

# 致倦库蚊在广州地区自然种群消长 规律的研究\*

周昌清 陈海东 张玉珍

(昆虫学研究所)

## 摘 要

经1982~1984年研究表明,在广州地区致倦库蚊种群每年有两个密度高峰.第1个高峰出现在1~5月,第2个密度高峰出在下半年的11、12月,低峰期在7~9月.低温季节成虫寿命长,11月底12月初羽化的雌成虫,生命期望值 $e_x$ 长达86.5天,雄虫为56天.高温季节,6,7,8月,寿命较短,雌虫 $e_x$ 值分别为20.7天,11.1天,10.8天,雄虫 $e_x$ 值分别为6.5天,7.5天,9.6天.雌虫产卵前期发育起点温度为9.7℃.产卵前期同温度关系回归方程为 $y = 32.3 - 0.9589x$  ( $r = -0.9012$ ,  $P < 0.05$ ).生殖营养周期同温度(11~32℃范围)关系回归方程为 $y = 16.85 - 0.4795x$  ( $r = -0.9783$ ,  $P < 0.01$ ).产卵量同温度(14~29℃)的关系回归方程为 $y_1 = 25.945x - 331.8$  ( $r = 0.9948$ ,  $P < 0.01$ ),在26~28.6℃时 $y_2 = 3168.78 - 108.97x$  ( $r = -0.9888$ ,  $P < 0.01$ ).诱捕成虫中11月~2月雌虫占的比例高,4~5月雄虫占的比例高.文中计算了各月份特定时间生命表参数 $R_0$ 、 $T_c$ 、 $r_c$ .自然种群增殖高峰出现在3、4、5月,和10、11、12月.文中对种群调节的机制也作了讨论.

**关键词** 致倦库蚊, 种群动态, 生命期望, 生命表参数

致倦库蚊*Culex quinquefasciatus*是我国南方主要家栖蚊种,是班氏丝虫病的重要媒介,有些地区认为是乙型脑炎的传播者之一<sup>[1]</sup>.近年来研究还证明可携带登革热病毒<sup>[2]</sup>.致倦库蚊还是其他哺乳动物重要的传播疾病的媒介昆虫.李树桃等已对广州市致倦库蚊生理龄期与季节消长的关系进行了研究<sup>[3]</sup>.本文主要研究致倦库蚊在广州地区自然种群消长规律,分析其与环境因素的关系,探讨种群调节的机制,作为防治决策的基础.

## 1 研究方法

### 1.1 研究地点

选择广州市海珠区中山大学校园内和校园周围的菜田为研究点.中山大学校园面积为1.2(km)<sup>2</sup>,校园内生长着各种树木、花草,校园外围特别是东、东南,北、西南方,是大片用生活污水灌溉的菜田,是致倦库蚊幼虫的主要栖息地,在广州地区具有代表性.

本文1988年4月18日收到

●国家自然科学基金资助项目.杨平均参加了部份实验研究工作

## 1.2 幼虫密度调查

选择中山大学南侧菜田1亩、西南侧菜田20亩、北侧菜田2亩,从1981~1984年,每周调查2次,每次间隔3、4天。在选定菜田中随机定5点,用直径9cm、深3cm的白铁勺为取样工具,每点取1勺,共5勺,分别计算1、2龄和3、4龄幼虫和蛹数。

## 1.3 成虫密度调查

用长30cm、宽30cm、高30cm黑木箱引诱。1982年10月到1984年3月,在中山大学校内东北区,西南区,中区居民点和西南区生物系实验动物饲养场放置木箱诱捕,每点放木箱1个,黄昏放箱,次日7时收集,每周1次,收回的成虫放低温下麻醉,计算雌雄数和雌雄比。同时在防空洞内4~7米深处的墙壁上划1m<sup>2</sup>面积的正方形,计算正方形面积内停留的成虫数、雌雄比。

