

# 冬季气候变暖对海南省登革热流行潜势的影响

俞善贤 李兆芹 滕卫平 蔡剑

**【摘要】** 目的 评估冬季气候变暖对海南省登革热流行潜势的影响程度。方法 利用海南省 8 个气象站历年 1 月份的月平均气温资料分析海南省冬季气候变暖的趋势和幅度。以 21℃ 作为适于登革热传播的最低温度,借助地理信息系统评估气候变暖对海南省登革热流行潜势的影响,并从虫媒与流行病学方向对其进行解释。结果 海南省冬季气温呈明显上升趋势。东方的气温上升幅度最大,为 1.4℃,珊瑚岛气温上升幅度最小,为 0.5℃,其他各站的气温变幅大都在 0.7~1.3℃ 之间。至 2050 年,21℃ 等值线最大北移距离可达 190 km 左右,近乎跨越海南省南北距离的 6/7;在埃及伊蚊日存活率  $P=0.89$  情况下,位于海南省北部的琼海也具备了登革热终年流行的气温条件。结论 冬季气候变暖将使海南省半数以上的地区到 2050 年将具备登革热终年流行的气温条件。相应地区也应注意加强冬季登革热的监测预防工作。

**【关键词】** 登革热;埃及伊蚊;流行潜势;气候变暖

**Impact on the potential epidemic of dengue fever under warming winter in Hainan province** YU Shan-xian\*, LI Zhao-qin, TENG Wei-ping, CAI Jian. \*Zhejiang Meteorological Research Institute, Hangzhou 310017, China

**【Abstract】** **Objective** Impact of climate warming in winter on the potential epidemics of dengue fever in Hainan was assessed. **Methods** Based on historic data of mean monthly temperature in January from 8 weather observation stations, tendency and amplitude of variation were analyzed. Using 21℃ as lowest limit of temperature suitable for dengue fever transmission, impact caused by climate warming on dengue fever epidemic was estimated by means of geography information system (GIS), insect vector and epidemiological features. **Results** Temperature in winter in Hainan province had shown an obvious increase. The maximum amplitude of increase appeared in Dongfang which was 1.4℃ and the minimum 0.5℃ in Shanhudao, but the increase amplitude in the other stations was varied from 0.7 to 1.3℃. By the year of 2050, 21℃ contour will have moved 190 km or so northward, nearly spanned 6/7 of distance from south to north in Hainan province and under the condition of daily fraction surviving of *Aedes aegypti* as  $P=0.89$ , Qionghai city which stands north in Hainan province will probably have become epidemic area of dengue fever all year round. **Conclusion** Climate warming in winter will probably make half or more of the areas in Hainan province with temperature that permitting transmission of dengue fever by 2050. Monitoring and prevention of dengue fever in winter should be emphasized.

**【Key words】** Dengue fever; *Aedes aegypti*; Prevalent potentiality; Climate warming

登革热主要由伊蚊传播登革病毒所致的一种急性传染病,主要分布于热带和亚热带的国家和地区。20 世纪登革热在世界范围内发生过多次大流行,患病人数达数百万。1998 年登革热已成为仅次于疟疾最重要的热带传染病,在东南亚呈地方性流行趋势。我国海南省 20 世纪 80 年代初期和中期也曾发生登革热大规模流行,病例数分别多达 44 万和 16

万多例,死亡分别为 65 和 410 例,造成了巨大损失,表明海南省登革热具有很大的潜在危险性。登革热已被我国列为国际监测传染病。当前全球气候正经历一次以变暖为主要特征的显著变化。早在 1990 年,IPCC 预测气候变暖可使登革热、血吸虫病等疾病流行加剧<sup>[1]</sup>。自 1860 年有气象仪器观测记录以来,全球平均温度升高了  $0.6\text{℃} \pm 0.2\text{℃}$ 。我国的气候变化趋势与全球气候变化的总趋势基本一致<sup>[2,3]</sup>。近百年来,我国气温上升了  $0.4 \sim 0.5\text{℃}$ ,从季节分布看,我国冬季增温最为明显。1985 年以

