

登革热暴发后媒介伊蚊的应急监测

马敏¹, 徐明¹, 易波¹, 诸小东², 严智勇³, 杨思嘉¹, 王桂安¹, 陈小英¹, 孙斌¹, 马晓¹

1 宁波市疾病预防控制中心消毒与媒介生物防制所/传染病防治所, 浙江 宁波 315010;

2 宁波市康龙爱威病媒生物防制有限公司; 3 宁波宇鹰病媒生物防制有限公司

摘要: **目的** 动态监测登革热核心区、警戒区和监控区媒介伊蚊密度, 根据监测结果评估登革热传播风险并及时采取媒介伊蚊控制措施。 **方法** 2018年8月下旬至10月下旬, 在监控区采用布雷图指数(BI)法按旬加强幼蚊密度监测, 监测生境选择城镇居民区、农村居民区及托幼/医疗机构; 核心区和警戒区实行网格化管理, 并同时采用BI法和双层叠帐法开展蚊媒密度应急监测及控制。 **结果** 监控区平均BI为23.06, 不同县(市、区)间平均BI差异较大, 其中宁海县最高(50.42), 海曙区最低(4.81)。市区平均BI(13.57)低于非市区(33.84), 至10月下旬, 全市平均BI下降至14.09, 其中海曙区(1.77)和江北区(3.54)降至安全阈值以下(BI<5)。登革热核心区和警戒区平均BI为3.27; 平均帐诱指数为1.02只/(顶·h)。各核心区在开始调查处置后, BI和帐诱指数快速下降并趋于平稳, 分别于2.61和1.57 d后降至安全阈值以下。 **结论** 通过科学合理的媒介应急监测, 并根据监测结果采取强有力的防控措施, 可以有效降低登革热媒介密度, 控制登革热的传播。

关键词: 登革热; 网格化管理; 布雷图指数; 帐诱指数; 曲线估计

中图分类号: R373.3⁺.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-8280(2019)04-0374-05

DOI: 10.11853/j.issn.1003.8280.2019.04.004

Emergency surveillance of vector *Aedes* after a dengue outbreak

MA Min¹, XU Ming¹, YI Bo¹, ZHU Xiao-dong², YAN Zhi-yong³, YANG Si-jia¹, WANG Gui-an¹,

CHEN Xiao-ying¹, SUN Bin¹, MA Xiao¹

1 Ningbo Center for Disease Control and Prevention, Ningbo 315010, Zhejiang Province, China;

2 Ningbo Kanglongaiwei Vector Control Limited Company; 3 Ningbo Yuying Vector Control Limited Company

Corresponding author: MA Xiao, Email: max@nbcdc.org.cn

Supported by the Ningbo Medical Science and Technology Project (No. 2017A29) and Ningbo Health Branding Subject Fund Field Epidemiology (No. ppxk201810)

Abstract: Objective To survey dynamically the density of vector *Aedes* in the core area, warning area, and observing area, to evaluate the risk of dengue transmission based on the surveillance results, and to adopt control measures against vector *Aedes*. **Methods** From late August to late October, 2018, urban residential areas, rural residential areas, and nurseries or medical institutions were selected as surveillance habitats, and the densities of *Aedes* larvae in the observing area were surveyed by Breteau index (BI) every ten days; in the core area and warning area, communities with dengue cases received grid management, and the densities of vector *Aedes* were carried out emergency surveillance by BI and double bed net trap. **Results** The mean BI of observing area was 23.06. The mean BI varied widely in different counties (cities or districts). Ninghai county had the highest BI of 50.42, whereas Haishu district had the lowest BI of 4.81. The mean BI of urban areas (13.57) was significantly lower than that of suburban areas (33.84). By late October, the mean BI of the whole city declined to 14.09, especially in Haishu district (1.77) and Jiangbei district (3.54) (below the safety threshold, BI<5). The mean BI and bed net trap index in the core area and warning area were 3.27 and 1.02 mosquitoes per net per hour, respectively. Both BI and bed net trap index quickly declined and then leveled off after emergency investigation and settlement, and were below the safety thresholds after 2.61 and 1.57 days. **Conclusion** Based on the reasonable emergency surveillance of vector, combined with powerful prevention and control measures, the densities of dengue vectors can be effectively reduced to control the risk of dengue transmission.

