

· 现场调查 ·

温州市蚊虫分布及白纹伊蚊抗药性调查分析 (2023 年)

李江峰¹ 陈帅² 赵炎煜² 高阳阳¹

¹温州市疾病预防控制中心(温州市卫生监督所)环境与职业健康所,温州 325001;²温州市疾病预防控制中心(温州市卫生监督所)传染病防制所,温州 325001

通信作者:李江峰,Email: lijf2@aliyun.com

【摘要】目的 了解 2023 年温州市蚊虫种群分布、季节特征,及白纹伊蚊对杀虫剂的抗药性情况。**方法** 于 2023 年 4—11 月,在温州市 11 个县(市、区)5 类生境采用诱蚊灯法开展蚊虫分布监测。采用幼虫浸渍法和成蚊接触法分别测定白纹伊蚊幼蚊和成蚊对常用杀虫剂的抗药性。**结果** 2023 年共捕获雌性成蚊 4 506 只,蚊虫密度为 3.76 只/(灯·夜),不同生境成蚊构成差异有统计学意义($\chi^2=874.66, P<0.001$)。牲畜棚成蚊密度最高,淡色库蚊为优势蚊种,占 70.48%(3 176/4 506);成蚊季节消长高峰日为 8 月 3 日,高峰期范围为 6 月 7 日至 10 月 1 日。白纹伊蚊幼蚊对双硫磷和残杀威的抗性倍数分别 7.31 和 4.16,表现为低抗;白纹伊蚊成蚊对 0.05%残杀威表现为敏感,对 0.4%氯菊酯表现为抗性。**结论** 温州市蚊虫以淡色库蚊为主,蚊虫消长有明显的季节特征,应加强牲畜棚、公园、居民区等生境的蚊虫治理。白纹伊蚊幼虫和成蚊对常用杀虫剂产生不同程度的抗性。

【关键词】 白纹伊蚊;蚊虫;抗药性;成蚊密度

基金项目:温州市科学技术局基础性公益科研项目(Y2023027、Y2023029)

DOI: 10.3760/cma.j.cn331340-20240129-00025

Investigation on the distribution of mosquitoes and insecticide resistance of *Aedes albopictus* in Wenzhou, 2023

Li Jiangfeng¹, Chen Shuai², Zhao Yanyu², Gao Yangyang¹

¹Environmental and Occupational Health Institute, Wenzhou Center for Disease Control and Prevention (Wenzhou Health Supervision Institute), Wenzhou 325001, China; ²Department of Infectious Disease Control and Prevention, Wenzhou Center for Disease Control and Prevention (Wenzhou Health Supervision Institute), Wenzhou 325001, China
Corresponding author: Li Jiangfeng, Email: lijf2@aliyun.com

【Abstract】Objective To investigate the population distribution and seasonal fluctuation of mosquitoes, and the insecticide resistance of *Aedes albopictus* in Wenzhou in 2023. **Methods** From April to November 2023, mosquito distribution monitoring was conducted in 11 counties (cities and districts) of Wenzhou using light traps across 5 biotopes. The insecticide resistance of *Aedes albopictus* larvae and adults to commonly used insecticides was assessed by larval immersion test and adult contact method, respectively. **Results** A total of 4 506 female adult mosquitoes were captured in 2023, with the density of 3.76 insects per lamp at one night. The composition of adult mosquitoes was statistically significant in different habitats ($\chi^2=874.66, P<0.001$), with the highest density of mosquitoes found in livestock sheds. *Culex pipiens pallens* was the dominant species, accounting for 70.48% (3 176/4 506). The peak of seasonal mosquito abundance occurred on August 3, with the peak period ranging from June 7 to October 1. The resistance ratios of *Aedes albopictus* larvae to temephos and propoxur were 7.31 and 4.16, respectively, indicating low resistance. The adult mosquitoes of *Aedes albopictus* were sensitive to 0.05% propoxur, but showed resistance to 0.4% permethrin. **Conclusions** The dominant species in Wenzhou is *Culex pipiens pallens*. Adult mosquitoes show distinct seasonal variations, and mosquito control should be strengthened in habitats such as livestock sheds, parks, and residential areas. *Aedes albopictus* larvae and adults have developed varying degrees of resistance to commonly used insecticides.