作者单位:310017 杭州,浙江省气象科学研究所(俞善贤、李兆芹、滕卫平);浙江省疾病预防控制中心(蔡剑)

来,我国已连续出现了 16 个全国大范围的暖冬<sup>[4]</sup>。目前,我国在登革热流行与气候因素变化的相关性方面有一定的研究<sup>[5-7]</sup>。但是,在气候变化可能对登革热流行潜势的影响方面的研究报道较少。主要原因是部门分割、信息资源难以共享和学科间的交叉渗透不够<sup>[8]</sup>。我们对气候变暖后,海南省可能具备登革热流行的气温条件的地区进行了研究,为各地区的登革热监测和防治工作的宏观决策提供相关依据。

### 资料与方法

1. 气候资料:由中国气象局资料室提供的海口、东方、三亚、儋县、琼海、陵水、西沙和珊瑚岛共计 8 个气象站的从建站(大都在 20 世纪 50 年代)到 2001 年的 1 月份的月平均气温。

2. 登革热传播的下限温度指标:将 21℃ 作为登革热传播的下限温度指标。此指标温度是埃及伊蚊日存活率  $P=0.89$  情况下适合于登革热传播的最低温度<sup>[9]</sup>,也是感染蚊虫有传染性寿命  $(P^n / -\ln P) \geq 1$  天时所需的温度。有传染性寿命指的是受感染蚊经过外潜伏期( $n$  天)而具有感染性后,继续延续的寿命。 $P^n / -\ln P$  由两部分组成,即是蚊虫的预期寿命  $(1 / -\ln P)$  和受感染蚊虫经过  $n$  天后仍存活的概率或比率( $P^n$ )。有传染性寿命与媒介蚊虫传播疾病的效能有密切正相关。有传染性寿命的长短取决于蚊虫的日存活率( $P$ )和感染蚊的外潜伏期天数( $n$ )。其中, $n$  主要取决于温度,在适宜的温度范围内,温度越高, $n$  就越小。根据 Watts 等<sup>[10]</sup>的实验,计算埃及伊蚊体内登革热病毒发育时间  $n$  与温度  $T$  之间的关系式为  $n = K / (T - C) = 165.2 / (T - 11.8)$ ,其中  $K$  为登革热病毒在蚊体内发育成熟所需的有效积温 165.2℃;  $C$  为病毒在蚊体内发育所需的最低温度 11.8℃。一般情况下埃及伊蚊的日存活率较高,Focks 等<sup>[11]</sup>在登革热模型中使用的日存活率  $P$  值为 0.89。有传染性寿命  $(P^n / -\ln P) \geq 1$  天的温度亦即适宜登革热传播的最低温度。在此日存活率  $P$  值为 0.89 的条件下,则适于登革热传播的最低温度为 21℃。

3. 评估方法:我国近百年来气温呈波动上升趋势。自 1985 年起,冬季增温更加明显<sup>[4]</sup>。因此,主要评估 1986 年后冬季气候变暖对海南省登革热流行潜势的影响。最近我国科学家借助全球气候模式

