

上海地区三带喙库蚊春季首次出现、 季节分布及其与气象条件的关系

顾品强¹, 闵继光², 顾正权², 黄品贤², 宋花玲²

(1. 上海市奉贤区气象局, 上海 201403; 2. 上海中医药大学, 上海 201400)

摘要: 根据 1982~1992 年和 2001~2002 年上海奉贤地区每年 3 月~6 月灯诱捕蚊的现场调查数据, 采取相关对比分析、统计分析、天气图分析法, 探讨三带喙库蚊春季首次出现、季节分布及其与气象条件的关系。结果表明, 三带喙库蚊季节分布按蚊虫密度变化划分为首次出现期、季节增多期和混合发生期三个时期。三带喙库蚊春季首次出现的温度条件是: 首现日当天和前 1 天的日平均气温均 $\geq 11.0^{\circ}\text{C}$, 其 2 天的日平均气温累加值 $\geq 25.5^{\circ}\text{C}$, 或首现日当天、前 2 天和后 1 天任意连续 3 天的日平均气温均 $\geq 11.0^{\circ}\text{C}$, 其 3 天的日平均气温累加值 $\geq 34.0^{\circ}\text{C}$, 结果三带喙库蚊春季首现日和首现日温度日期的差异在 1~2 天内 (91.7%)。三带喙库蚊季节增多期其逐候蚊虫密度 (Y_1) 与平均气温 (X_1) 呈显著的正相关, 用一元回归方程表示为: $Y_1 = -9.3534 + 0.7217X_1$; 至候平均气温 $\geq 18^{\circ}\text{C}$ (平均始日为 5 月 3 日) 进入三带喙库蚊混合发生期。总体上三带喙库蚊蚊虫密度季节分布与平均气温、“S”系风向变化存在密切关系。首次出现期至季节增多期三带喙库蚊突增日与锋面天气活动存在着较大的关联, 候平均气温 $\geq 18^{\circ}\text{C}$ 是三带喙库蚊大量发生和进入峰期重要的温度指标。上述结果提示上海地区三带喙库蚊春季和初夏随气流北迁降落的可能性相当大。

关键词: 三带喙库蚊; 季节分布; 首现日; 突增日; 气温; 风向; 锋面过境天气

中图分类号: Q968 **文献标识码:** A **文章编号:** 0454-6296 (2003) 03-0325-08

The relationship between the first appearance in spring and seasonal distribution of *Culex tritaeniorhynchus* and the meteorological conditions in Shanghai

GU Pin-Qiang¹, MIN Ji-Guang², GU Zheng-Quan², HUANG Pin-Xian², SONG Hua-Ling² (1. Shanghai Fengxian District Meteorological Office, Shanghai 201403, China; 2. Shanghai Traditional Medical University, Shanghai 201400, China)

Abstract: The relationship between the first appearance in spring and seasonal distribution of *Culex tritaeniorhynchus* and the meteorological conditions in Fengxian District, Shanghai was studied using field survey data collected with light traps (from 18: 00 to 06: 00) in pigsties every night since from March 1 to June 30 in 1982–1992 and 2001–2002. Results of correlation contrast analysis, statistical analysis and weather chart analysis revealed that the seasonal distribution of *C. tritaeniorhynchus* can be divided into three stages: the first appearance date, the seasonal increase period and the mixed occurrence period. The temperature conditions at the first appearance of *C. tritaeniorhynchus* were as follows: on the day of the first appearance and the day before the first appearance of *C. tritaeniorhynchus*, the mean daily temperature was over 11°C and the cumulative temperature was over 25.5°C ; or over an arbitrary three day period from two days before the date of first appearance to the day after the first appearance, mean daily temperature was over 11°C and the cumulative temperature was over 34.0°C . The density of *C. tritaeniorhynchus* (Y_1) over 5 day periods during the seasonal increase period was significantly positively correlated with mean daily temperature (X_1); the univariate regression equation is $Y_1 = -9.3534 + 0.7217X_1$. After the mean daily temperature over five days exceeded 18°C (the mean date was 3 May), the density of *C. tritaeniorhynchus* entered the mixed occurrence period. Overall, close correlation exists

基金项目: 上海市高等学校科技发展基金课题“乙脑病毒长期宿主探索性研究”(01-C-09)

作者简介: 顾品强, 男, 1963 年 8 月出生, 上海人, 大学毕业, 高级工程师、会计师, 从事农业气候分析和预报以及应用气象技术研究,

E-mail: feilei2000@sina.com

收稿日期 Received: 2002-11-21; 接受日期 Accepted: 2003-02-14

between the seasonal distribution of *C. tritaeniorhynchus* and the mean daily temperature, wind direction and change of S-system. Dates on which sudden increases in *C. tritaeniorhynchus* were recorded were related to the movement of weather fronts. The density of *C. tritaeniorhynchus* increased markedly when the mean daily temperature over five days $> 18^{\circ}\text{C}$; this was an important temperature index for the beginning of the peak period. The results also point to the possibility of a northward migration pattern of *C. tritaeniorhynchus* in spring and early summer.

