

Reprint 735

天氣對白紋伊蚊在香港為患的影響

莫慶炎、馬學文、李明偉 \*

中國氣象學會 2007 年年會，  
中國，廣州，2007 年 11 月 23-25 日

\* 香港食物環境衛生署

# 天气对白纹伊蚊在香港为患的影响

莫庆炎<sup>1</sup>, 马学文<sup>1</sup>, 李明伟<sup>2</sup>

(1. 香港天文台, 香港 2. 食物环境卫生署, 香港)

## 摘 要

香港常见的白纹伊蚊是传播登革热的病媒。香港食物环境卫生署从 2003 年 1 月起在全港多个地区每月放置诱蚊产卵器 7 天以监察这些蚊虫的滋生情况。每一个地区放置约 55 个诱蚊产卵器, 覆盖范围约 0.55 平方公里。在某区的诱蚊产卵器内发现有白纹伊蚊蚊卵或幼虫的比率为该区的诱蚊产卵器指数, 即有蚊卵或幼虫的诱蚊产卵器数目除以该地区收回之诱蚊产卵器总数目再乘以 100%。指数的高低可显示白纹伊蚊在该区为患的情况。

各区录得的诱蚊产卵器指数有明显的季节性变化, 在较温暖及多雨的春夏两季的诱蚊产卵器指数相比较凉及少雨的秋冬两季高。为了进一步了解天气与诱蚊产卵器指数的相互关系, 从而了解天气对白纹伊蚊在香港为患的影响, 本文选取了粉岭、长沙湾、跑马地三个历史较长及数据较完整的地区在 2003 至 2004 年录得的诱蚊产卵器指数与香港天文台设于最接近这三个地区的自动气象站同期所录得的气象数据进行研究。研究结果显示, 安放诱蚊产卵器前 14 天至回收诱蚊产卵器共 21 天的平均气温的指数函数和安放诱蚊产卵器前 14 天的总雨量的二次方程与诱蚊产卵器指数有显著的相关。本文再使用这些关系为各区建立一个诱蚊产卵器指数天气模型。使用诱蚊产卵器指数天气模型可预计诱蚊产卵器指数水平, 从而作出相应的防治蚊患措施及行动。此外, 亦可从使用模型计算的诱蚊产卵器指数与实测的诱蚊产卵器指数的差别评估所采取的防治蚊患措施及行动的成效。

**关键词:** 白纹伊蚊 登革热 诱蚊产卵器指数

## 1 引言

### 1.1 背景

过去 30 年, 登革热在全球热带及亚热带地区肆虐, 超过 100 个国家, 25 亿人的健康受到威胁, 估计每年近 2 万人死于登革热病及相关的出血性登革热病[1]。登革热在东南亚很多国家, 包括泰国、马来西亚、星加坡、中国、印尼、越南及菲律宾等已成为一种疫症。登革热是一种病毒性人畜共通传染病, 主要经由埃及伊蚊和白纹伊蚊传播, 其中白纹伊蚊是香港常见的蚊虫之一。

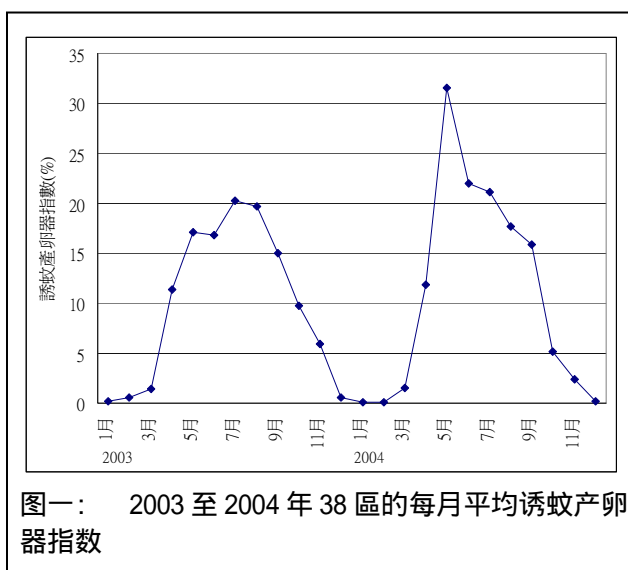
### 1.2 香港对白纹伊蚊的监控及诱蚊产卵器指数

香港食物环境卫生署(食环署)于 2000 年设立了全港登革热监察系统, 致力遏止登革热的传播。为了加强登革热病媒监察, 食环署从 2003 年 1 月起在全港多个地区每月放置诱蚊产卵器以监察白纹伊蚊的滋生情况。诱蚊产卵器早在 1969 年美国白纹伊蚊教育计划[2]及 1979 年马来西亚对槟榔岛白纹伊蚊的数量和分布研究上使用[3]。诱蚊产卵器已普遍地应用于全球各地机场对白纹伊蚊的