【Key words】 *Aedes albopictus*; Mosquito; Insecticide resistance; Density of mosquitoes

Fund program: Basic Public Welfare Research Project of Wenzhou Science & Technology Bureau (Y2023027, Y2023029)

DOI: 10.3760/cma.j.cn331340-20240129-00025

蚊类是登革热、黄热病和疟疾等多种传染病的传播媒介, 每年有超过 70 万人死于媒介生物传染病^[1-3]。温州位于东南沿海和长江三角洲中心区, 为中亚热带季风气候, 有利于蚊虫孳生。蚊虫生态学监测与抗药性监测是防控蚊媒传染病的重要手段和关键措施^[4-5]。2019 年温州地区曾发生过登革热疫情^[6], 控制疫情过程中不同程度使用化学杀虫剂来降低媒介伊蚊密度, 但媒介伊蚊是否对杀虫剂产生抗性尚不清楚, 目前尚无 2020—2022 年温州地区登革热媒介白纹伊蚊对常用杀虫剂抗药性的研究报告, 而登革热输入风险持续存在。本研究通过对不同生境类型的蚊虫开展动态监测, 同时采集白纹伊蚊 (*Aedes albopictus*) 试虫进行常用杀虫剂抗性试验, 更科学有效地进行虫媒传染病的风险评估、预测和预警, 为下一步建立温州市虫媒传染病风险评估体系提供参考依据。

材料与方法

一、蚊类监测

1. 数据来源

2023 年温州市 11 个县(市、区)病媒生物蚊类监测点数据。

2. 监测生境的选择

按照浙江省疾病预防控制中心《浙江省病媒生物监测方案》的具体要求, 结合 11 个县(市、区)辖区环境特点, 以县域为单位分别选择有代表性的 5 类生境进行随机抽样确定监测点并开展调查, 所选择的各类生境具备人员聚集和植被覆盖的特点, 每处测点在城区选择城镇居民区、公园(含街心公园)、医院各不少于 2 处, 农村选择民房和牲畜棚(牛棚、猪圈、羊圈、养殖场等)各不少于 2 处。除牲畜棚外, 其它均在外环境中进行。

3. 监测方法

诱蚊灯法参考《GB/T23797—2009 病媒生物密

度监测方法 蚊虫》尽量避免光源和风的影响, 每处监测生境放置诱蚊灯 1 台, 离地高度 1.5 m。收集蚊虫后, 麻醉或冷冻处死, 鉴定种类、雌雄并计数。蚊密度 [只/(灯·夜)] = 捕获雌蚊数(只)/(布放灯数×诱蚊夜数)。调查时间为 2023 年的 4—11 月。

二、白纹伊蚊抗药性检测

1. 试虫采集与饲养

2023 年 6—7 月在伊蚊活动高峰期(下午 15:30—18:30)在温州市各蚊虫监测点采集样本, 将采集的幼蚊带回实验室混合饲养培育繁殖至 F1~F2 代, 吸取健康的 3 龄末 4 龄初期幼蚊和羽化后 3~5 日龄健康雌成蚊, 分别进行幼蚊和成蚊抗药性试验。饲养室温度为 (26±1) °C, 相对湿度为 60%~80%。

2. 测试药剂

测试原药分别为 91.56% 双硫磷、97% 残杀威、98.6% 溴氰菊酯和 95.8% 高效氯氰菊酯; 诊断剂量药膜纸分别为 0.08% 高效氯氰菊酯、0.03% 溴氰菊酯、0.4% 氯菊酯、0.05% 残杀威和 0.5% 马拉硫磷, 测试药剂由中国疾病预防控制中心传染病预防控制所提供。溶剂采用丙酮为分析纯。幼蚊和成蚊抗药性分别采用国家标准《GB/T26347—2010 蚊虫抗药性检测方法 生物测定法》的幼虫浸渍法和成蚊接触法进行测定^[7]。

