同调查点人工小时法平均蚊密度比较差异无统计学意义($F_{1,11} = 0.874, P > 0.05$)。

表 4 2009 年和 2012 年拉萨市不同调查点人工小时法蚊密度
Table 4 The mosquito density monitored by labor hour method at different sites of Lhasa, Tibet in 2009 and 2012

年度	调查点	人数	累计持续时间(h)	尖音库蚊复合组亚种		密度[只/人工小时]
				雌	雄	
2009	西藏 CDC 门诊楼	1	0.33	34	0	103.03
	西藏 CDC 居民区	1	0.33	4	3	21.21
	小计	2	0.66	38	3	62.10
2012	西藏 CDC 门诊楼	1	2.00	0	3	1.50
	西藏 CDC 居民区	1	1.67	17	9	15.57
	小计	2	3.67	17	12	7.90
合计		4	4.33	55	15	16.17

2.2.3 诱蚊灯法蚊密度 2012 年和 2013 年诱蚊灯法总平均蚊密度为 0.61 只/(灯·h)(表 5)。选取 2012 年和 2013 年居民区 4 个相同的调查点,即西藏 CDC、噶玛贡桑社区、夏莎苏社区和加措社区进行蚊密度比较。研究发现,不同年份不同调查点居民区蚊密度比较差异无统计学意义($F_{1,3} = 1.503, P > 0.05$)。

3 讨论

前期研究发现,拉萨市出现蚊虫活动且种群已经

表 5 2012 年和 2013 年拉萨市不同调查点诱蚊灯法蚊密度

Table 5 The mosquito density monitored by light traps at different sites of Lhasa, Tibet in 2012 and 2013

年度	生境	调查点	方位	海拔 (m)	诱蚊 灯数 (盏)	总持续 时间 (h)	捕蚊数 (只)	蚊密度 [只/(灯·h)]	尖音库蚊 复合组亚种		骚扰阿蚊	
									雌	雄	雌	雄
2012	居民区	西藏邮政宾馆	南部	3650	3	216	141	0.65	83	58	0	0
		西藏 CDC	东北	3650	3	108	25	0.23	12	13	0	0
		噶玛贡桑社区	东部	3650	2	24	2	0.08	2	0	0	0
		夏莎苏社区	东南	3650	4	48	177	3.69	124	53	0	0
		加措社区	西北	3650	4	48	306	6.38	135	171	0	0
		小计				16	444	651	1.47	356	295	0
2013	居民区	西藏 CDC	东北	3650	3	144	22	0.16	7	15	0	0
		加措社区	西北	3650	3	144	51	0.35	23	26	0	2
		西藏地方病所	西南	3650	3	108	22	0.15	9	12	0	1
		噶玛贡桑社区	东部	3650	2	72	11	0.15	2	6	0	3
		夏莎苏社区	东南	3650	3	108	32	0.30	7	24	0	1
		小计				14	576	138	0.24	48	83	0
	公园	拉鲁湿地	西北	3650	2	72	25	0.35	10	9	0	6
		宗角禄康公园	中部	3650	2	72	15	0.21	1	6	0	8
		小计				4	144	40	0.28	11	15	0
	农户	娘热乡加尔西村	西北	3900	3	108	9	0.08	0	2	3	4
	牲畜棚	娘热乡加尔西村	西北	3900	3	108	4	0.04	0	2	0	2
小计				24	936	191	0.20	59	102	3	27	
合计				40	1380	842	0.61	415	397	3	27	

注:方位以布达拉宫为参照划分。

稳定建立^[1]。然而,国内外尚无关于拉萨市蚊种构成及密度动态变化的文献报道。作为我国高海拔地区的代表地区,厘清西藏拉萨市蚊种构成、密度高低、空间分布及种群建立后伴随的一系列生态学问题,对当地蚊虫及潜在的蚊媒传染病防控和脆弱人群保护意义重大。

3.1 拉萨市蚊虫构成 利用形态学与多重 PCR 相结合的方法,对拉萨市 2009—2013 年 3 次蚊虫调查样本进行分析发现了 2 属 4 种,尖音库蚊复合组蚊虫亚种为优势蚊种,且出现了较高比例的杂交(65.71%)^[5]。本研究拉萨市蚊种较 2009 年同期林芝地区调查为少^[6],可能与两地不同的调查点所处纬度和海拔梯度不同有关^[7-8]。

尖音库蚊复合组蚊虫组成复杂^[9-10],可传播西尼罗病毒^[11-12]、圣路易脑炎病毒及丝虫病等许多疾病。国外研究认为尖音库蚊包括 2 个亚种,即为尖音库蚊指名亚种和淡色库蚊。尖音库蚊(*Cx. pipiens*)最北界达到北纬 45°,而最南段达到南纬 39°,且海拔低于 3000 m^[13]。致倦库蚊分布于热带、亚热带地区,包括非洲低地、美洲、亚洲及澳洲等。在美洲^[14-15]、马达加斯加、阿根廷^[16]和韩国,尖音库蚊和致倦库蚊存在重叠分布区且可广泛杂交^[17]。多位点基因分析显示淡色库蚊和致倦库蚊杂交广泛存在于日本南部、韩国和中国^[18]。