监控计划上[4]。

诱蚊产卵器是一个约二百毫升，内置有一褐色产卵棒的黑色塑料容器。食环署现时在全香港共 38 个地区放置诱蚊产卵器以监察白纹伊蚊的滋生情况。每一个地区约放置 55 个诱蚊产卵器，覆盖范围约 0.55 平方公里。鉴于白纹伊蚊的平均飞行距离一般少于 100 米，每个诱蚊产卵器之间的距离约为 100 米以避免同一白纹伊蚊在不同的诱蚊产卵器产卵。诱蚊产卵器在每个地区每个月放置 7 天后回收至实验室并温培 7 天。在某一地区的诱蚊产卵器内发现有白纹伊蚊的卵、幼虫或蛹的比率为该区的诱蚊产卵器指数，即有蚊卵、幼虫或蛹的诱蚊产卵器数目除以于该区收回之诱蚊产卵器总数目再乘以 100%。指数的高低可显示白纹伊蚊在该区滋生的情况。

2003 及 2004 年全港 38 个区的诱蚊产卵器指数的平均值有明显的季节性变化 (图一)，在较温暖及多雨的春夏两季的诱蚊产卵器指数相比较凉及少雨的秋冬两季高，显示天气会影响白纹伊蚊的滋生程度。详细了解天气与诱蚊产卵器指数的关系可提高防治白纹伊蚊工作的效率。



## 2 数据及分析

### 2.1 数据

本文选取了分别位于新界、九龙及香港岛的粉岭、长沙湾和跑马地三个历史较长及数据较完整的地区在 2003 至 2004 年录得的诱蚊产卵器指数与香港天文台设于最接近该三个地区的自动气象站所录得的气象数据(表一)研究天气与诱蚊产卵器指数的关系。

### 2.2 分析

根据 Meller 等报告指出，影响白纹伊蚊滋生情况的天气元素主要为气温和雨量。此外，相对湿度在某程度上会影响白纹伊蚊的生存率，风力则会影白纹伊蚊的分布 [5]。由于相对湿度会受气温及雨量影响，相对湿度对白纹伊蚊滋生情况的影响某程度上已反影在气温及雨量的影响之

放置诱蚊产卵器地区	自动气象站	
	气温	雨量
粉岭	打鼓岭 (4 公里)	上水 (3 公里)
长沙湾	青柏楼 (6 公里)	葵涌 (4 公里)
跑马地	黄竹坑 (3 公里)	跑马地扫杆笏 (1 公里)

表一： 选取作研究用的诱蚊产卵器地区及自动气象站(括号内数字为两者的距离)

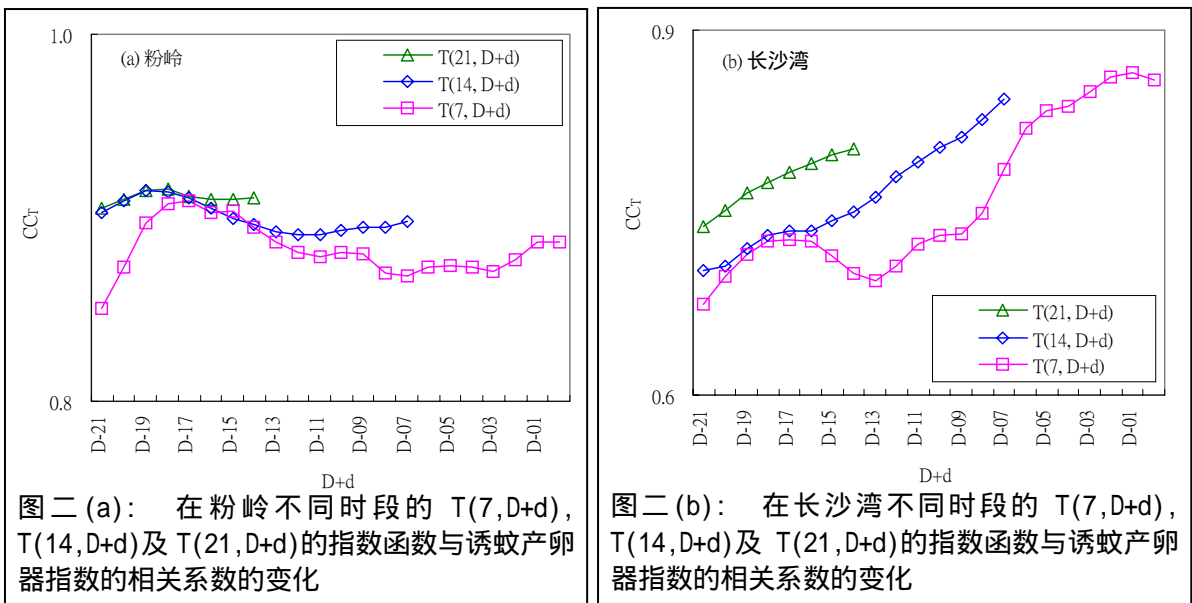
内，因此本文不独立分析及讨论相对湿度与诱蚊产卵器指数的关系。在风力方面，类似以下 2.2.1 及 2.2.2 节对气温及雨量的分析显示风力与诱蚊产卵器指数的相关并不明显。