Key words: *Culex tritaeniorhynchus*; seasonal distribution; first appearance date; sudden increase date; air temperature; wind direction; weather fronts

三带喙库蚊 *Culex tritaeniorhynchus* 是传播流行乙型脑炎病毒体的首要媒介, 是我国水稻种植地区优势蚊种和重点防制的蚊媒之一。目前人群乙脑已用乙脑疫苗控制于较低水平, 但我国是乙脑病人发生偏多的国家之一, 1998 年就有 11 891 病例, 是病死率较高的急性传染病之一 (中国预防医学科学院流研所流行病室等, 1999)。三带喙库蚊在上海地区的深秋 (11 月) 至冬季平均有 110 天的消失期 (闵继光等, 1993), 并被认为在春季随气流北迁降落 (闵继光等, 1990b, 1989, 2002, 2003), 在秋季则回迁南方 (Min *et al.*, 1993)。有关该蚊种春季首次出现、季节变化与气温、风向等气象因素关系的研究较少, Nakamura (1988) 分析了三带喙库蚊首现日与 2 月 21 日 ~ 3 月 31 日累积温度密切相关; 闵继光等 (1990a) 计算了 1 月、2 月及各分期的累积温度与三带喙库蚊首现日早晚存在弱负相关; 闵继光等 (2003 年) 提出三带喙库蚊首现日日平均气温均值为 13.7°C 显著高于中华按蚊。但这些结果并没有解决除采用诱蚊灯诱捕蚊虫之外确定各年三带喙库蚊春季首次出现日期的问题。本文通过分析 1982 ~ 1992 年和 2001 ~ 2002 年 13 年中三带喙库蚊春季首次出现、季节分布及其突增现象与气象要素变化之间关系, 揭示三带喙库蚊季节分布规律及其天气气候因素的影响效应, 提出了采用日平均气温确定三带喙库蚊春季首次出现的方法, 从而为三带喙库蚊春季首现日预判和重建提供了可能性, 为制定防治三带喙库蚊媒介方法及提高控制效果提供科学依据和新的研究思路。

1 材料和方法

1.1 观察方法

1982 ~ 1992 年和 2001 ~ 2002 年分别在上海市奉贤区五四农场和南桥镇陈河浜村的猪舍内挂 2 ~ 3 只诱蚊灯诱捕猪舍内蚊虫, 每年于 3 月 1 日开始每晚 18:00 ~ 次日 6:00 (一灯夜) 天天开灯诱捕

蚊 (冬季若遇日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 时也开灯诱蚊), 蚊虫用氯仿或冰冻麻醉, 对三带喙库蚊进行计数。取每灯夜蚊虫数的平均值为蚊虫密度, 其首次出现三带喙库蚊的日期为三带喙库蚊首现日。并以已知在当地越冬的中华按蚊 *Anopheles sinensis* 作为对照。

1.2 气象资料

气温、雨量、地面风向风速、气压、锋面和切变线过境时间等气象要素资料取自上海市奉贤区气象台 (位于 $30^{\circ}56'\text{N}$ 、 $121^{\circ}27'\text{E}$) 1982 ~ 1992 年和 2001 ~ 2002 年同期逐日气象要素观测值; 850 hPa 高空风资料取自上海中心气象台龙华观测站和宝山气象台同期探空观测资料。

2 结果与分析

2.1 三带喙库蚊季节分布与气象条件

根据 1982 ~ 1992 年和 2001 ~ 2002 年 3 月 ~ 6 月逐候平均灯诱捕蚊数 (蚊虫密度) 变化划为三带喙库蚊首现日出现期、季节增多期和混合发生期三个时期 (图 1)。

2.1.1 三带喙库蚊首现日出现期 (2 月第 3 候 ~ 4 月第 2 候): 三带喙库蚊春季首现日 1987 年最早为 2 月 11 日, 1985 年最晚为 4 月 10 日 (2001 年 3 月灯诱捕蚊虫期间仅在 3 月 2 日、12 日、14 日、20 日和 31 日开灯诱捕蚊虫, 该年 4 月 17 日首现日仅供参考, 在文中均不作数值统计), 极差为 58 天, 最早与最晚相差近 2 个月, 三带喙库蚊春季首现日平均日期为 3 月 18 日。由图 2 可见, 首现日期间三带喙库蚊在早春温度低时出现数量少, 3 月中旬以后随温度持续上升, 各旬灯诱捕到三带喙库蚊日数概率由 2 月中旬 ~ 3 月上旬的 0.8%、0% 和 3.1% 上升至 3 月中旬 ~ 4 月上旬的 19.2%、18.2% 和 48.5%, 三带喙库蚊数量呈现突增、突发现象, 而已知在当地越冬的中华按蚊则随温度上升, 蚊虫数量并没有呈同步增加。说明三带喙库蚊的出现并非单一受温度升高因素引起, 间接提示三带喙库蚊

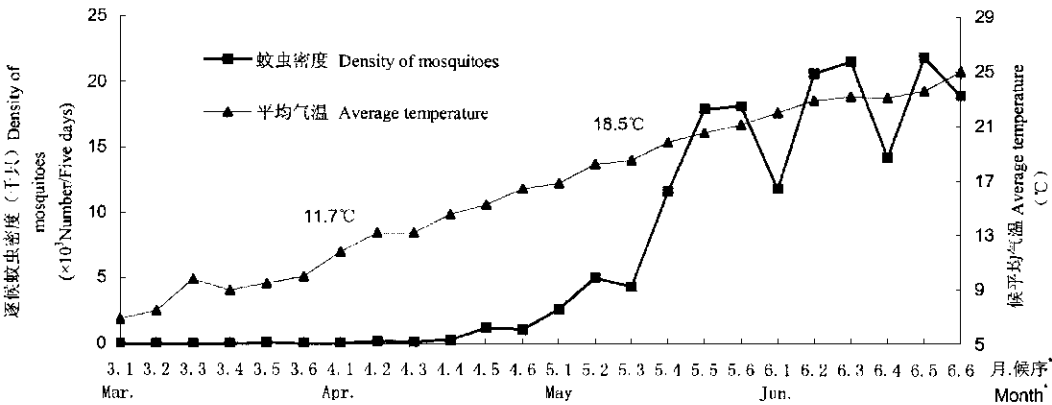


图1 3~6月逐候平均蚊虫密度变化(1982-1992年和2001-2002年)

Fig. 1 Variation in average density of mosquitoes over five-day periods in 1982-1992 and 2001-2002 from March to June
* 候序: 1、2、3、4、5和6分别表示某月第1候、第2候、第3候、第4候、第5候和第6候
1, 2, 3, 4, 5 and 6 show the first, second, third, fourth, fifth and last five days of each month, respectively.