## 1.4 成虫产卵前期、生殖营养周期、产卵量和寿命测定

不同季节从田间采回蛹若干,随机抽取蛹100个,放在盛水培养皿内,置于30×30×30cm纱笼内,然后放在自然网室内,观察记录羽化时间、雌雄数,羽化后第三天吊小白鼠供血餐,每隔3天1次,每次从下午5时到次日上午8时。每天上午8时检查记录产卵数、雌雄成虫死亡数,直到成虫全部死亡为止。从成虫羽化到第一次产卵的时间间隔为产卵前期。为了确定营养周期,在人工气候箱 Conviron SIOH内,在17±3℃,22±3℃,25±3℃,28±3℃波动温度下,L:D=12:12,进行测定。产卵量取每雌累积平均产卵量。

## 1.5 自然种群特定时间生命表参数的推算

采用特定时间生命表方法<sup>[4,5]</sup>,研究自然种群在不同季节中的变化,计算出种群参数 $R_0$ ,  $T_C$ ,  $r_c$ ,  $R_0 = \sum_{x=1}^{\infty} l_x m_x$ ,  $T_C = \sum_{x=1}^{\infty} l_x m_x x / \sum_{x=1}^{\infty} l_x m_x$ ,  $r_c = \ln R_0 / T_C$ ,用以比较不同季节致倦库蚊自然种群增殖速率,探讨种群数量变化与环境条件的关系。

# 2 结果

## 2.1 幼虫密度变化

从图1中可以看出,在广州地区致倦库蚊幼虫密度有两个高峰,第一高峰出现在1~5月,第二高峰出现在11~12月,第一个高峰紧跟着上年的第二个高峰,田间温度高的季节(7、8、9月)幼虫密度低,田间温度低的季节幼虫密度高,幼虫密度与自然温度成负相关。

## 2.2 成虫密度变化

图2为各点诱捕的成虫均数的季节消长。从图中可以看出,11月中旬起,成虫数量增加,次年3、4、5月达到密

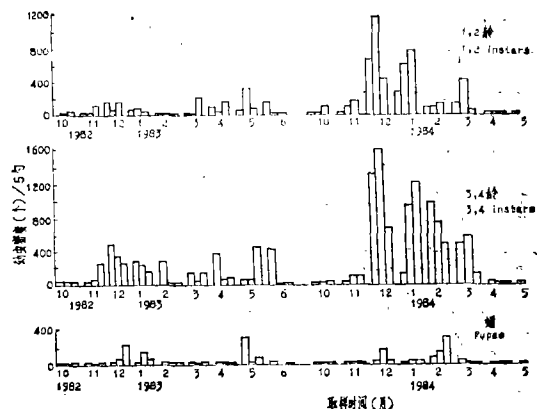


图1 致倦库蚊幼虫种群密度季节消长  
Fig.1 Seasonal changes of larval density of *Culex quinquefasciatus*

度高峰，5月下旬6月上旬以后逐渐下降，8、9月密度达最低点。防空洞内致倦库蚊成虫的数量消长与居民区是一致的。成虫季节消长趋势同李树桃等所调查的结果是一致的<sup>(3)</sup>，而同Hayes报导的密度高峰与温度高峰一致的消长规律恰好相反<sup>(6'7)</sup>。

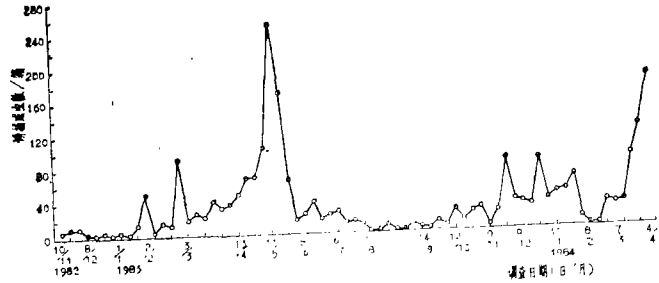


图2 致倦库蚊成虫季节消长  
Fig.2 Seasonal changes of adult density of *Culex quinquefasciatus*

2.3 成虫寿命

致倦库蚊成虫的寿命长短对自然种群的数量增长有密切关系。根据实验数据计算成虫生命期望值 $e_x$ ，如表1。从表1可以看出，温度较低的季节成虫寿命较长，11月底12月初羽化的雌虫生命期望值 $e_x$ 长达86.5天，雄虫生命期望值为56天，以此推断，11月中、下旬和12月羽化的成虫部分可以存活到次年2、3月。在温度较高的季节，成虫的寿命较短，在6、7、8月雌虫生命期望值分别为20.7天、11.1天和10.8天；雄虫生命期望值分别为6.5天、7.5天和9.6天。当然在网室条件下食物较充足，基本排除了天敌的影响，成虫生命期望值估计值比真正自然种群的生命期望值会稍为偏高。