Key words: Dengue; Grid management; Breteau index; Bed net trap index; Curve estimation

登革热是一种急性蚊媒病毒病, 主要通过埃及伊蚊(*Aedes aegypti*)和白纹伊蚊(*Ae. albopictus*)叮咬传播, 广泛流行于热带和亚热带地区, 是我国传染病法规定的乙类传染病^[1]。我国埃及伊蚊主要分布在

基金项目: 宁波市医学科技计划项目(2017A29); 宁波市医疗卫生品牌学科现场流行病学项目(ppxk201810)

作者简介: 马敏, 女, 博士, 主要从事媒介生物防制工作, Email: mamin2013@126.com

通信作者: 马晓, Email: max@nbcdc.org.cn

网络出版时间: 2019-06-20 19:59 **网络出版地址:** <http://navi.cnki.net/knavi/JournalDetail?pcode=CJFD&pykm=ZMSK>

台湾、海南、广东和云南省边境区域,分布比较局限,而白纹伊蚊则分布较广,在多数省份均有分布,是我国登革热的重要传播媒介^[2-3]。近年来,我国多个地区发生登革热暴发流行,尤其东南沿海地区城市化发展快,旅游、商贸大幅度发展,人口流动增加为登革热的传播提供了有利条件。浙江省的自然环境和气候条件非常适合白纹伊蚊的生长繁殖,而国际商贸旅游的蓬勃发展又使疫情输入的风险大大提高,一旦有登革热病例输入,极有可能引起登革热的本地暴发流行。浙江省受境外疫情影响,已先后多次暴发登革热疫情^[4-7]。2017 年,杭州市发生登革热大暴发,累计登革热病例达 1 000 余例,是浙江省近年来发生的最大规模登革热疫情^[6]。时隔 1 年,2018 年浙江省宁波市也发生了登革热本地暴发疫情,累计本地感染病例 55 例。在此次疫情防控过程中,媒介伊蚊密度监测作为登革热防控的重要内容,为疫情的有效控制起到了至关重要的作用,而作为宁波市首次较大规模的城市登革热疫情,在处置过程中也积累了一定经验,现将相关媒介伊蚊应急监测情况报告如下。

1 材料与方法

1.1 加强监测 2018 年 8 月 21 日至 10 月 31 日,在全市尚未出现登革热病例报告的所有街道/乡镇,按旬开展布雷图指数(BI)监测,2 次监测间隔时间 > 7 d。每个街道/乡镇选择城镇居民区、农村居民区及托幼/医疗机构 3 种生境各 1 个为监测对象,总监测户数 ≥ 60 户。其中城镇居民区 ≥ 30 户/街道(1 个楼道按 2 户计算),农村居民区 ≥ 20 户/街道(样本不足或无农村居民区的街道以城镇居民区补足),托幼/医疗机构外环境 ≥ 10 户(按 30 m² 为 1 户折算,样本不足以城镇居民区补足)。监测对象避免重复,监测中发现的积水容器及时开展孳生地处理。一旦在辖区内发现登革热病例,病例所在街道/乡镇将按网格化监测要求开展监测工作。

1.2 应急监测 登革热疫区实行网络化管理,将核心区和警戒区以网格化形式细分,横向到边、纵向到底,不留死角。在病例报告 24 h 内,以社区为单位,选派 2 名业务骨干进入疫点,连续 3 d 开展辖区内媒介伊蚊幼虫 BI 和成蚊双层叠帐监测,从第 4 天起,在同时满足 BI 监测结果 < 5,帐诱指数 ≤ 2 只/(顶·h)的前提下,留驻 1 名同志作为网格化工作人员,每 2 天一次开展后续登革热综合防控工作。

1.3 媒介伊蚊密度指标 伊蚊幼虫密度指标: BI = 伊蚊阳性容器数/调查户数 × 100;伊蚊成蚊密度指标: 帐诱指数 [只/(顶·h)] = [捕获伊蚊数(只)/蚊帐