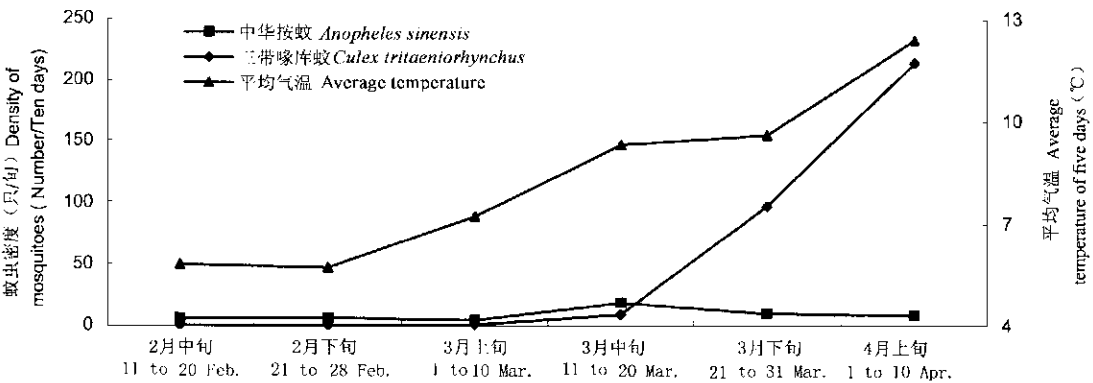


图2 首现日期间各旬三带喙库蚊和中华按蚊数量与平均气温变化关系

Fig. 2 Relationship between numbers of *Culex tritaeniorhynchus* and *Anopheles sinensis* and average temperature every ten days after the date of first appearance

是随导致温度持续上升因素、源于西南和东南暖湿天气系统配合下由外部虫源地迁入。

2.1.2 三带喙库蚊季节增多期(4月第1候~5月第3候): 该期三带喙库蚊随季节变换及平均气温的升高呈增多趋势。经计算, 4月第1候至5月第1候、第2候、第3候、第4候和第5候的候平均蚊虫密度与同期候平均气温各分期的相关系数分别为0.8532、0.8687*、0.9036**、0.8433*、0.7752(有“*”或“**”表示相关系数达显著水平或极显著水平), 4月第1候至5月第3候的相关系数值出现“拐点”, 该期候平均蚊虫密度与候平均气温的相关系数最高, 其候平均气温变化范围为11.7~18.5℃, 用一元回归方程表示: $Y_1 = -9.3534 + 0.7217X_1$, 式中, Y_1 为候平均蚊虫密度(千只), X_1 为候平均气温(℃)。

2.1.3 三带喙库蚊混合发生期(5月第4候以后阶

段): 该期三带喙库蚊蚊虫密度出现激增, 至5月第6候~6月第1候三带喙库蚊进入高峰期并维持高位波动, 以6月第2候~第4候(平均为6月15日)梅雨锋带推进至长江流域和以建立、维持为标志, 三带喙库蚊出现第一高峰期。同时, 本地三带喙库蚊随上升气流以及在高空水平气流引导下出现北迁趋向即成为长江以北地区第二虫源地, 新生蚊也开始出现, 表现为三带喙库蚊发生量起伏比较大, 但其平均每候三带喙库蚊密度仍达到14.3~21.7千只。据1986年7月~10月每月3次(每次间隔10天)灯诱捕蚊现场观测结果表明, 三带喙库蚊峰期一直延续至8月下旬。该年水稻实行单季晚稻和双季稻混栽, 6月、7月和8月降水量分别为245.9 mm、236.6 mm和66.0 mm, 月平均气温分别为23.7℃、27.5℃和27.5℃, 7月和8月平均气温相同, 6月11日进入为期43天梅雨期, 梅雨锋

南侧以“S”系风向为主，北侧以吹“W”和“N”系风向为主，6月17日三带喙库蚊密度为91.3千只，为当年三带喙库蚊最高峰值，7月份降水量多于8月份，其适宜三带喙库蚊孳生繁殖环境较为有利，但三带喙库蚊峰值数量（最高值为46.4千只、平均为37.0千只）低于8月份峰值（最高值为73.3千只、平均为53.4千只），比6月份峰值（最高值为91.3千只、平均为48.7千只）也减少，这可能与7月份“S”系风向频率为57%，比6月和8月分别高出16%和13%，处于全年最盛期以及“S”系风向已盛行长江以北地区，本地也成为北方三带喙库蚊“虫源地”有关，这一结果与山东、河南、秦皇岛、大连、北京等长江以北地区于7月中旬~8月上旬先后出现三带喙库蚊激增现象和高峰期（中国医学科学院流行病学微生物学研究所，1982）是吻合的。8月份“S”系风向频率减至44%，北方三带喙库蚊开始回迁（Ming *et al.*, 1993），三带喙库蚊蚊虫密度又趋增加，为全年第二高峰期，甚至超过第一高峰期。9月以后随“S”系风南退，平均气温下降，三带喙库蚊蚊虫密度也呈同步减少，1986年12月2日三带喙库蚊消失，消失日平均气温为11.3℃。