3. 幼虫浸渍法

参考文献报道和通过预实验测试^[8-9], 按等差或等比配置 5~7 个浓度梯度, 分别加入 20~30 条健康的试虫, 对照组加入对应的丙酮, 实验重复 3 次。24 h 后记录幼虫死亡情况, 死亡判定标准以针尖轻触幼虫, 不能运动或对刺激仅有微小反应即为死亡。

4. 成蚊接触法

组装恢复筒, 用电动吸蚊器捕捉未吸血雌蚊 20~30 只放入恢复筒进行相应步骤的实验, 24 h 后记录试虫死亡数和总数, 试虫没有生命迹象, 不能飞行、停落时不能站立和移动判为死亡。实验重复 3

次,设对照组。

5. 抗药性判定

幼虫抗性判定:计算测试药剂的半数致死浓度(LC₅₀)及其 95%置信区间(95%CI)。抗性倍数=测试种群 LC₅₀/敏感种群 LC₅₀,其中敏感种群数据参考中国疾病预防控制中心传染病预防控制所媒介生物控制室测定结果^[10-11]。幼虫抗性倍数<3 为敏感,≥3~<10 为低抗,≥10~<40 为中抗,≥40 为高抗。成蚊抗性判定:计算死亡率,死亡率<80%为抗性种群,死亡率为 80%~97%为可能抗性种群,死亡率为 98%~100%为敏感种群。

三、统计学方法

采用 WPS 2023 软件、SPSS 20.0 软件统计分析。计数资料以率和百分比表示,率的比较采用χ²检验。通过回归 Probit 分析计算幼蚊的 LC₅₀、95%CI 及毒力回归方程。采用圆形分布法分析成蚊的季节特征,计算流行高峰日和流行高峰期,通过 Rayleigh's 检验对平均角度 \bar{a} 假设检验,计算统计量雷氏 Z 值^[12],P<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

一、成蚊密度与种群

2023 年温州市共布放诱蚊灯 1 198 台夜,捕获雌性成蚊 4 506 只,平均蚊密度为 3.76 只/(灯·夜),其中以牲畜棚/养殖场成蚊密度最高,为 6.84 只/(灯·夜),其次是公园、医院、农户和城镇居民区,分别是 3.92、2.92、2.77 和 2.65 只/(灯·夜)。由表 1 可见,捕获的成蚊中以淡色库蚊(*Culex pipiens pallens*)为优势蚊种,占 70.48%(3 176/4 506),其次是白纹伊蚊,占 14.82%(668/4 506)。牲畜棚/养殖

场占比较高为淡色库蚊、白纹伊蚊和中华按蚊(*Anopheles sinensis*),农户和医院中占比较高的为淡色库蚊、三带喙库蚊(*Culex tritaeniorhynchus*)和白纹伊蚊,公园和城镇居民区占比较高的为淡色库蚊和白纹伊蚊,不同生境成蚊构成比差异有统计学意义(χ²=874.66,P<0.001)。

二、成蚊季节分布变化

2023 年温州市市蚊密度季节分布呈单峰型,7 月蚊密度达最高峰,为 7.67 只/(灯·夜),之后成蚊密度开始回落。经过圆形分布计算显示,γ=0.61,集中度较高,经检验,Z=1 678.73(P<0.001),表示平均角度存在,可知成蚊分布有一定的集中趋势。在季节分布上存在高峰时间点,平均角度为 212.46°,位于第三象限,推算出高峰时间点为 8 月 3 日,角标准差为 S=56.93°,高峰期范围为 6 月 7 日至 10 月 1 日,持续接近 4 个月(表 2)。

表 2 2023 年温州市不同月份雌性成蚊密度变化情况

月份	布灯数(台夜)	捕获雌蚊数(只)	密度[只/(灯·夜)]
4	148	217	1.47
5	150	417	2.78
6	150	559	3.73
7	150	1 150	7.67
8	150	676	4.51
9	150	725	4.83
10	150	428	2.85
11	150	334	2.23
合计	1 198	4 506	3.76