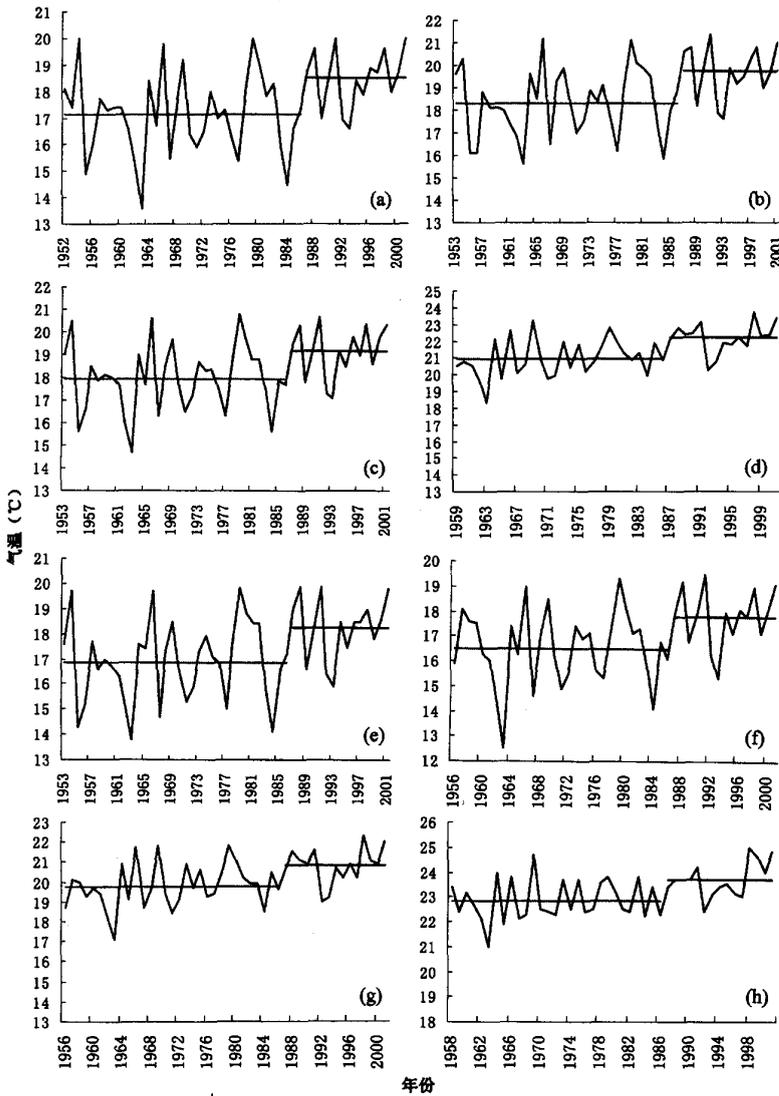
和区域气候模式预测我国的气候还将继续变暖,到 2020-2030 年全国平均气温将上升 1.7℃,到 2050 年全国平均气温将上升 2.2℃<sup>[12]</sup>。鉴于此,可以假定到 2020-2030 年海南省冬季气温将上升 1.0℃,到 2050 年上升 2.0℃。借助地理信息系统(GIS),对 1986 年前、1986-2001 年、2020-2030 年和 2050 年的历年 1 月份月平均气温的平均值  $T_0$ 、 $T_1$ 、 $T_1 + 1.0^\circ\text{C}$  和  $T_1 + 2.0^\circ\text{C}$  进行空间分析,对比各个不同时期登革热传播下限温度指标所确定的等值线的变化,找出受冬季气候变暖的影响可能产生的风险区域,并在埃及伊蚊日存活率  $P=0.89$  的条件下,计算各个站点不同时期感染蚊的传染性寿命,分析气候变暖对登革热流行潜势的影响及影响程度。

### 结 果

1. 海南省冬季气候变暖趋势和幅度:海南省 8 个站点的冬季气温变暖趋势如图 1 所示,图中横线分别是 1986 年前和 1986-2001 年的冬季气温平均值,可以看出各个气象台站冬季气温均呈较明显上升趋势。其中以东方市的气温上升幅度最大,为 1.4℃,珊瑚岛气温的上升幅度最小,为 0.5℃,其他各站的气温变幅大都在 0.7~1.3℃ 之间。说明海南省冬季气温变暖幅度也较大。

2. 冬季气候变暖对登革热流行潜势的影响:借助 GIS,作  $T_0$ 、 $T_1$ 、 $T_1 + 1.0^\circ\text{C}$  和  $T_1 + 2.0^\circ\text{C}$  的空间等值线分析。图 2 中 a, b, c, d 分别为  $T_0$ 、 $T_1$ 、 $T_1 + 1.0^\circ\text{C}$  和  $T_1 + 2.0^\circ\text{C}$  的 21℃ 等值线。从图 2 可知,  $T_0$  的 21℃ 等值线在三亚市以南,而随着气候逐渐变暖,21℃ 等值线不断北移。1986 年前,位于海南省南部的三亚市已基本具备登革热终年流行的气温条件。至 1986-2001 年,三亚市已完全具备登革热终年流行的气温条件。而至 2020-2030 年,南至保亭,北至万宁都已具备登革热流行的最低气温条件。到 2050 年,北至清兰、琼海都极可能具备登革热全年流行的气温条件。