表1 致倦库蚊成虫生命期望值( $e_x$ )

Tab. 1 Life expectation (days) of adults of *Culex quinquefasciatus*

成虫羽化日期	观察成虫数(只)		生命期望 $e_x$ (天)		平均温度(℃)	相对湿度(%)
	雌(♀)	雄(♂)	雌(♀)	雄(♂)		
1983. 1. 2	90	81	46.8	47.7	14.6	79.8
1984. 1. 19	29	46	50.6	51.3	14.2	76.2
1983. 2. 1	32	52	47.9	44.3	14.9	85.5
1983. 3. 10	36	53	28.6	26.2	18.9	85.6
1983. 4. 27	35	51	23.3	15	24.0	87.2
1983. 6. 13	42	41	20.7	6.5	28.3	81
1984. 7. 29	57	49	11.1	7.5	29.0	77.9
1984. 8. 15	53	44	10.8	9.6	28.8	83.1
1984. 9. 7	105	46	37.0	24.3	22.5	71.8
1984. 10. 20	51	45	46	30.9	18.1	64.6
1984. 10. 22	96	93	45.8	25.6	16.8	66.4
1982. 11. 30	70	66	86.5	56.1	14.6	79.8

2.4 成虫产卵前期

在网室变温条件下实测平均温度与产卵前期的关系，依李典谟(1986)直接最优法计算出产卵期发育起点温度为12℃，积温为90日度。在发育起点温度以上，成虫产卵前期与温度的关系可用回归方程 $y = 32,3 - 0,9589x$  ( $r = -0,9012, P < 0,05$ )来拟合，回归

方程预测值与观察值 $\chi^2$ 检验极为拟合( $\chi^2 = 5.5052$ ,  $n-2 = 4$ ,  $P < 0.05$ ).

表2 致倦库蚊成虫产卵前期(天)与温度( $^{\circ}\text{C}$ )的关系  
Tab. 2 Preoviposition period (days) of adult female relation to temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) 广州

实测平均温度( $^{\circ}\text{C}$ )	16.3	22	22.8	23	29.9	30.2
产卵前期(天)	20	10	8	8	6	4

## 2.5 成虫生殖营养周期

群体饲养的成虫产卵前期比较容易确定,但第一次产卵以后开始出现重迭,尤其是,供血间隔时间短,所以天天有卵产下,卵高峰期间隔不明显.营养周期受外界环境条件(温度等)和取食机会等影响,个体间依次各次生殖营养周期长短有差异,即使同一个体的营养周期往往也表现长短不一.本试验在人工气候箱内,致倦库蚊在 $17 \pm 3$ 、 $22 \pm 3$ 、 $25 \pm 3$ 、 $28 \pm 3$   $^{\circ}\text{C}$ 条件下的生殖营养周期分别为8.5, 6.95, 4.4, 3.5天.利用积温公式算得生殖营养周期发育起点温度为 $11.65^{\circ}\text{C}$ ,有效积温为58.64日度.生殖营养周期同温度关系可用回归式 $y = 16.86 - 0.4795x$  ( $r = -0.9783$ ,  $P < 0.01$ )来表示.回归方程预测值与实测值 $\chi^2$ 检验很吻合,  $P < 0.05$ , ( $\chi^2 = 0.1168$ ,  $P_{0.05} = 5.991$ ).

## 2.6 产卵量同温度关系

温度对群体饲养的致倦库蚊成虫平均产卵量有较明显的影响(表3).  $25^{\circ}\text{C}$ 、 $26^{\circ}\text{C}$ 为最适产卵温度,产卵量最高,当温度高于或低于25和 $26^{\circ}\text{C}$ 时产卵量减少,温度高于 $35^{\circ}\text{C}$ ,或低于 $9^{\circ}\text{C}$ 产卵停止.从表3可以看出,在 $14 \sim 26^{\circ}\text{C}$ 温度范围内,随着温度升高平均产卵量增加,  $y_1 = 25.945x - 331.8$  ( $r = 0.9948$ ,  $P < 0.01$ ).回归方程预测值与实测值 $\chi^2$ 检验( $P < 0.05$ )相吻合.从 $26 \sim 28.6^{\circ}\text{C}$ 温度范围内,平均产卵量随温度升高而减少,  $y_2 = 3168.78 - 108.97x$  ( $r = -0.9888$ ,  $P < 0.01$ ).