三、白纹伊蚊幼虫抗药性

白纹伊蚊幼虫对双硫磷及残杀威均表现为低抗水平,抗性倍数分别是敏感品系的 7.31 和 4.16 倍(表 3)。

表 1 2023 年温州市不同生境雌性成蚊密度及种群构成

生境	布灯数(台夜)	捕获雌蚊数(只)	密度[只/(灯·夜)]	雌蚊种群[只(%)]					
				淡色库蚊	三带喙库蚊	白纹伊蚊	中华按蚊	骚扰阿蚊	其他蚊类
城镇居民区	240	636	2.65	519(81.60)	14(2.20)	88(13.83)	1(0.16)	14(2.20)	0(0)
公园	240	941	3.92	751(79.81)	8(0.85)	170(18.07)	6(0.64)	2(0.21)	4(0.42)
医院	240	701	2.92	580(82.74)	53(7.56)	64(9.13)	4(0.57)	0(0)	0(0)
农户	256	709	2.77	502(70.80)	103(14.53)	67(9.45)	10(1.41)	20(2.82)	7(0.99)
牲畜棚/养殖场	222	1 519	6.84	824(54.25)	74(4.87)	279(18.37)	306(20.14)	31(2.04)	5(0.33)
合计	1 198	4 506	3.76	3 176(70.48)	252(5.59)	668(14.82)	327(7.26)	67(1.49)	16(0.36)

四、白纹伊蚊成蚊抗药性

白纹伊蚊成蚊对溴氰菊酯、马拉硫磷和高效氯氰菊酯表现为可能抗性,死亡率分别为 85.71%(72/84)、85.29%(58/68)和 83.82%(57/68);对氯菊酯表现为抗性,死亡率为 72.60%(53/73);对残杀威表现为敏感,死亡率为 100.00%(70/70)(表 4)。

讨 论

蚊媒监测和抗药性监测为蚊媒传染病的早期预警、风险评估及科学防控等工作提供科学依据^[13-14]。

一、温州市的蚊虫以淡色库蚊为优势蚊种,牲畜棚(养殖场)蚊密度最高

温州市平均成蚊密度为 3.76 只/(灯·夜),采集到的蚊虫以淡色库蚊为优势蚊种,其次是白纹伊蚊、中华按蚊、三代喙库蚊和骚扰阿蚊,优势蚊种与浙江省和温州市历史监测结果一致^[15-16],种群构成相对稳定。各监测生境主要以淡色库蚊为优势种,不同生境成蚊构成也有不同,可能与蚊种活动时间和喜好的栖息地不同有关,也受选择的监测生境所影响。监测显示,牲畜棚(养殖场)蚊密度最高,为 6.84 只/(灯·夜),可能与牲畜棚卫生条件差、有圈养的家畜及蚊虫嗜血习性有关系,应提升养殖场建筑布局,确保通风良好,采光充足,有条件可以改造动物栏舍尺寸和控制温湿度,定期进行场地、设施和器具的清洗和消毒,确保卫生环境。同时针对其他生境也应采取相对应的防治措施,清理蚊虫孳生地,降低蚊虫密度^[17]。

二、温州市蚊虫总体密度分布呈单峰分布,与国内报道较一致

温州市蚊虫总体密度分布呈单峰分布,高峰在 7 月,圆形分布推算高峰日在 8 月 3 日,高峰期范围为 6 月 7 日至 10 月 1 日,与国内报道媒介蚊虫总密度季节消长呈单峰曲线活动,高峰集中在 6—9 月较一致^[18-19]。因此在夏秋季节应加强蚊类防控工作力度,组织人员定期清除闲置无用积水、绿化带、轮胎和卫生死角的塑料薄膜等容器,容器积水要求防雨加盖,做到水中无幼虫,对于其他不能清除的积水密闭管道井、地下室或地下车库的集水井,采取投放长效灭蚊幼剂控制蚊虫孳生,降低高峰期蚊虫密度。