海南省的南北跨度约为 220 km。利用 GIS 进行不同时期 21℃ 等值线的北移距离分析可知,与 1986 年前的等值线相比,1986-2001 年的等值线北移距离约为 38 km。至 2020-2030 年,等值线北移最小距离已达 70 km 左右,最大距离高达 80 km。而到 2050 年,等值线北移最大距离竟高达 190 km



a:海口; b:东方; c:儋县; d:琼海; e:三亚; f:陵水; g:西沙; h:珊瑚岛

图1 海南省8个气象站冬季气温变化分析

左右。此时,海南省半数以上的地区均已处于登革热流行风险区。

为了从虫媒与流行病学方向解释气候变暖对海南省登革热流行潜势的影响,我们计算了不同时期不同气温下8个气象站所在地的埃及伊蚊的传染性寿命,结果见表1。

由表1分析可知,地处海南省南部的西沙和珊瑚岛各个不同时期登革热的流行潜势均处在较高水平。目前,三亚市已完全具备登革热终年流行潜势。至2020-2030年,位于东南部的陵水可能具备登革热终年流行的潜势。而到2050年,地处海南省北部的琼海市也可能变成终年适于登革热传播的地区。至此,海南省的大部分地区很可能由非地方性流行区转变为地方性流行区,使登革热的潜在危害性更严重。

讨 论

美国霍布斯金卫生学和公共卫生学的 Patz 指出全球气候变暖是导致美国和全球的传染病明显增多的原因,登革热是对气候敏感的疾病。曾四清<sup>[13]</sup>也指出了登革热的发生对气候变化的敏感性。

气候变化通过虫媒的地理分布范围发生变化、提高繁殖速度、增加叮咬率以及缩短病原体的潜伏期而直接影响疾病传播。气候变暖的趋势能使登革热的分布扩散到较高纬度或海拔较高地区。气温还影响登革热的传染动态。在蚊虫的生存范围内,温度的小幅度升高就会使蚊虫叮咬更加频繁,增加传染性。易彬樑等<sup>[14]</sup>研究发现登革热的传播主要受媒介蚊虫密度的影响,而影响蚊虫密度的主要气象因子是气温和湿度,其中气温是决定因子。亦即气温是登革热传播的决定因素。登革热患者的病程或传染期很短,约为5-7天,因此患者不可能作为长期的带

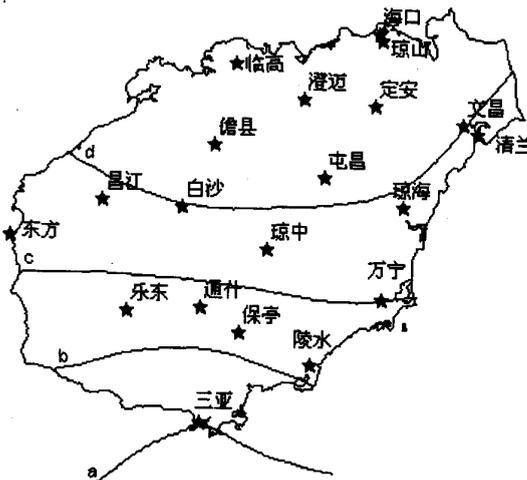


图2 海南省不同时期的21℃等值线

表1 计算海南省 8 个气象站不同时期冬季蚊虫传染性寿命的变化

时 期	冬季蚊虫传染性寿命(d)							
	海口	东方	儋县	琼海	三亚	陵水	西沙	珊瑚岛
1986 年前	0.23	0.44	0.19	0.38	1.05	0.77	1.51	1.59
1986 - 2001 年	0.47	0.74	0.43	0.61	1.33	0.99	1.68	1.72
至 2020 - 2030 年	0.69	0.98	0.64	0.84	1.57	1.24	1.91	1.94
至 2050 年	0.92	1.22	0.87	1.08	1.80	1.47	2.13	2.16