在我国,尖音库蚊复合组包括尖音库蚊指名亚种、致倦库蚊、淡色库蚊及骚扰库蚊(*Culex pipiens molestus*)^[19]。前 3 种分布广泛而骚扰库蚊分布相对局限^[20]。典型的尖音库蚊仅在新疆有分布记录,淡色库

蚊主要分布于长江以北而致倦库蚊存在于长江以南广大地区及南方诸岛。尖音库蚊与淡色库蚊、致倦库蚊与淡色库蚊存在交叉分布区及杂交现象。本研究证实该地区该复合组蚊虫亚种存在且出现了较高比例的杂交。更新了尖音库蚊复合组蚊虫的时空分布、海拔分布及种群遗传信息^[21],为今后我国高海拔地区脆弱人群蚊媒传染病风险评估及预测预警提供了科学依据。

3.2 不同年份不同生境蚊虫密度 拉萨市蚊密度纵向比较发现,2009 年人帐诱法平均蚊密度为 19.57 只/(帐·h),而 2012 年为 3.06 只/(帐·h);2009 年人工小时法平均蚊密度为 62.10 只/人工小时,而 2012 年为 7.90 只/人工小时;2012 年诱蚊灯法居民区平均蚊密度为 1.47 只/(灯·h),而 2013 年为 0.24 只/(灯·h)。2012 年拉萨市平均蚊密度较同期海南省低[2.82 只/(灯·h)]^[22]。总体来说 3 种调查方法均反映出 2009 年蚊密度较后 2 次调查为高。不同年份蚊密度高低可能与以下因素有关:首先,3 年间气温高低不同^[23]。2009 年拉萨市达到历史最高温度(30.4 °C),而 2012 年最高温度(29 °C)及 2013 年最高温度(26 °C)较之相对为低(www.tianqi.com)^[24]。2009 年高温与当地相对较高的蚊虫密度表现出较好的一致性。然而,2013 年蚊虫调查时间较前两年为早,对蚊密度潜在的影响尚待进一步核实。第二,国家卫生城市创建的影响。近年来拉萨市加快了国家级卫生城的创建活动,一定程度上抑制了后两年蚊虫密度的增高。第三,居民个人防护意

识增强。随着社会经济的不断发展,居民的自我防护意识不断增强,对蚊密度控制也起到一定程度的促进作用。

拉萨市蚊密度横向比较发现,2013 年公园蚊密度最高,居民区次之,农户和牲畜棚蚊密度相对为低。不同调查点蚊密度差异可能与以下因素有关:公园调查点蚊虫孳生地相对居民区为多,导致蚊密度升高。农户和牲畜棚处于拉萨市西北部娘热乡加尔西村,当地平均海拔(3900 m)较拉萨市内(3650 m)高,蚊密度随海拔升高可能会降低。

3.3 研究的重点 今后可就如下方面进行深入研究。一是进一步分析拉萨市尖音库蚊复合组蚊虫的群体遗传结构及杂交类型^[25];二是进行拉萨市蚊虫溯源研究;三是开展媒介蚊虫、宿主、人群、环境之间相互作用研究。一些自然及社会因素,如气候变化^[26]、降雨格局改变^[27]、旅游发展与人口流动、城市化进程加快^[28]、国际贸易与交通不断发展^[29]、农业种植结构调整和杀虫剂抗性等,对当地蚊虫及蚊媒传染病也造成一定程度的影响,需进一步研究证实。

综上所述,本研究掌握了拉萨市蚊虫种类及密度年际变化,研究结果不仅可为当地蚊虫及蚊媒传染病监测、风险评估、预测预警提供基础数据,还可为我国高海拔地区蚊虫及蚊媒传染病防控提供决策依据。