三、白纹伊蚊幼蚊对双硫磷和残杀威表现为低抗,成蚊对残杀威敏感,对氯菊酯表现为抗性

近年来,全球登革热发病率大幅增长,全球约有一半人口处于登革热发生的风险区^[4]。白纹伊蚊是传播登革热的重要媒介,为浙江省常见的蚊虫之一,且密度普遍较高,每年都引发多例登革热病例,严重威胁居民健康^[20]。本次研究显示白纹伊蚊幼虫对有机磷杀虫剂双硫磷和氨基甲酸酯类杀虫剂残杀威均表现出低抗,与省内其他城市研究的抗性水平类似,可能因上述杀虫剂杀虫谱广、价格便宜等特点而被广泛应用导致出现一定的抗性。白纹伊蚊成蚊对氯菊酯表现为抗性,对杀虫剂高效氯氰菊酯、溴氰菊酯和马拉硫磷表现为可能抗性,对残杀威表现出敏感,与宁波市、舟山市和杭州市的研究结果不完全一致^[18-21],共同特点是对氨基甲酸酯类

表 3 2023 年温州市白纹伊蚊幼蚊对 2 种杀虫剂的抗药性水平

测试药剂	试虫种群 LC ₅₀ 值及 95%CI(mg/L)	毒力回归方程	敏感品系 LC ₅₀ 值(mg/L)	抗性倍数	抗性等级
双硫磷	0.012(0.005~0.019)	y=3.20+1.66x	0.002	7.31	低抗
残杀威	1.514(0.63~3.08)	y=-0.24+1.34x	0.364	4.16	低抗

注:LC₅₀:半数致死浓度

表 4 2023 年温州市白纹伊蚊成蚊对常见杀虫剂的抗药性水平

测试药剂	试虫数(只)	死亡数(只)	死亡率(%)	抗性等级
0.08%高效氯氰菊酯	68	57	83.82	可能抗性
0.03%溴氰菊酯	84	72	85.71	可能抗性
0.4%氯菊酯	73	53	72.60	抗性
0.05%残杀威	70	70	100.00	敏感
0.5%马拉硫磷	68	58	85.29	可能抗性

杀虫剂残杀威敏感,可能与近年来各地选用氨基甲酸酯类杀虫剂相对较少,其他种类杀虫剂尤其是拟除虫菊酯类杀虫剂选择较多有关^[22]。但蚊虫抗药性受影响因素较多,具体原因还有待深入分析。

综上所述,温州市每年在夏秋季节应及时开展蚊虫防控工作,清除蚊虫孳生地,选择合适的防蚊设施,科学指导化学防治,持续加强抗药性监测,为今后杀虫剂的使用提供参考依据。本研究由于时间有限,现阶段研究以蚊虫抗药性为主,尚未开展病原学研究,同时本次研究为 1 个年度抗药性和蚊媒监测分析,缺少抗药性和监测分析的连续性比较,结果分析应用有限。今后计划在病原学方面进行更深入研究,同时持续开展媒介监测和动态分析,更全面利用监测结果,为防制蚊媒传染病提供参考依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 李江峰:课题设计、数据分析、论文撰写;陈帅:实验操作、蚊虫饲养;赵炎焱:数据整理、实验操作;高阳阳:现场采样、实验操作