表3 致倦库蚊成虫平均产卵量同温度关系

Tab. 3 Average eggs laid by female relation to temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )

产卵期间平均温度( $^{\circ}\text{C}$ )	14	17	19	22	25	26	27.6	28	28.6
产卵量(粒)/♀	44	94	150	255	315	342	158	94	72

## 2.7 成虫性比变化

1983年1月到1984年3月用箱诱捕的成虫数量和性比变化列于表4.

表4 致倦库蚊成虫性比季节性变化

Tab. 4 Seasonal changes of sex ratio of adults trapped

诱捕年 日期月	1983												1984		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
♀(个)	74	106	154	440	407	82	25	11	19	26	147	147	185	114	275
♂(个)	75	95	172	1013	670	131	45	8	32	48	111	66	69	55	366

从表 4 可以看出，从 3 月到 10 月，诱捕的雌虫明显少于雄虫，尤其是 4、5 月，雄虫的比例很大，11 月到次年 1、2 月，雌虫的比例明显高于雄虫。这与 Hayes 在美国特萨斯观察的结果<sup>[6]</sup>相似。这种性比变化一定程度上反映了种群内密度制约因素的调节作用。种群密度大时雄虫的比例增大，对种群数量增长起抑制作用，当种群密度低时，制约作用松弛，雌虫个体增多，有利于种群数量的迅速增长。

**2.8 自然种群特定时间生命表的组建**

致倦库蚊自然种群世代重迭，宜用特定时间生命表方法来研究其种群动态。生命表中各栏的编制方法如下：

$x$  年龄级（虫态）：依据致倦库蚊发育虫态划分为卵；1、2 龄幼虫；3、4 龄幼虫；蛹；成虫 1；成虫 2；成虫 3；成虫 4（成虫 1……4 表示成虫产卵次数）。

代表性年龄（天）：在恒温条件下从卵到成虫羽化的发育起点温度为 10.44℃，有效积温为 157.6 日度，不同季节不同温度下从卵到成虫羽化的历期（年龄）根据发育起点和有效积温以积温公式推算。产卵前期（发育起点温度以上）依  $y = 32.3 - 0.9589x$  ( $r = -0.9012, P < 0.05$ ) 的回归方程计算。生殖营养周期（发育起点温度以上）依  $y = 16.85 - 0.4795x$  回归式计算。广州地区各月份的平均温度取广东省气象台提供的 1954~1980 的平均温度。

$l_x$  年龄级的存活概率。卵期到了 3、4 龄幼虫的存活率是依据不同温度（恒温）下实验观察所得。3、4 龄幼虫到蛹期的存活率是根据 1981~1984 年田间调查资料中，3、4 龄幼虫到蛹期的平均存活率，作为该虫期的存活率（表 5）。成虫的羽化率在不同季节差异不明显，一般都在 90~95% 左右，本试验中均取 95% 作为成虫羽化率。成虫的存活率是在广州市 4 个区，每个区选择 2 个固定采集点，共 8 个采集点，包括住房、公园空屋和防空洞三种类型成虫栖境，每个采集点每半月采集 1 次，解剖雌虫，计算卵巢小管膨大数目，确定生理龄期<sup>[3]</sup>，从不同生理龄期的存活数来推算不同生理龄期间的存活率（表 6）。

表 5 致倦库蚊 3、4 龄幼虫到蛹期存活率(%)

Tab. 5 Survival rate of the 3rd, 4th instar larvae to pupal stage

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3、4 龄幼虫存活到蛹期的比例(%)	16.45	14.18	15.98	11.33	35.84	2.5	4.87	0.43	5.55	24.02	11.46	19.62