数(顶) × 30 min] × 60 min/h

1.4 统计学分析 利用 SPSS 22.0 软件中的 11 种曲线回归模型(分别为线性、二次曲线、复合曲线、增长曲线、对数曲线、三次曲线、S 曲线、指数曲线、逆函数、幂函数和逻辑函数)分别将 BI 和帐诱指数与调查时间进行曲线拟合,根据相关系数 R^2 、 F 值和 P 值等常用统计量作为模型选择的标准,建立最优回归方程,并分别计算出 BI 为 5 和帐诱指数为 2 时需要的调查处置时间。

2 结果

2.1 监控区加强监测

2.1.1 监测概况 2018 年 8 月 21 日至 10 月 31 日,在宁波市 10 个县(市、区)所有未出现登革热病例报告的街道/乡镇按旬开展 BI 监测。共入户调查 70 628 户,查获积水容器 64 264 个,伊蚊阳性容器 16 289 个,平均 BI 为 23.06(表 1)。

表 1 2018 年宁波市不同县(市、区)伊蚊幼虫监测概况
Table 1 Results of *Aedes* larvae surveillance in different counties (cities or districts) of Ningbo, Zhejiang province, China, 2018

地区		调查 户数	积水容器数 (个)	伊蚊阳性容器数 (个)	布雷图 指数
市区	海曙区	6 388	1 237	307	4.81
	江北区	3 360	2 272	266	7.92
	鄞州区	13 250	9 097	1 629	12.29
	镇海区	2 817	2 106	478	16.97
	北仑区	4 860	3 256	962	19.79
非市区	奉化区	6 875	5 444	1 454	21.15
	慈溪市	8 820	12 458	3 273	37.11
	余姚市	8 830	8 822	2 104	23.83
	宁海县	7 699	12 081	3 882	50.42
	象山县	7 729	7 491	1 934	25.02
合计		70 628	64 264	16 289	23.06

2.1.2 不同县(市、区)伊蚊幼虫密度 宁波市 10 个县(市、区)中,宁海县、慈溪市、象山县、余姚市、奉化区的平均 BI > 20,海曙、江北、鄞州、镇海和北仑区的平均 BI < 20(表 1)。不同县(市、区)间白纹伊蚊幼虫密度指数差异较大,其中以宁海县平均 BI 最高,达 50.42;海曙区最低,为 4.81。市区平均 BI (13.57)低于非市区(33.84)。总的来说,随着时间的推移,各县(市、区)幼蚊密度均呈下降趋势,进入 10 月以后,全市平均 BI 一直保持在 20 以下(表 2)。至 10 月下旬,平均 BI 下降至 14.09,较 8 月下旬降低了 50.96%,其中海曙区(1.77)和江北区(3.54)的平均 BI 降至安全阈值以下(BI < 5)。

2.1.3 不同生境伊蚊幼虫密度情况 城镇居民区、农村居民区及托幼/医疗机构 3 种生境平均 BI 分别为 16.82、32.89 和 17.63(表 3)。其中农村居民区平

表2 2018年宁波市各县(市、区)布雷图指数随时间变化情况

Table 2 Dynamics of Breteau index with time in different counties (cities or districts) of Ningbo, Zhejiang province, China, 2018

地区	8月		9月		10月		
	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
海曙区	10.08	4.41	6.28	5.27	2.75	2.09	1.77
江北区	11.88	8.33	11.25	7.29	7.92	5.21	3.54
鄞州区	18.89	15.51	16.90	11.30	8.09	8.64	6.31
镇海区	15.64	26.29	32.15	22.06	7.46	9.66	7.03
北仑区	35.28	25.33	26.19	15.58	10.79	10.74	8.07
奉化区	34.35	22.19	21.70	29.26	15.60	13.30	12.20
慈溪市	41.35	39.52	46.27	40.79	34.60	31.43	25.79
余姚市	31.27	26.98	29.21	24.68	21.75	17.64	15.32
宁海县	55.03	63.98	64.57	60.65	43.52	37.35	28.43
象山县	23.46	28.61	33.33	28.20	22.91	19.69	19.08
均值	28.73	25.86	29.88	25.97	19.25	17.16	14.09