2.2 三带喙库蚊春季首现日、突增和发生峰期气象诊断分析

2.2.1 三带喙库蚊春季首次出现至季节增多期突增现象与气象条件的关系：三带喙库蚊突增日是指

一灯夜诱蚊数在少于50只时与前1天一灯夜诱蚊数之比在4倍以上或一灯夜诱蚊数在多于50只时与前1天一灯夜诱蚊数之比在8倍以上的发生日。经过相关统计，1982~1992年和2001~2002年三带喙库蚊首次出现至季节增多期共出现了54例突增日（其13年的每年春季首次出现日作为突增日特殊个例）。从高空气流方向和地面天气图上，在虫源地一线地面到上空具备了三带喙库蚊随上升气流迁出后沿东南、西南水平气流飞行条件，其迁入突增日与锋面天气有关（表1）：白天以“S”系风向为主导风向，夜间风向转换明显，以E、NE、N、NW、W为主，风速减弱（符合率为92.6%， $\chi^2 = 39.19$, $P < 0.01$ ），12 h气压变压（突增日次日08:00气压值减去当日20:00气压值）为正变压或弱负变压，其中正变压符合率为83.3%（ $\chi^2 = 24.00$, $P < 0.01$ ）；在突增日出现的当天或者次日有锋面天气过境（96.3%， $\chi^2 = 46.30$, $P < 0.01$ ），处于“槽前锋后”区域，突增日出现当天或次日伴有降水过程（75.9%， $\chi^2 = 14.52$, $P < 0.01$ ），此时上空位于切变线或槽线的南侧的暖区内，而地面则处于冷锋或静止锋的北侧冷区的过渡期内，有较为明显的下沉气流，有利于三带喙库蚊降落和激增。三带喙库蚊同期突增和激增现象和迁飞昆虫稻纵卷叶螟迁入的锋面天气型是一致的（张孝曦等，1981）。

表 1 三带喙库蚊突增日出现与气象条件的关系
Table 1 Relationship between dates in which there was a sudden increase in *Culex tritaeniorhynchus* abundance and the meteorological conditions

项目 Item	突增日 date of sudden increase														
	当日或次日 This day or next day		当日或次日 This day or next day		风向变化 Wind direction variation		12 h 气压变压值 (hpa) ②		平均气温 Average temperature(℃)				当日平均气温比前 2d 平均气温 ± (℃) ③		
	有雨 Rain-fall	无雨 Without	有锋面过 境①	无 Without	S→N、W、E	其它 Other	≥0	<0	11-13	13-16	16-19	≥19	≥+3	≥+1	>0
次数 number	41	13	52	2	50	4	45	9	10	25	13	6	27	41	50
频率 frequency (%)	75.9	24.1	96.3	3.7	92.6	7.4	83.3	16.7	18.5	46.3	24.1	11.1	50.0	75.9	92.6

① Passing of sinking front; ② Variations of atmospheric pressure in the 12 hours from 20:00 to next 8:00 (hpa); ③ Increase in mean daily temperature over 2 days before sudden increase date ± (℃).

2.2.2 三带喙库蚊春季首现日温度诊断指标：选择三带喙库蚊首现日前7天、首现日当天和后1天计9天逐日平均气温分析三带喙库蚊首次出现的温度条件（表2）。首现日前7天至前2天和首现日后1天日平均气温变异系数（分别为22.5%~54.2%和25.9%）明显大于首现日前1天和首现日当天日

平均气温变异系数（分别为12.2%和13.6%），首现日前1天和首现日当天日平均气温最低值分别为11.1℃和11.0℃，与首现日前7天至前2天和首现日后1天日平均气温最低值（分别为1.8~5.3℃和7.0℃）相比明显偏高、波动幅度也小。说明三带喙库蚊首现日当天和前1天的日平均气温 ≥

11.0℃是三带喙库蚊出现的下限温度。由图 3 可见, 1982 ~ 1992 年和 2001 ~ 2002 年三带喙库蚊首现日前 7 天至首现日的日平均气温平均值由低向高呈持续上升变化, 该期日平均气温平均升幅为 7.2℃, 首现日后 1 天的日平均气温出现下降, 平

均降幅为 2.6℃, 其降温与首现日当天或次日有冷锋过境有关。而首现日为 3 月 18 日(平均日期)的常年日平均气温在 9 天中的累计最大升幅仅为 1.5℃。

表 2 三带喙库蚊首现日前 7 天、首现日当天和后 1 天逐日平均气温和累积温度计算表(℃)
Table 2 Calculation table of average mean daily temperature and cumulative temperature for 7 days before to the day after the first appearance date of *Culex tritaeniorhynchus*(℃)

年份 Year	首现日 ^① (月.日)	首现日前 Days before the first appearance date							首现日 当天 ^②	首现日 后 1 d ^③	日平均气温 ≥ 11.0℃累积值		首现日温度 日期 ^⑤ (月.日)
		7 d	6 d	5 d	4 d	3 d	2 d	1 d			2 d ^④	3 d ^⑤	
1982	4.2	6.3	7.6	8.1	9.1	12.2	11.7	13.5	17.2	10.2	30.7	42.4	4.1
1983	3.22	7.9	10.8	5.7	5.8	9.5	11.7	11.6	11.0	11.0	22.6	34.3	3.22
1984	4.4	8.3	11.3	15.4	10.9	9.8	10.5	12.8	12.8	10.5	25.6	—	3.30
1985	4.10	13.5	10.4	10.0	11.8	11.6	12.5	12.1	14.6	13.3	26.7	40.0	4.8
1986	3.13	10.2	10.7	10.5	10.9	5.3	5.0	11.5	14.8	11.4	26.3	37.7	3.13
1987	2.11	- 1.8	1.8	7.7	9.5	10.3	13.5	15.7	17.8	7.3	33.5	47.0	2.10
1988	3.12	4.8	7.1	0.8	3.7	6.1	8.9	12.1	11.8	16.0	23.9	39.9	3.13
1989	3.30	9.7	8.7	7.4	8.4	10.8	9.2	11.1	14.4	15.9	25.5	41.4	3.30
1990	3.11	7.5	4.9	5.7	7.4	7.6	10.9	12.0	14.4	8.1	26.4	—	3.11
1991	3.7	3.2	3.3	5.3	5.2	9.3	8.1	11.6	14.0	7.0	25.6	—	3.7
1992	3.14	4.6	7.7	7.8	7.2	8.0	10.4	11.4	14.5	13.5	25.9	39.4	3.14
2001	4.17	15.4	9.3	12.7	15.1	14.1	13.8	16.9	17.8	16.4	34.7	51.1	3.20
2002	3.11	8.5	6.8	7.6	10.2	11.5	14.7	15.8	12.2	14.3	28.0	42.7	3.9
最低值 minimum		- 1.8	1.8	0.8	3.7	5.3	5.0	11.1	11.0	7.0			
变异系数(CV, %) ^⑦		54.2	38.6	43.6	24.2	22.5	23.6	12.2	13.6	25.9			