白纹伊蚊的生命周期可以分为两个阶段：以水为主的生长期(卵、幼虫及蛹)及并不以水为主的长成期(成蚊)。由卵至成蚊整个过程约需 7 天[4]。在气温 6 °C 至 40 °C 的环境下，成蚊每天的生存率约为 89% [6]。以此计算，基本上在 3 个星期后能够存活的成蚊数量接近零。再加上诱蚊产卵器每次放置 7 天，因此在随后分析气温和雨量与诱蚊产卵器指数的关系时分别只考虑 7 天、14 天及 21 天的平均气温及总雨量。

为方便随后的讨论，引用标号  $T(n, D+d)$  及  $R(n, D+d)$  分别表示由“D-d”那天开始计算共“n”天的平均气温及总雨量。其中“D”及“d”分别表示第一天放置诱蚊产卵器的日期及与该天相距之日数。例如  $T(21, D-14)$  表示由放置诱蚊产卵器前 14 天起计算的 21 天平均气温；而  $R(14, D-14)$  表示由放置诱蚊产卵器前 14 天开始量度的 14 天总雨量。由于回收诱蚊产卵器后的天气不会影响过去的诱蚊产卵器指数，本文只分析回收诱蚊产卵器前的 7 天、14 天及 21 天平均气温及总雨量与诱蚊产卵器指数的关系。

### 2.2.1 气温与诱蚊产卵器指数

成长的雌蚊需要吸食血液以提供营养作产卵之用。白纹伊蚊与其它蚊一样，吸血频率与气温成指数式增加 [6]。由于诱蚊产卵器指数直接受白纹伊蚊产卵的活跃程度所影响，因此本文以一个指数函数  $\alpha e^{\beta T(n, D+d)}$  分析诱蚊产卵器指数与气温之间的关系，其中“ $\alpha$ ”和“ $\beta$ ”为常数。以最少平方差的方法计算粉岭、长沙湾和跑马地三个地区的诱蚊产卵器指数与不同时间段的 7、14 及 21 天平均气温  $T(7, D+d)$ ， $T(14, D+d)$  及  $T(21, D+d)$  的指数函数的相关系数 ( $CC_r$ ) 及分析其变化(图二(a)至(c))。



图二(a): 在粉岭不同时间段的  $T(7, D+d)$ ， $T(14, D+d)$  及  $T(21, D+d)$  的指数函数与诱蚊产卵器指数的相关系数的变化

图二(b): 在长沙湾不同时间段的  $T(7, D+d)$ ， $T(14, D+d)$  及  $T(21, D+d)$  的指数函数与诱蚊产卵器指数的相关系数的变化