$m_x$ ，年级为  $x$  时平均每雌产下雌性卵数。利用  $y_1 = 25.945x - 331.8$ （适用月平均温度在 14—26℃ 范围）， $y_2 = 3168.98 - 108.79x$ （适用月平均温度 26~28.6℃ 范围）回归方程式计算各月份雌虫平均产卵量，存活雌虫数乘以每雌产卵量再乘以表 4 中雌虫所占百分比就为  $m_x$  值。为方便起见，设同一个月內各营养周期的  $m_x$  值相等。

$l_x m_x$ ， $l_x m_x x$  栏可根据上述各栏的数值算出，并计算出  $R_0$ ， $T_c$ ， $r_c$  值。 $R_0 = \sum l_x m_x$ ， $T_c = \sum l_x m_x x / \sum l_x m_x$ ， $r_c = \ln R_0 / T_c$ 。

每个月编制一个生命表（略），得出广州地区 1~12 月致倦库蚊自然种群特定时间生命表的  $R_0$ 、 $T_c$  和  $r_c$  值如表 7，

表6 广州地区致倦库蚊成虫生理龄期间的存活率(%)\*

Tab. 6 Survival rate of adult females between physiological ages

月份	解剖雌虫数(个)	新羽化→	第一次产卵→	第二次产卵→	第三次产卵→
		第一次产卵	第二次产卵	第三次产卵	第四次产卵
1	507	23.78	48.19	57.5	30.43
2	481	14.46	24.13	42.85	16.67
3	542	24.45	36.73	19.44	14.28
4	590	23.90	20.18	13.63	33.3
5	378	28.45	30.76	24	0
6	325	47.59	17.17	5.8	0
7	205	54	16.4	9	9
8	183	45.61	26.92	14.28	50
9	155	30.47	53.12	5.88	0
10	306	46.11	24.71	9.09	0
11	386	48.3	20.51	12.5	0
12	357	45.49	16.98	0	0

● 文献[3]表1改编

从表7的生命表参数中可以看出,在广州地区自然条件下,1、2月份时致倦库蚊自然种群的数量是下降的,种群的净生殖率分别为0.43,0.34。3、4月种群数量迅速增加,5月增长速率最高,净生殖率达10.96。6月种群数量开始下降,7、8、9月达到种群密度最低点,10月后种群数量又回升,直到12月。一年之中有两个种群增殖高峰,第一个高峰是3、4、5月,第二个高峰是在10、11、12月。种群增殖温度范围为15~28℃,最适温度范围为25~26℃。低于15℃或高于28℃种群数量下降。

表7 致倦库蚊自然种群在各个月份的特定时间生命表参数

Tab. 7 Parameters of time-specific life table of natural population of *Culex quinquefasciatus* in each month (Guangzhou)

月份	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
月平均温度(℃)	13.2	14	17.1	21.7	26.2	27.6	28.6	28.7	27.7	23.9	20	16.2
$R_0$	0.43	0.34	2.55	1.66	10.96	0.59	0.40	0.04	1.03	11.06	5.42	4.75
$T_c$ (天)	85.4	66	42.7	26.9	18.5	15.6	13.9	14.2	16.2	22.8	31.1	41.8
$r_c$	-0.009	-0.016	0.022	0.061	0.128	-0.033	-0.065	-0.223	0.002	0.105	0.054	0.037