①The first appearance date (Month, Date); ②Day of the first appearance date; ③Day after the first appearance date; ④首现日和前 1 天 Cumulative value of mean daily temperature over 11.0℃ in the first appearance date and the day before; ⑤首现日前 2 天至首现日后 1 天任意连续 3 天(取最大值) Cumulative value of 3 days mean daily temperature > 11.0℃ from 2 days before the first appearance date to the day after the first appearance date (maximum value); ⑥Temperature date of the first appearance date (Month, Date); ⑦Coefficient of variance (%)

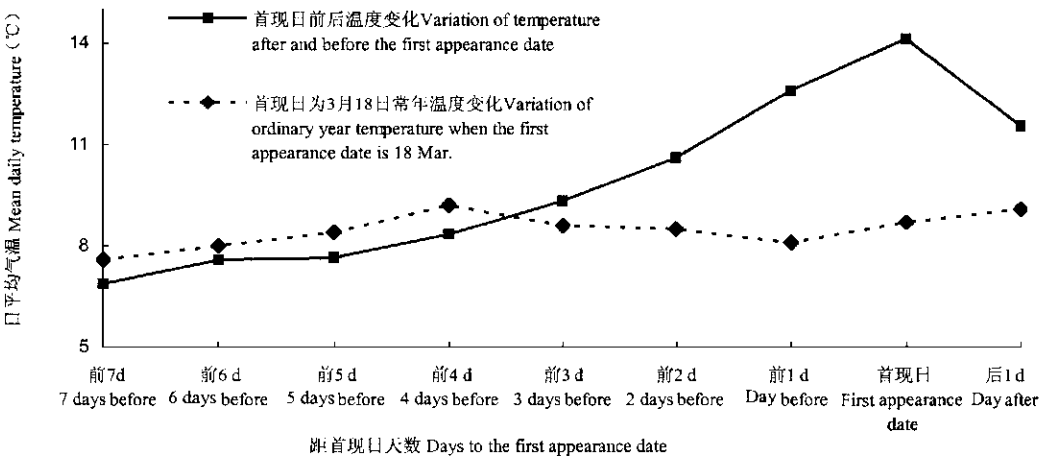


图 3 三带喙库蚊首现日前 7 天 ~ 后 1 天逐日平均气温变化
Fig. 3 Variation in mean daily temperature from 7 days before the first appearance date to the day after the first appearance date of *Culex tritaeniorhynchus*

不难看出,三带喙库蚊首现日是伴随一次至少持续 2 天以上的强回暖天气而出现的,这可能与三带喙库蚊从虫源地北迁至遇阻降落需要一定时间有关联,与闵继光等(2003)提出的首现日当天和前 1 天从地面到 850 hPa 上空伴有“S”风向和出现 ≥ 5 m/s 风速激增现象是一致的,其区别在于三带喙库蚊春季首现日及前 1 天日平均气温 $\geq 11.0^\circ\text{C}$,这也与中华按蚊在冬季遇持续时间短(1 天或以下)、白天辐射增温明显,其日最高气温超过 10°C 时仍可诱捕到(闵继光等,1993)形成显著的差异。统计三带喙库蚊春季首现日和前 1 天日平均气温 $\geq 11.0^\circ\text{C}$ 以及这 2 天的累积温度或首现日前 2 天至首现日后 1 天中日平均气温 $\geq 11.0^\circ\text{C}$ 且其中任意连续 3 天的累积温度(取累积温度最大值)列于表 1 中,得到三带喙库蚊春季首现日温度条件即首现日温度指标是:首现日和前 1 天的日平均气温均 $\geq 11.0^\circ\text{C}$ 且两天的累积温度 $\geq 25.5^\circ\text{C}$,或取首现日前 2 天至首现日后 1 天的 4 天中任意连续 3 天日平均气温 $\geq 11.0^\circ\text{C}$ 的累积温度 $\geq 34.0^\circ\text{C}$ 。则根据三带喙库蚊春季首现日温度指标值并以 1 月 1 日作为起始日,查阅 1982~1992 年和 2001~2002 年达到该温度标准的最早出现日期(表 1 及文中简称首现日温度日期,以下均同)列于表 1,12 年中与三带喙库蚊春季首现日在同一天有 6 年,占 50.0% (6/12),相差 1~2 天的有 5 年,占 41.7% (5/12),相差 3 天以上有 1 年,占 8.3% (1/12)。若不考虑 2001 年首现日则 12 年三带喙库蚊春季首现日与首现日温度日期相差 1~2 天以内的符合率为 91.7% (11/12),两者之间的相关系数达极显著水平 ($r = 0.9954 \geq r_{0.01} = 0.7079$),其用一元回归方程表示为: $Y_2 = 0.3115 + 1.0310 X_2$ 式中 Y_2 、 X_2 分别为三带喙库蚊春季首现日和首现日温度日期,均以距 2 月 28 日的天数表示,如 2 月 27 日为 -1,2 月 28 日为 0,3 月 1 日为 1,3 月 2 日为 2,……余类推,经回归方程检验,三带喙库蚊春季首现日与首现日温度日期相差 1 天以内历史拟合率达 91.7% (11/12)。据此,根据查得的 2001 年首现日温度日期为 3 月 20 日 (X_2 取值 20),代入上述方程得到 2001 年重建后的三带喙库蚊首现日为 3 月 21 日,比在 3 月份没有天天灯诱捕蚊下三带喙库蚊首现日 4 月 17 日提早 27 天,其推断出的三带喙库蚊春季首次出现日也符合了三带喙库蚊春季首现日的气象条件(闵继光等,1990b,1989,2003),在流行病学上具有应用意义。