参 考 文 献

- [1] World Health Organization. Global vector control response 2017–2030[R]. Geneva: World Health Organization, 2017.
- [2] Yu X, Zhu Y, Xiao X, et al. Progress towards understanding the mosquito-borne virus life cycle[J]. Trends Parasitol, 2019, 35(12): 1009-1017. DOI: 10.1016/j.pt.2019.09.006.
- [3] 刘起勇.新时代媒介生物传染病形势及防控对策[J].中国媒介生物学及控制杂志, 2019, 30(1): 1-6,11.DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2019.01.001
- [4] 赵春春,周欣欣,李文玉,等.2020 年中国 13 省份登革热媒介白纹伊蚊抗药性监测及分析研究[J].中国媒介生物学及控制杂志, 2022, 33(1): 33-37. DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2022.01.006.
- [5] 卢娜,周红宁.我国登革热重要媒介白纹伊蚊抗药性研究进展[J].热带病与寄生虫学, 2022, 20(3): 165-169.DOI:10.3969/j.issn.1672-2302.2022.03.007.
- [6] 龚震宇,张新卫,侯娟,等.浙江省病媒生物防制工作实践、存在的问题及对策建议[J].中国媒介生物学及控制杂志, 2020, 31(2): 121-125.DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2020.02.001.
- [7] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T26347-2010 蚊虫抗药性检测方法 生物测定法[S].北京:中国标准出版社, 2011.
- [8] 马敏,马晓,徐明,等.浙江省宁波地区登革热疫情前后白纹伊蚊抗药性调查[J].疾病监测, 2021, 36(9): 906-909.DOI:10.3784/jbjc.202105310287.
- [9] 刘洁楠,金永富,易井萍,等.舟山市白纹伊蚊对常见杀虫剂的抗药性调查[J].预防医学, 2018, 30(8): 806-808.DOI:10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2018.08.012.
- [10] Wang YG, Liu X, Li CL, et al. A survey of insecticide resistance in *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) during a 2014 dengue fever outbreak in Guangzhou, China[J]. J Econ Entomol, 2017, 110(1): 239-244. DOI:10.1093/jee/tow254.
- [11] 王义冠.我国登革热媒介伊蚊抗药性监测及抗性数据分析[D].北京:中国疾病预防控制中心,2016.
- [12] 董欢欢,刘兴荣.基于集中度和圆形分布法分析甘肃省人间布氏菌病季节性特征[J].中华疾病控制杂志, 2022, 26(2): 227-231. DOI:10.16462/j.cnki.zhjbkz.2022.02.018.
- [13] 查兵,吴丽琴,单天赐,等.2018—2021 年马鞍山市成蚊生态学监测分析[J].中华卫生杀虫药械, 2023, 29(2): 149-152.DOI:10.19821/j.1671-2781.2023.02.015.
- [14] 王巧燕,王韶华,武峥嵘,等.上海市嘉定区 2018—2020 年成蚊生态学监测研究[J].中国媒介生物学及控制杂志, 2022, 33(3): 346-350. DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2022.03.006.
- [15] 吴瑜燕,龚震宇,侯娟,等.浙江省 2011—2013 年病媒生物监测结果分析[J].中国媒介生物学及控制杂志, 2015, 26(4): 394-397. DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2015.04.017.
- [16] 朱子福,倪朝荣,凌颖.温州市 2010—2013 年蚊虫密度监测结果及变化趋势分析 [J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2015, 26(3): 322-324. DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2015.03.028.
- [17] 张燕,周敬祝,王丹,等.贵州省 2017—2021 年蚊类监测分析[J].中国媒介生物学及控制杂志, 2023, 34(3): 356-361.DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2023.03.013.
- [18] 赵宁,郭玉红,吴海霞,等.2019 年全国媒介蚊虫监测报告[J].中国媒介生物学及控制杂志, 2020, 31(4): 395-400,406.DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2020.04.003.
- [19] 刘起勇. 2005—2020 年我国媒介生物传染病报告病例: 流行趋势、防控挑战及应对策略[J].中国媒介生物学及控制杂志, 2022, 33(1): 1-7. DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2022.01.001.
- [20] 刘钦梅,侯娟,韦凌娅,等.浙江省 4 个地区 2018 年登革热媒介白纹伊蚊密度及抗药性监测 [J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2020, 31(3): 263-267. DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2020.03.004.
- [21] 韦凌娅,孔庆鑫,王慧敏,等.杭州市 2017 年登革热疫情应急控制前后白纹伊蚊抗药性调查 [J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2019, 30(6): 678-681. DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2019.06.020.
- [22] 赵春春,朱彩英,贾清臣,等.2017—2018 年我国不同区域白纹伊蚊对常用杀虫剂的抗药性[J].中国媒介生物学及控制杂志, 2020, 31(2): 126-132. DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2020.02.002.

(收稿日期:2024-01-29)