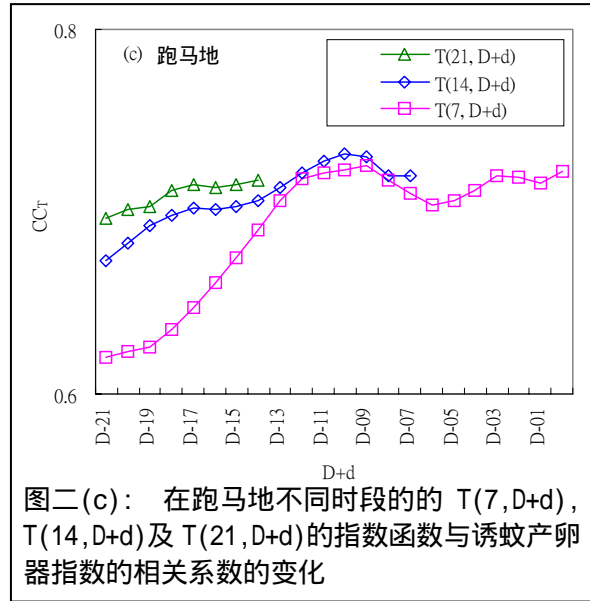
结果显示：

(a) 所有 7、14 及 21 天平均气温  $T(7, D+d)$  ,  $T(14, D+d)$  及  $T(21, D+d)$  的指数函数与诱蚊产卵器指数均有显著的相关,  $CC_T$  都在 0.6 以上。粉岭、长沙湾和跑马地的最大  $CC_T$  分别为 0.92、0.87 和 0.73 ；

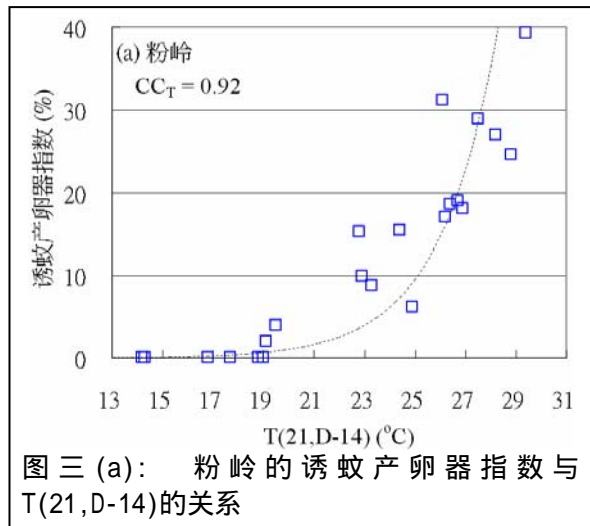
(b) 在长沙湾和跑马地，放置诱蚊产卵器时段的气温在 7、14 及 21 天平均气温  $T(7, D+d)$  ,  $T(14, D+d)$  及  $T(21, D+d)$  中比重越大，即“ $D+d$ ”越接近“ $D+0$ ”， $CC_T$  越大。而在粉岭，除了  $T(7, D-21)$  至  $T(7, D-20)$  这两个在较偏离放置诱蚊产卵器时段的 7 天平均气温外，其它的  $CC_T$  变化不大；

(c) 粉岭、长沙湾和跑马地三个地区的  $T(21, D-14)$  的指数函数与诱蚊产卵器指数的  $CC_T$  分别为 0.92、0.81 及 0.73，接近各区的最大  $CC_T$ 。

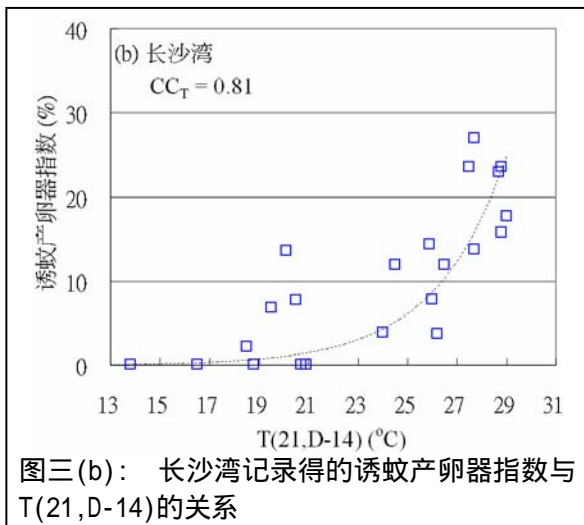
图三(a)至(c)分别是该三个地区诱蚊产卵器指数与  $T(21, D-14)$  的关系，图中虚线为以最少平方差的方法得出的诱蚊产卵器指数与  $T(21, D-14)$  的指数函数，即  $= \alpha e^{\beta T(21, D-14)}$ 。除了当  $T(21, D-14)$  上升时，诱蚊产卵器指数以指数级上升外，当  $T(21, D-14)$  低于  $19^\circ\text{C}$  时，诱蚊产卵器指数大致为零。