2.2.3 三带喙库蚊春季发生峰期的温度指标分析:利用 1982~1990 年和 2001~2002 年各年每天灯诱捕蚊现场调查数据和日平均气温观测值绘制成散布图,可确定出日平均气温 18°C 是三带喙库蚊蚊虫密度出现激增的标志性温度(表 3)。在候平均气温 18°C 始日后 10 天三带喙库蚊平均每天蚊虫密度为 1 537.2 只,比候平均气温 18°C 始日前 10 天三带喙库蚊平均每天蚊虫密度 228.0 只多 1 209.2 只(增加 25.8 倍),经秩和检验达极显著水平 ($T = 0$, $P < 0.01$);另据统计,候平均气温 $\geq 18^\circ\text{C}$ 始日后 10 天“S”系风向频率为 50.3%,而候平均气温 $\geq 18^\circ\text{C}$ 始日前 10 天“S”系风向频率为 26.4%,相差为 23.9%,经秩和检验达极显著水平 ($T = 1$, $P < 0.01$),据包为民等(1985)研究,三带喙库蚊幼虫和蛹的发育起点温度(有效积温值)分别为 $14.41^\circ\text{C} \pm 2.14^\circ\text{C}$ (75.61°C) 和 $12.58^\circ\text{C} \pm 1.386^\circ\text{C}$ (21.23°C),其平均出现日期分别为 4 月 13 日和 4 月 4 日,完成幼虫和蛹两发育历期平均日期为 5 月 17 日;游寿仙等(1982)观察和研究,上海地区最早于 5 月下旬~6 月上旬出现新生蚊,出现日平均气温为 $22 \sim 26^\circ\text{C}$,并得出实验室饲养环境下,平均气温为 $17 \sim 20^\circ\text{C}$ 时,三带喙库蚊完成 1 代需 21 天以上,若考虑外界平均水温比同期平均气温偏高的事实,达到 $17 \sim 20^\circ\text{C}$ 温度的平均始日至少在 4 月下旬,则新生蚊最早于 5 月下旬出现。而中华按蚊蚊虫密度激增期比三带喙库蚊滞后 12~32 天(平均为 16 天),起始日平均温度为 $20.5 \sim 22.6^\circ\text{C}$,其中中华按蚊激增期 10 天蚊虫密度为三带喙库蚊的 0.9%~69.0% (平均为 19.8%),对“S”系风向频率增高的响应以及敏感度显著弱于三带喙库蚊。因此,在候平均气温 $\geq 18^\circ\text{C}$ 始日出现前后,上海地区春季温度条件尚不能满足三带喙库蚊大量孳生繁殖的要求,表明在候平均气温 $\geq 18^\circ\text{C}$ 始日后,三带喙库蚊大量激增与“S”系风向频率增高以及“虫源地”方向温度高于上海地区密切相关,从而提示三带喙库蚊春季和初夏随西南和东南气流迁入的可能性极大。

在本试验条件下,各年三带喙库蚊季节增多期,候平均气温 $\geq 18^\circ\text{C}$ 始日出现之前其日平均气温在 18°C 以上的天数共出现 30 天,三带喙库蚊每天平均蚊虫密度为 555.1 只,比日平均气温 18°C 出现日前后各 3 天(计 6 天)的三带喙库蚊每天平均蚊虫密度 58.0 只明显增多(相差 9.57 倍),其差异达极显著水平 ($P < 0.01$)。可见日平均气温 $\geq$

18℃以上对于三带喙库蚊大量出现极为有利，对于适时灭蚊具有重要指示意义。气候统计表明，奉贤地区候平均气温 $\geq 18^{\circ}\text{C}$ 开始日期平均为 5 月 3 日，最早为 4 月 25 日（1983 年），最晚为 5 月 17 日（1987 年），极差为 22 天。

表 3 候平均气温 $\geq 18^{\circ}\text{C}$ 始日后 10 天与前 10 天的蚊虫密度和 S 系风向频率比较
Table 3 Comparison of density of mosquitoes and frequency of S wind ten days before and ten days after 5 day average temperatures exceeded 18°C