注:蚊虫日存活率 P=0.89

病毒者或传染源,同时,感染性蚊虫的寿命也是有限的。所以,必须终年均具备一定气温条件的地区才有可能成为地方性流行区。

我们利用 21℃ 作为登革热传播的下限温度指标,研究冬季气候变暖对海南省登革热流行潜势的影响。并从虫媒与流行病学方向进行了解释。指出不同时期可能具有登革热终年流行潜势的地区,对于制定预防控制登革热传播流行的策略具有重要意义。借助 GIS 分析了海南省 1986 年前、1986 - 2001 年、2020 - 2030 年和 2050 年的冬季平均气温的 21℃ 等值线的空间变化情况,得知到 2050 年,21℃ 等值线最大北移距离近乎南北跨越海南省距离的 6/7,海南省一半以上的地区极有可能成为登革热地方性流行区。从虫媒与流行病学方向出发,气候变暖导致感染蚊虫传染性寿命的增加也有利的证明了这一点。有预测我国整个范围,未来 100 年温度将继续上升,且在未来 50 - 100 年变暖的范围和强度增加<sup>[15]</sup>。为此,到 2050 年,海南省冬季气温增温幅度可能会超出保守估计的 2.0℃,这样将会更加增强登革热的流行潜势。

目前三亚和陵水地区已具备登革热终年流行潜势,有关部门应加大预防控制力度。其他地区虽然还不具备终年流行潜势,但与地方性流行的东南亚地区相毗邻,因此应警惕和防止登革热输入并引发的流行。目前,海口市和东方市虽不具备登革热终年流行潜势,但在 1986 年两地冬季各月均持续出现一定数量的病例。因此,应特别警惕登革热在暖冬年份突发,更要警惕其形成常年传播的地方性流行。

参 考 文 献

1 IPCC. Scientific assessment of climate change: report to IPCC from

Working Group. Geneva: World Meteorological Organization & UN Environment Programme, 1990. 365.

- 秦大河,王绍武,董光荣. 中国西部环境特征及其演变. 北京: 科学出版社, 2002.
- 秦大河,丁一汇. 中国西部环境变化的预测. 北京: 科学出版社, 2002.
- 许小峰,任国玉,王守荣,等. 气候变化问题与我国的应对战略. 中国软科学, 2004, (1): 23-27.
- Ston R. If the mercury soars, so may health hazards. Science, 1995, 267: 957-958.
- 易彬橙,张治英,徐德忠,等. 气候因素对登革热媒介伊蚊密度影响的研究. 中国公共卫生, 2003, 19: 129-131.
- 郑能雄,王宗汉,张晓阳,等. 福州市白纹伊蚊的孳生状况季节消长及其影响因素. 海峡预防医学杂志, 2001, 7: 6-9.
- 俞善贤,滕卫平. 我国气候与主要传染病研究的现状分析. 气候变化与生态环境研讨会文集. 北京: 气象出版社, 2004. 441-446.
- 陈文江,李才旭,林明和,等. 海南省全年适于登革热传播的时间以及气候变暖对其流行潜势影响的研究. 中国热带医学, 2002, 2: 31-34.
- Watts DM. Effects of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for dengue 2 virus. Am J Trop Med Hyg, 1987, 36: 143.
- Focks DA. A simulation model of the epidemiology of urban dengue fever: literature analysis, model development, preliminary validation, and samples of simulation results. Am J Trop Med Hyg, 1995, 53: 489.
- 秦大河. 气候变化: 科学、影响和对策. 气候变化与生态环境研讨会文集. 北京: 气象出版社, 2004. 13-20.
- 曾四清. 全球气候变化对传染病流行的影响. 国外医学医学地理分册, 2002, 23: 36-38.
- 易彬橙,张治英,徐德忠,等. 广东省登革热流行与气候因素变化的相关性. 第四军医大学学报, 2003, 24: 143-146.
- 王雪臣,徐影,毛留喜. 气候变化的科学背景研究. 中国软科学, 2004, (1): 105-108.

(收稿日期: 2004-06-24)

(本文编辑: 张林东)