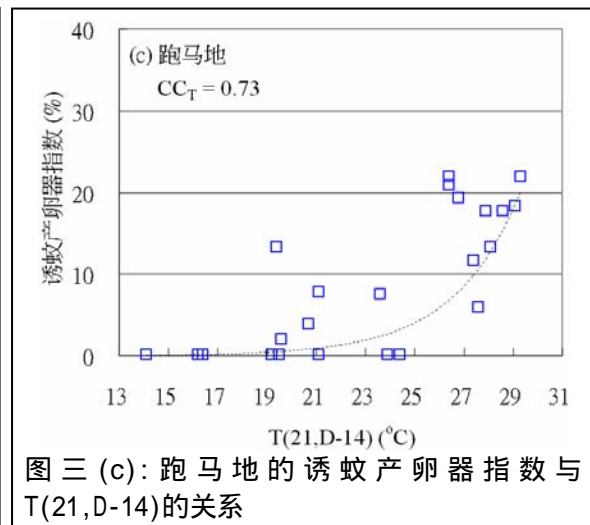
图二(c)：在跑马地不同时段了的  $T(7, D+d)$  ,  $T(14, D+d)$  及  $T(21, D+d)$  的指数函数与诱蚊产卵器指数的相关系数的变化



图三(a)：粉岭的诱蚊产卵器指数与  $T(21, D-14)$  的关系



图三(b)：长沙湾记录得的诱蚊产卵器指数与  $T(21, D-14)$  的关系

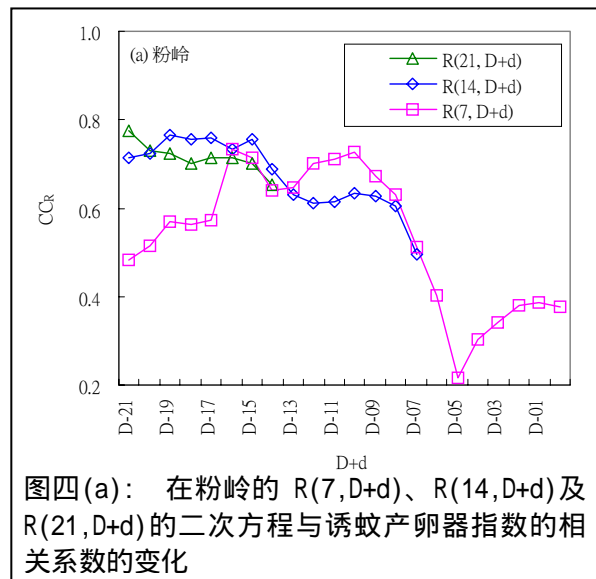


图三(c)：跑马地的诱蚊产卵器指数与  $T(21, D-14)$  的关系

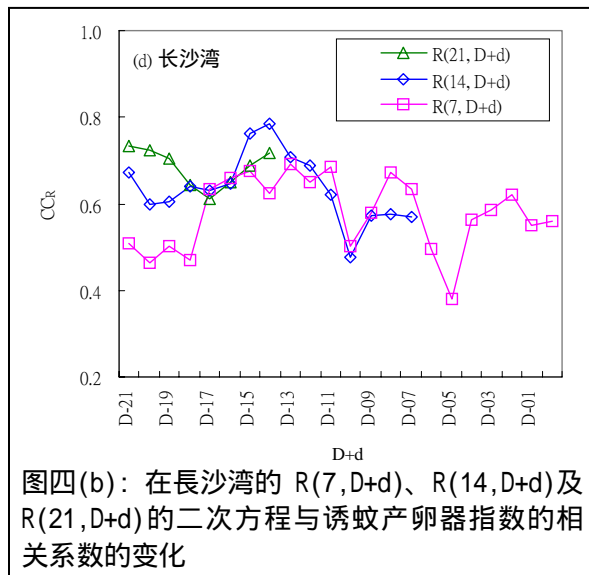
### 2.2.2 雨量与诱蚊产卵器指数

由于白纹伊蚊的生命周期需要经过水生的幼虫及蛹这两个阶段，因此雨量是影响白纹伊蚊滋生的一个重要因素。而雨量影响适宜产卵及孕育成蚊场地的出现、消失、面积的大小与及持久性[7, 8]，其实质影响则视乎当地的情况，例如土壤的排水性能及容易积聚雨水的地点数量等。雨水虽然能够增加适宜产卵及孕育成蚊场地的数量，但过多的雨水或长时间降雨除了会破坏该些场地外，亦会把卵、幼虫及蛹冲走，或直接令成蚊死亡[5]。因此，本文嘗試以一个二次方程函数  $\gamma R^2 + \lambda R + \varepsilon$  分析诱蚊产卵器指数与雨量之间的关系，其中“ $\gamma$ ”、“ $\lambda$ ”和“ $\varepsilon$ ”为常数。