表3 2018年宁波市不同生境伊蚊幼虫监测结果

Table 3 Results of *Aedes* larvae surveillance in different habitats of Ningbo, Zhejiang province, China, 2018

调查生境	调查户数	积水容器数(个)	阳性容器数(个)	布雷图指数
城镇居民区	32 159	20 881	5 409	16.82
农村居民区	26 855	32 547	8 832	32.89
托幼/医疗机构	11 614	10 836	2 048	17.63
合计	70 628	64 264	16 289	23.06

均BI最高,城镇居民区最低。随着时间的推移,3种不同生境的BI均呈下降趋势(图1)。托幼机构外环境的孳生地主要是供小朋友玩耍攀爬的大量轮胎,该生境9月上旬的BI与8月下旬比较有明显下降,主要是因为托幼机构在9月初开学前进行了一次全面卫生大扫除活动,明显减少了蚊虫孳生地。

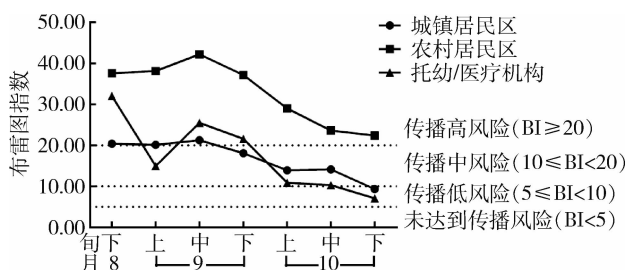


图1 2018年宁波市3种生境伊蚊幼虫密度随时间分布情况

Figure 1 Dynamics of *Aedes* larvae density with time in three habitats of Ningbo, Zhejiang province, China, 2018

2.2 核心区和警戒区网格化监测

2.2.1 监测概况 登革热核心区和警戒区实行网格化管理,先后委派中心27名应急队员进入各网格协助辖区开展登革热综合防控工作,累计开展监测296人次。共调查42 413户,发现伊蚊阳性容器1 386个,平均BI为3.27;双层叠帐法共监测399顶·h,捕获成蚊406只,平均帐诱指数为1.02只/(顶·h)。

2.2.2 BI和帐诱指数与调查时间的相关性 以调查时间为横轴,以网格区域内平均BI/平均帐诱指数为纵轴构建白纹伊蚊密度变化曲线(图2)。各核心区点在调查处置第1天平均BI和平均帐诱指数分别为12.66和3.49只/(顶·h),在连续调查3~5 d内幼蚊和成蚊密度均呈快速下降趋势,随后趋于平稳,并保持在较低水平(图2)。

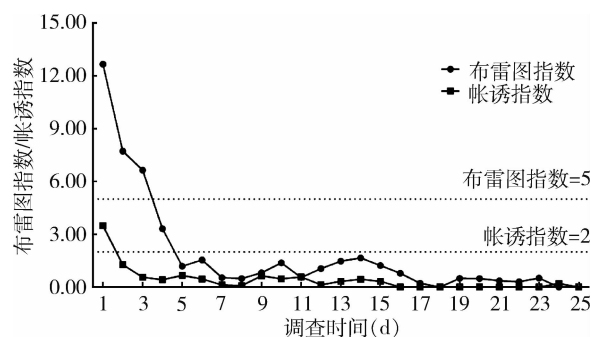


图2 2018年登革热媒介伊蚊网格化监测结果随时间变化情况

Figure 2 Dynamics of vector *Aedes* grid surveillance with time in 2018

利用SPSS 22.0软件中的11种曲线回归模型对BI和帐诱指数分别进行曲线估计分析,结果显示两者均可构建一次曲线、对数曲线、逆函数、二次曲线和三次曲线5种模型,其中均以逆函数的拟合度最高(BI: $R^2=0.931$, $F=312.532$; 帐诱指数: $R^2=0.906$, $F=221.031$),且回归方程有统计学意义($P=0.000$)(表4)。因此采用逆函数构建BI和帐诱指数曲线,其拟合方程分别为:(1) $Y=-0.288+13.788/t$; (2) $Y=-0.094+3.291/t$ 。把 $Y=5$ (即BI=5)代入方程(1),解得 $t=2.61$,即调查处置2.61 d, BI可以降到5;将 $Y=2$ (即帐诱指数=2)代入方程(2),解得 $t=1.57$,即调查处置1.57 d,帐诱指数可以降到2。