参考文献

- [1] Liu Q, Liu X, Cirendunzhu, et al. Mosquitoes established in Lhasa city, Tibet, China [J]. Parasite Vector, 2013, 6(1): 224.
- [2] 陆宝麟, 吴厚永. 中国重要医学昆虫分类与鉴别[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2003: 16-46, 388-426.
- [3] Sanogo YO, Kim CH, Lampman R, et al. Identification of male specimens of the *Culex pipiens* complex (Diptera: Culicidae) in the hybrid zone using morphology and molecular techniques [J]. J Med Entomol, 2008, 45(2): 203-209.
- [4] Smith JL, Fonseca DM. Rapid assays for identification of members of the *Culex (Culex) pipiens* complex, their hybrids, and other sibling species (Diptera: culicidae) [J]. Am J Trop Med Hyg, 2004, 70(4): 339-345.
- [5] 赵彤言, 陆宝麟. 中国尖音库蚊复合组杂交的研究[J]. 动物分类学报, 1996, 21(2): 196-223.
- [6] 郭玉红, 刘起勇, 尹遵栋, 等. 西藏林芝地区蚊媒初步调查研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2010, 21(4): 300-302.
- [7] 李佳, 周红宁, 王丕玉, 等. 澜沧江中下游地区居民点蚊虫多样性的初步研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2009, 20(2): 104-107.
- [8] 景晓, 霍新北, 常树珍, 等. 蒙山不同海拔高度蚊虫群落结构特点的比较研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2009, 20(1): 18-20.
- [9] Fonseca DM, Keyghobadi N, Malcolm CA, et al. Emerging vectors in the *Culex pipiens* complex [J]. Science, 2004, 303 (5663): 1535-1538.
- [10] Farajollahi A, Fonseca DM, Kramer LD, et al. "Bird biting" mosquitoes and human disease: a review of the role of *Culex pipiens* complex mosquitoes in epidemiology [J]. Infect Genet Evol, 2011, 11(7): 1577-1585.
- [11] Diaz-Badillo A, Bolling BG, Perez-Ramirez G, et al. The distribution of potential West Nile virus vectors, *Culex pipiens pipiens* and *Culex pipiens quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae), in Mexico city [J]. Parasite Vector, 2011, 4: 70.
- [12] 于萍, 魏荣, 王志亮, 等. 西尼罗病毒蚊媒的种类、研究进展及防控措施[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2005, 16(4): 324-327.
- [13] Barr AR. Occurrence and distribution of the *Culex pipiens* complex [J]. Bull World Health Organ, 1967, 37(2): 293-296.
- [14] Urbanelli S, Silvestrini F, Reisen WK, et al. Californian hybrid zone between *Culex pipiens pipiens* and *Cx. pipiens quinquefasciatus* revisited (Diptera: Culicidae) [J]. J Med Entomol, 1997, 34(2): 116-127.
- [15] Kothera L, Zimmerman EM, Richards CM, et al. Microsatellite characterization of subspecies and their hybrids in *Culex pipiens* complex (Diptera: Culicidae) mosquitoes along a north-south transect in the central United States [J]. J Med Entomol, 2009, 46(2): 236-248.
- [16] Humeres SG, Almiron WR, Sabattini MS, et al. Estimation of genetic divergence and gene flow between *Culex pipiens* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in Argentina [J]. Mem I Oswaldo Cruz, 1998, 93(1): 57-62.
- [17] Fonseca DM, Smith JL, Kim HC, et al. Population genetics of the mosquito *Culex pipiens pallens* reveals sex-linked asymmetric introgression by *Culex quinquefasciatus* [J]. Infect Genet Evol, 2009, 9(6): 1197-1203.
- [18] Cui F, Qiao CL, Shen BC, et al. Genetic differentiation of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) in China [J]. Bull Entomol Res, 2007, 97(3): 291-297.
- [19] 宋社吾, 赵彤言, 蒋书楠, 等. 我国尖音库蚊复合组蚊虫核糖体 DNA 第 2 内转录间隔区序列测定与分析 [J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 2003, 10(2): 74-82.
- [20] Zhao TY, Lu BL. A new record of *Culex pipiens molestus* in China and studies of autogeny and systematics [J]. China J Vector Biol Control, 1993, 4(4): 241-243.
- [21] Li YX, Li MH, Fu SH, et al. Japanese encephalitis, Tibet, China [J]. Emerg Infect Dis, 2011, 17(5): 934-936.
- [22] 何昌华, 赵伟, 王善青, 等. 海南省城区 2012 年蚊虫密度及季节消长分析 [J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2014, 25(1): 15-17.
- [23] Benitez MA. Climate change could affect mosquito-borne diseases in Asia [J]. Lancet, 2009, 373(9669): 1070.
- [24] Li B, Cirendunzhu, Pengcuociren, et al. Rapid warming in Tibet, China: public perception, response and coping resources in urban Lhasa [J]. Environ Health Globe, 2013, 12(1): 71.
- [25] McAbee RD, Green EN, Holeman J, et al. Identification of *Culex pipiens* complex mosquitoes in a hybrid zone of West Nile virus transmission in Fresno county, California [J]. Am J Trop Med Hyg, 2008, 78(2): 303-310.
- [26] Patz JA, Campbell-Lendrum D, Holloway T, et al. Impact of regional climate change on human health [J]. Nature, 2005, 438(7066): 310-317.
- [27] Ruiz MO, Chaves LF, Hamer GL, et al. Local impact of temperature and precipitation on West Nile virus infection in *Culex* species mosquitoes in northeast Illinois, USA [J]. Parasite Vector, 2010, 3(1): 19.
- [28] Easton ER. Urbanization and its effects on the ecology of mosquitoes in Macau, Southeast Asia [J]. J Am Mosq Control Assoc, 1994, 10(4): 540-544.
- [29] Juliano SA, Lounibos LP. Ecology of invasive mosquitoes: effects on resident species and on human health [J]. Ecollett, 2005, 8(5): 558-574.