年份 Year	候平均气温 $\geq 18^{\circ}\text{C}$ 始日 Date on which 5 day average temperatures exceeded 18°C	始日后 10 天 Ten days after 5 day average temperatures exceeded 18°C		始日前 10 天 Ten days before 5 day average temperatures exceeded 18°C		始日后 10 天与始日前 10 天平均蚊虫密度比值 Ratio of average density of mosquitoes ten days after to ten days before
		平均蚊虫密度(只/天) Average density of mosquitoes(Number/day)	S 系风向频率 Frequency of S-system wind(%)	平均蚊虫密度(只/天) Average density of mosquitoes(Number/ day)	S 系风向频率 Frequency of S-system wind(%)	
1982	5 月 5 日 5 May	36	40.0	2	27.5	18.0
1983	4 月 25 日 25 Apr.	562	57.5	42	40.0	13.4
1984	5 月 8 日 8 May	309	52.5	2	10.0	154.5
1985	4 月 29 日 29 Apr.	1 217	77.5	25	40.0	48.7
1986	5 月 6 日 6 May	3 801	45.0	1 008	15.0	3.8
1987	5 月 17 日 17 May	8 341	60.0	1 229	30.0	6.8
1988	4 月 29 日 29 Apr.	325	30.0	92	32.5	3.5
1989	5 月 8 日 8 May	1 835	42.5	85	27.5	21.5
1990	4 月 28 日 28 Apr.	441	45.0	7	32.5	6.3
2001	5 月 4 日 4 May	10	32.5	2	17.5	5.0
2002	4 月 29 日 29 Apr.	32	25.0	14	17.5	2.3
平均 average	5 月 3 日 3 May	1 537.2	50.3	228.0	26.4	25.8

注 Notes: 1983 ~ 1990 年灯诱捕蚊地点靠近海岸的五四农场, 1982 年地点相同为人工捕蚊; 2001 ~ 2002 年移至奉贤区政府所在地——南桥镇陈河浜村 Location of light traps is at Wusi Farm close to the sea in 1983 ~ 1990; the location is same as above in 1982, but with artificial trap; the location of light traps is at Chenhebang Village, Nanqiao Town, Fengxian District in 2001 ~ 2002.

3 结论与讨论

根据上海地区 3 月 ~ 6 月逐候三带喙库蚊蚊虫密度随季节变化划分为首现日出现期、季节增多期和混合发生期三个时期。采用三带喙库蚊春季首现日和前 1 天日平均气温均 $\geq 11.0^{\circ}\text{C}$ 且两天的累积温度 $\geq 25.5^{\circ}\text{C}$ 或首现日前 2 天至首现日后 1 天的 4 天中日平均气温 $\geq 11.0^{\circ}\text{C}$ 的任意连续 3 天的累积温度 $\geq 34.0^{\circ}\text{C}$ 的首现日温度日期可以较好表示三带喙库蚊春季首现日的出现情况，三带喙库蚊春季首现日与首现日温度日期的差异（2001 年除外）在 1 ~ 2 天以内（91.7%），其中有 6 年两者日期相同。根据首现日温度日期可较准确推断和重建各年三带喙库蚊春季首现日。候平均气温 $\geq 18^{\circ}\text{C}$ 以及日平均气温 18°C 以上的温暖天气和“S”系风向频率的激增是三带喙库蚊大量发生和进入峰期的重要的气象诊断指标。三带喙库蚊季节增多期各候蚊虫密度（ Y_1 ）与平均气温（ X_1 ）呈显著的正相关，用一元回归方程表示为： $Y_1 = -9.3534 + 0.7217X_1$ ；以候

平均气温 $\geq 18^{\circ}\text{C}$ （平均始日为 5 月 3 日）为标志，进入三带喙库蚊混合发生期，与季节增多期三带喙库蚊候蚊虫密度与平均气温相关系数出现“拐点”时的候平均气温临界值 18.5°C 出现日期比较接近。由于上海地区为东亚季风气候区，水平温度梯度方向总是由低纬度地区（南）指向高纬度地区（北），并随冬季风向夏季风变换，在温度梯度方向上（即“S”系风向方向上）风速分量的增大，是引起温度呈季节性上升变化的主要因子，1982 ~ 1992 年和 2001 ~ 2002 年 1 ~ 7 月各月份“S”系风向频率和平均气温相关计算结果（ $r = 0.5813 \geq r_{0.01} = 0.2689$ ）也说明两者之间存在着正相关关系，平均气温对于“S”系风向频率影响效应响应最为敏感，表明三带喙库蚊在春季和初夏蚊虫密度季节变化和分布特征更多地反映了与同期“S”系风向频率随季节增高变化关系。三带喙库蚊首次出现期至季节增多期蚊虫密度突增日与锋面天气活动存在着较大的关联，符合迁飞昆虫北迁降落的规律（张孝曦等，1981）。据此可推测三带喙库蚊在春季和初夏不断的随东南、西南气流迁入本地。随着 2001 年在上海奉贤

地区捕获的三带喙库蚊中分离到乙脑病毒(个人通讯, 梁国栋, 2002), 为病毒长期宿主提供了新的研究线索, 也可以为未来乙脑疫情的监测、预报和控制乙脑病毒自然疫源地提供了新的思路和方法。

参 考 文 献 (References)