3 讨论

登革热是由媒介伊蚊传播的急性传染病,播散速度非常快,但是目前并无有效疫苗和针对性的治疗药物。因此,防控蚊虫孳生与叮咬,是切断登革热传播途径的重要手段,也是目前甚至较长时间内控制疫情的唯一有效途径^[1]。根据中国疾病预防控制中心印发的登革热防治技术指南^[8],在流行季节发现输入或本地登革热病例时,应启动应急监测,作为疫情调查处理的重要内容。应急监测采用BI法和双层叠帐法分别监测伊蚊幼虫和成蚊密度,并以BI<5,帐诱指数≤2只/(顶·h)作为控制登革热传播的阈值。

本次登革热媒介伊蚊监控区采用BI法按旬加

表 4 布雷图指数和帐诱指数的曲线拟合结果
Table 4 Curve fitting results of Breteau index and bed net trap index

项目	模型名称	相关系数(R^2)	F 值	P 值	b_0	b_1	b_2	b_3
布雷图指数	一次曲线	0.436	17.774	0.000	5.257	-0.265		
	对数曲线	0.764	74.580	0.000	8.989	-3.091		
	逆函数	0.931	312.532	0.000	-0.288	13.788		
	二次曲线	0.693	24.786	0.000	8.949	-1.085	0.032	
	三次曲线	0.885	53.663	0.000	13.212	-2.879	0.201	-0.004
帐诱指数	一次曲线	0.372	13.646	0.001	1.178	-0.059		
	对数曲线	0.650	42.727	0.000	2.010	-0.690		
	逆函数	0.906	221.031	0.000	-0.094	3.291		
	二次曲线	0.538	12.821	0.000	1.897	-0.219	0.006	
	三次曲线	0.653	13.177	0.000	2.695	-0.555	0.038	-0.001

注: b_0 、 b_1 、 b_2 、 b_3 分别表示拟合方程中的常数项、一次项、二次项、三次项的系数

强幼蚊监测^[9],结果显示,全市平均BI随时间推移总体呈下降趋势,至10月下旬,全市平均BI下降至14.09,较8月下旬降低了50.96%,其中海曙区(1.77)和江北区(3.54)平均BI降至安全阈值以下($BI<5$)。自登革热本地病例暴发以来,各级领导高度重视登革热防控工作,疫情波及辖区各部门积极联动,街道、社区迅速行动,社会群众广泛参与,大力清除幼蚊孳生地 and 杀灭成蚊,市区尤其是海曙和江北这2个疫情较严重的区域蚊虫密度迅速降低。

网格化监测结果显示,在每个疫点开始调查处置之后,BI和帐诱指数快速下降并趋于平稳,幼蚊密度和成蚊密度分别于2.61和1.57 d后降至安全阈值以下,虽然受连续降雨、持续适合温度和疫情播散情况等不利因素影响,中间偶有反弹,但整体持续维持在阈值以下,提示核心区所在区域在集中式成蚊杀灭和持续孳生地控制等措施下,媒介伊蚊得到有效控制,切实防止了登革热疫情通过媒介伊蚊向周边扩散。

本次登革热疫情自2018年8月3日出现首例本地病例至9月23日最后1例本地病例报告共历时51 d,波及4区(市)共12个疫点,约54万人受感染威胁,累计发现本地感染病例55例,相比于2017年杭州市登革热疫情^[6],在病例数、持续时间和波及范围上均大幅度降低。2018年宁波市登革热疫情较之2017年同样是城市登革热防控的杭州市疫情有很多相似之处,但病例数却比杭州市有大幅度下降,其原因可能有:(1)病例发现早,接到报告启动调查处置时病例数少,疫点比较局限。(2)核心区和警戒区蚊媒控制更彻底,实行了属地联防联控,进行网格化管理,在疫情防控领导小组统一协调指挥下,每个核心区和监控区成立了以街道为主导,以城管、卫生、公安、文教等多部门联防联控应急防控机制,使得登革热疫情向控制有利的方向发展直至最终平息。(3)放宽蚊媒监测和控制区域,在监控区采取同样的蚊