### 3 讨 论

本文研究结果得知,在广州地区,致倦库蚊自然种群增殖有两个高峰,第一个高峰出现在上半年3、4、5月,这时自然温度逐渐上升,月平均温度从17℃升到26℃左右,自然宿主提供血餐的机会增多,雌虫平均产卵量增加,幼虫生境中捕食性天敌的作用压力还不大,幼虫存活到蛹期比例高,虽然新羽化成虫雌虫比例明显下降,但自然种群净生殖率( $R_0$ )仍以大于1的速率增长,5月份达到最大值。6月份后,广州地区月平均气温上升到27℃以上,雌虫平均产卵量下降,幼虫生境中水温上升到25℃左右,幼虫的捕食性天敌捕食作用增强,以负子螭 *Sphaerodema rusticus* 为例,水温在25~28℃时捕食致倦库蚊四龄幼虫的效能迅速增加<sup>[8]</sup>。雨季也使致倦库蚊幼虫存活率大幅度下降,种群数量迅速下降,7、8、9月降到最低点。9月下旬末至10月上旬,数量回升,开始出现第二个高峰。10月份以后高温季节已过,雌虫产卵量增加,大龄幼虫存活到蛹期的比例增加,随着自然温度逐渐降低,捕食天敌的捕食作用逐渐松弛,所以种群数量不断增加,直到12月。冬末和初春,气温、水温都较低(12月为16℃、1月为13℃、2月为14℃),但都在发育起点温度以上,各虫态都能继续发育,但发育持续期较长。非成熟期发育时间延长和新幼虫不断增加是形成早春幼虫高峰的原因,由于12月和1、2、3月田间幼虫密度高,3、4龄幼虫存活到蛹期的比例高,新成虫不断大量羽化,成虫平均寿命可达1个多月以上,数量不断累积,这是形成每年3、4、5月成虫密度高峰的原因。致倦库蚊自然种群数量周期性波动中,温度等非生物因子起非密度制约作用,同时种群内的自我调节也起重要作用。在早春,田间幼虫密度很高,3~6月诱捕的成虫中雌虫仅占35.28%,雄虫占的比例很高,这对种群数量迅速增长起调节作用,下半年经历了7~9月种群最低密度后,10月开始数量不断上升,从11月到次年1、2月,诱捕的成虫中雌虫占66.33%,雌虫的比例高,显然有利于种群数量的增长。

### 参 考 文 献

- [1] 陆宝麟,四川动物,1984,4,35~39
- [2] 李雪东等,中华微生物学和免疫学杂志,5(1985),4,247~249
- [3] 李树桃等,广东寄生虫学会年报,3(1981),161~164
- [4] Southwood T R E, *Ecological Methods with particular reference to the study of insect population* (2nd Edition), 1978 Chapman and Hall
- [5] Chubachi, J. *Animal Ecology*, 48(1979), 681~702
- [6] Hayes J, *J. Med. Entomol.*, 12(1975) 2, 167~178
- [7] Hayes J et al., *J. Med. Entomol.*, 12 1975, 3, 299~303
- [8] 周昌清等,生态科学,1985,1,54~61

## A Study of Population Dynamics of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in Guangzhou

Zhou Changqing\* Chen Haidong Zhang Yucheng

### Abstract

This paper represented the results of population study of *Culex quinquefasciatus* in Guangzhou from 1982—1984. There were two population density high peaks per year. The first, the highest density peak occurred in January to May, the second one appeared in November to December. The longevity of adults emerged in November and December was longer, adult female life expectation,  $e_x$  was 86.5 days, male's was 56 days, the longevity of adults emerged in June, July and August was shorter, female's  $e_x$  was 20.7 days, 11.1 days, 10.8 days respectively, male's  $e_x$  was 6.5 days, 7.5 days, and 9.6 days respectively. The threshold temperature of female preoviposition was 9.7°C, the relationship between preoviposition period (day) and temperature (°C) was fitted with equation  $Y = 32.3 - 0.9589x$  ( $r = -0.9012$ ,  $P < 0.05$ ), and that between gonotrophic cycle (day) and temperature (within 11°C—32°C) was fitted with equation  $Y = 16.85 - 0.4795x$  ( $r = -0.9783$ ,  $P < 0.01$ ). In the range of 14°C to 26°C the relationship between eggs laid and temperature was fitted with equation  $Y = 25.94x - 331.8$  ( $r = 0.9948$ ,  $P < 0.01$ ), in the range of 26°C to 28.6°C,  $Y = 3168.78 - 108.9x$  ( $r = -0.988$ ,  $P < 0.01$ ). The numbers of adult females trapped in November, December, January and February were more than male's, but in April and May that were less than male's. Population parameters  $R_0$ ,  $T_c$ , and  $r_c$  were calculated for each month by time-specific life table method. There were two high peaks of population reproduction for year, the first failed in March, April and May,  $R_0$  value was 2.55, 1.66, 10.96 respectively, the second failed in October, November and December,  $R_0$  value was 11.06, 5.42, 4.75 respectively. The reasons for population fluctuation were discussed also.

**Keywords** *Culex quinquefasciatus*, population dynamic, life expectation, life table parameter

• Research Institute of Entomology