- Bao W M, Cui F Y, He G F, 1985. Studies on populations of *Culex tritaeniorhynchus* |. Effects of biology and temperature on development of larva and pupa. In: Collection of Essays on Medical Entomology. Beijing: The Central Commission Office for Patriotic Health Campaign. 77–79. [包为民, 崔烦玉, 何国锋, 1985. 三带喙库蚊种群研究 |. 生物学与温度对幼虫和蛹发育的影响. 医学昆虫学文集. 北京: 中央爱国卫生运动委员会办公室出版. 77–79]
- Dept. Epidemiology, IFM, CAPM, 1999. National data of class A and B infectious disease in December 1998. *Disease Surveillance*, 1:1. [中国预防医学科学院流研所流行病室, 中国预防医学科学院通讯组, 1999. 1998 年 12 月份全国甲乙类传染病疫情动态简介. 疾病监测, 1:1]
- Institute of Microbiology and Epidemiology, Chinese Academy of Medical Sciences, 1982. Collection of Essays of *Culex tritaeniorhynchus*—Studies on Ecology and Prevention and Control. Beijing: The Central Commission Office for Patriotic Health Campaign. [中国医学科学院微生物学流行病学研究所, 1982. 三带喙库蚊专辑——生态学和防制研究. 北京: 中央爱国卫生运动委员会办公室出版]
- Min J G, Cao J, Tang Y L, Wang R L, 1993. Analysis of disappearance of *Culex tritaeniorhynchus* and *Anopheles sinensis* in coastal area of Shanghai. *Chinese Journal of Public Health*, 12 (1): 9–11. [闵继光, 曹菊, 唐玉林, 王仁赓, 1993. 上海海滨三带喙库蚊和中华按蚊消失情况分析. 中国公共卫生学报, 12 (1): 9–11]
- Min J G, Lu C R, Xia H Y, Sun J H, 2002. Analysis in the study of overwintering of Japanese encephalitis virus. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 13 (4): 313–315. [闵继光, 陆春蓉, 夏花英, 孙建华, 2002. 乙型脑炎病毒的越冬研究分析. 中国媒介生物学及控制杂志, 13 (4): 313–315]
- Min J G, Tang Y L, Wang Z X, Wang R L, 1989. The relationship between appearance of *Culex tritaeniorhynchus* and *Anopheles sinensis* in early spring and the climate at the front in the coastal area of Shanghai. *Chinese Journal of Public Health*, 8 (5): 257–260. [闵继光, 唐玉林, 王志贤, 王仁赓, 1989. 上海海滨三带喙库蚊和中华按蚊早春出现与锋面天气的关系. 中国公共卫生学报, 8 (5): 257–260]
- Min J G, Tang Y L, Wang Z X, Wang R L, 1990a. Appearance of *Culex tritaeniorhynchus* and *Anopheles sinensis* in the coastal area of Shanghai and the relevant meteorological analysis. *Chinese Journal of Public Health*, 9 (1): 19–22. [闵继光, 唐玉林, 王志贤, 王仁赓, 1990a. 三带喙库蚊和中华按蚊 8 年早春出现气温分析. 中国公共卫生学报, 9 (1): 19–22]
- Min J G, Tang Y L, Wang Z X, Wang R L, 1990b. The relationship between first appearance of *Culex tritaeniorhynchus* and *Anopheles sinensis* in early spring and winds at the coastal area of Shanghai. *Chinese Journal of Public Health*, 9 (3): 162–164. [闵继光, 唐玉林, 王志贤, 王仁赓, 1990b. 上海海滨三带喙库蚊和中华按蚊早春首次出现与风的关系. 中国公共卫生学报, 9 (3): 162–164]
- Min J G, Gu P Q, Gu Z Q, Huang P X, Song H L, 2003. The meteorological analysis of the first appearance of *Culex tritaeniorhynchus* Fengxian District, Shanghai in 13 consecutive years in 1982–1992 and 2001–2002. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 14 (1): 34–38. [闵继光, 顾品强, 顾正权, 黄品贤, 宋花玲, 2003. 上海奉贤三带喙库蚊 13 年首次出现气象分析. 中国媒介生物学及控制杂志, 14 (1): 34–38]
- Min J G, Jin H, Riley J R, Reynolds D R, Smith A D, Wang R L, Cheng J Y, Cheng X N, 1993. Autumn southward ‘return’ migration of the mosquito *Culex tritaeniorhynchus* in China. *Medical and Veterinary Entomology*, 7: 323–327.
- Nakamura, 1988. Ecological studies on the overwintering of *Culex tritaeniorhynchus* Giles in Osaka Prefecture 4. Influence of temperature on populations of *Culex tritaeniorhynchus*. *Japanese Journal of Sanitary Zoology*, 39 (7): 7–11.
- You S X, Luo Y Z, Xu F M, Wang J Y, Jiang I Y, Zhang T S, Yao Z D, Wang J F, Huang C H, 1982. Studies on the raising of *Culex tritaeniorhynchus* in experimental room. In: Collection of Essays of *Culex tritaeniorhynchus*—Studies on Ecology and Prevention and Control. Beijing: The Central Commission Office for Patriotic Health Campaign. 65–70. [游寿仙, 罗引珍, 徐福民, 汪建云, 蒋丽亚, 张泰生, 姚振东, 王金凤, 黄曹华, 1982. 三带喙库蚊实验室饲养的研究. 三带喙库蚊专辑——生态学和防制研究. 北京: 中央爱国卫生运动委员会办公室出版. 65–70]
- You S X, Luo Y Z, Xu F M, Huang C H, Hu X Q, Ding X G, Sun H Z, Xiao J G, Chen C E, 1982. Observation on activity law of *Culex tritaeniorhynchus* in early spring in Shanghai area. In: Collection of Essays of *Culex tritaeniorhynchus*—Studies on Ecology and Prevention and Control. Beijing: The Central Commission Office for Patriotic Health Campaign. 34. [游寿仙, 罗引珍, 徐福民, 黄曹华, 胡新泉, 丁锡钧, 孙红专, 肖剑刚, 陈翠娥, 1982. 上海地区三带喙库蚊早春出现的活动规律观察. 三带喙库蚊专辑——生态学和防制研究. 北京: 中央爱国卫生运动委员会办公室出版. 34]
- Zhang X X, Geng J G, Zhou W J, 1981. Studies on the migrations of *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée in China. *Journal of Nanjing Agricultural College*, 3: 43–54. [张孝曦, 耿济周, 周威君, 1981. 我国稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée 迁飞规律的研究. 南京农学院学报, 3: 43–54]