媒控制措施。限于目前的登革热病例发现能力以及登革热感染者中有大量隐性感染者的事实,登革热的传染源很难控制,靠管理传染源很难控制登革热疫情。本研究在未发生疫情的监控区开展伊蚊监测及其控制,在疫情发生前采取措施降低疫情发生风险,改变了既往发现1例病例处置1例的被动局面,在本次城市登革热暴发疫情的控制中起到了至关重要的作用。

在登革热暴发流行期做好媒介伊蚊密度的动态监测,可以有效评估疫情的传播风险,并为登革热媒介控制提供科学依据。本次登革热疫情发生初期,在监控区采用BI法按旬加强幼蚊密度监测;并在核心区和警戒区实行网格化管理,同时采用BI法和双层叠帐法开展蚊媒密度应急监测及控制,合理科学的媒介监测结合多层次的防控技术,使宁波市2018年登革热防控取得了较好成效。结合此次疫情进程,疫点解除时间值得我们进行更深入的思考:《登革热媒介伊蚊监测指南》提出,在25 d内无登革热新发病例,且核心区内 $BI<5$,同时双层叠帐法成蚊密度 ≤ 2 只/(顶·h)可以结束本次应急处理工作^[8]。综合登革热病毒外潜伏期(8~12 d)和内潜伏期(3~15 d)^[10],《登革热媒介伊蚊监测指南》从理论上讲是合理的,但结合此次防控工作开展过程和疫点病例报告情况来看,当疫点同时满足 $BI<5$ 、帐诱指数 ≤ 2 只/(顶·h)时,即已切断媒介传播途径,因此是否可以仅从登革热病毒内潜伏期考虑登革热传播风险,在达到最长内潜伏期15 d后即解除疫点,可明显降低登革热控制成本。

志谢 应急监测工作由海曙区疾病预防控制中心(CDC)张朝阳、马黎辉和宁波市CDC应急队员的共同参与,特此志谢

参考文献

[1] 孟凤霞,王义冠,冯磊,等.我国登革热疫情防控与媒介伊蚊的综合治理[J].中国媒介生物学及控制杂志,2015,26(1): 4-10.DOI:10.11853/j.issn.1003.4692.2015.01.002.

- [2] 谢晖,周红,杨亚明.我国登革热重要媒介埃及伊蚊的研究进展[J].中国媒介生物学及控制杂志,2011,22(2):194-197.
- [3] 龚道方,周红宁.中国登革热重要媒介白纹伊蚊的研究进展[J].中国媒介生物学及控制杂志,2009,20(6):607-610.
- [4] 许国章,施南峰,董红军,等.浙江慈溪输入性登革热爆发的流行特征与防控对策研究[J].中国热带医学,2006,6(7):1129-1131. DOI:10.3969/j.issn.1009-9727.2006.07.005.
- [5] 徐来潮,于伟,何茶清,等.一起登革热暴发疫情流行病学调查分析[J].浙江预防医学,2016,28(6):557-560,564. DOI:10.19485/j.cnki.issn1007-0931.2016.06.005.
- [6] Yan H, Ding ZY, Yan JY, et al. Epidemiological characterization of the 2017 dengue outbreak in Zhejiang, China and molecular characterization of the viruses [J]. Front Cell Infect Microbiol, 2018,8:216. DOI:10.3389/fcimb.2018.00216.
- [7] 凌锋,范伟忠,林君芬,等.浙江省义乌市一起登革热暴发疫情流行病学调查[J].疾病监测,2010,25(9):757-759. DOI:10.3784/j.issn.1003-9961.2010.09.028.
- [8] 中国疾病预防控制中心.中国疾控中心印发登革热防治技术指南[中疾控传防发[2014]360号][EB/OL].(2014-09-25)[2019-02-28]. http://www.chinacdc.cn/jkzt/crb/zl/dgr/jszl_2235/201409/t20140929_104958.html.
- [9] 马敏,马晓,杨思嘉,等.宁波市2017年登革热媒介监测结果分析[J].中国媒介生物学及控制杂志,2018,29(4):379-382. DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2018.04.015.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.登革热诊疗指南(2014年版)[J].国际流行病学传染病学杂志,2014,41(5):292-294. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4149.2014.05.002.

收稿日期:2019-02-28 (编辑:陈秀丽)

(上接第370页)

- 153;17-26. DOI:10.1016/j.envres.2016.11.009.
- [25] 李晓宁.广州2014年登革热流行特征及气候、蚊媒对广州登革热发病的影响[D].广州:广东药学院,2015.
- [26] 侯祥,刘可可,刘小波,等.气候因素对广东省登革热流行影响的非线性效应[J].中国媒介生物学及控制杂志,2019,30(1):25-30. DOI:10.11853/j.issn.1003.8280.2019.01.005.
- [27] 张红,张恒端,彭志强,等.中国2011—2015年登革热疫情分析[J].寄生虫与医学昆虫学报,2017,24(2):118-125. DOI:10.3969/j.issn.1005-0507.2017.02.008.
- [28] Jetten TH, Focks DA. Potential changes in the distribution of dengue transmission under climate warming[J]. Am J Trop Med Hyg, 1997,57(3):285-297. DOI:10.4269/ajtmh.1997.57.285.
- [29] Li CL, Lu YM, Liu JN, et al. Climate change and dengue fever transmission in China: evidences and challenges [J]. Sci Total Environ, 2018, 622-623: 493-501. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.326.
- [30] Shang CS, Fang CT, Liu CM, et al. The role of imported cases and favorable meteorological conditions in the onset of dengue epidemics [J]. PLoS Negl Trop Dis, 2010, 4(8): e775. DOI: 10.1371/journal.pntd.0000775.
- [31] Xiao D, Long Y, Wang SQ, et al. Spatiotemporal distribution of malaria and the association between its epidemic and climate factors in Hainan, China [J]. Malar J, 2010, 9: 185. DOI: 10.1186/1475-2875-9-185.
- [32] Hui FM, Xu B, Chen ZW, et al. Spatio-temporal distribution of malaria in Yunnan province, China [J]. Am J Trop Med Hyg, 2009, 81(3):503-509. DOI:10.4269/ajtmh.2009.81.503.
- [33] Clements AC, Barnett AG, Cheng ZW, et al. Space-time variation of malaria incidence in Yunnan province, China [J]. Malar J, 2009, 8: 180. DOI: 10.1186/1475-2875-8-180.
- [34] Tian LW, Bi Y, Ho SC, et al. One-year delayed effect of fog on malaria transmission: a time-series analysis in the rain forest area of Mengla county, south-west China [J]. Malar J, 2008, 7: 110. DOI: 10.1186/1475-2875-7-110.
- [35] Ren HY, Ning WY, Lu L, et al. Characterization of dengue epidemics in mainland China over the past decade [J]. J Infect Dev Ctries, 2015, 9(9):970-976. DOI:10.3855/jidc.5998.
- [36] Pham HV, Doan HTM, Phan TTT, et al. Ecological factors associated with dengue fever in a central highlands province, Vietnam [J]. BMC Infect Dis, 2011, 11: 172. DOI: 10.1186/1471-2334-11-172.
- [37] 景钦隆,罗雷,李晓宁,等.布雷图指数、输入病例、气象因子与登革热本地流行的关系研究[J].华南预防医学,2015,41(5):401-406. DOI:10.13217/j.scjpm.2015.0401.
- [38] 甘立勤,王荀,马智超,等.登革热发病与气象因素关系的研究[J].中国热带医学,2015,15(11):1333-1337. DOI:10.13604/j.cnki.46-1064/r.2015.11.13.
- [39] 李雯雯,祝光湖.气候对登革热传播的驱动机制和预测分析[J].桂林电子科技大学学报,2018,38(6):491-495. DOI:10.16725/j.cnki.cn45-1351/tn.2018.06.012.

收稿日期:2019-03-06 (编辑:陈秀丽)