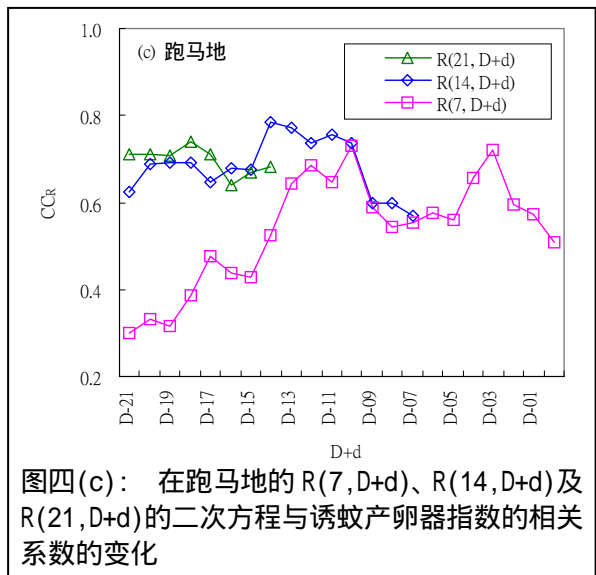
以最少平方差的方法计算粉岭、长沙湾和跑马地三个地区的诱蚊产卵器指数与不同時間段的7、14及21天總雨量  $R(7, D+d)$   $R(14, D+d)$  及  $R(21, D+d)$  的二次方程函数的相关系数 ( $CC_R$ ) 及分析其变化(图四(a)至 (c))。结果显示在长沙湾和跑马地， $R(14, D-14)$  的二次方程函数与诱蚊产卵器指数的  $CC_R$  最大；分别为 0.79 和 0.78。而在粉岭，雖然  $R(14, D-14)$  的二次方程函数与诱蚊产卵器指数的  $CC_R$  不是最大，但亦有 0.69。



图四(a): 在粉岭的  $R(7, D+d)$ 、 $R(14, D+d)$  及  $R(21, D+d)$  的二次方程与诱蚊产卵器指数的相关系数的变化

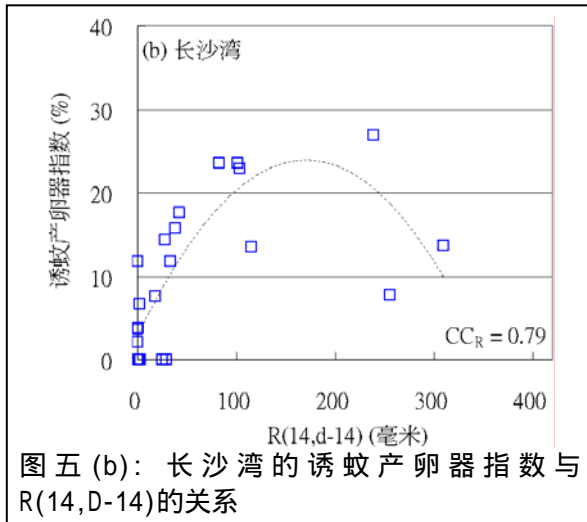


图四(b): 在长沙湾的  $R(7, D+d)$ 、 $R(14, D+d)$  及  $R(21, D+d)$  的二次方程与诱蚊产卵器指数的相关系数的变化

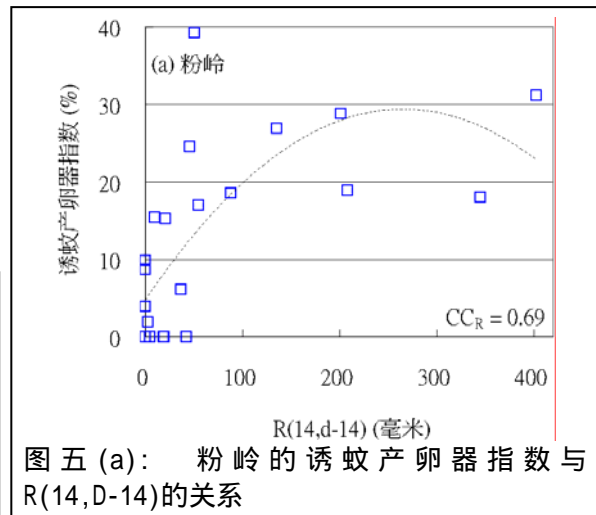


图四(c): 在跑马地的  $R(7, D+d)$ 、 $R(14, D+d)$  及  $R(21, D+d)$  的二次方程与诱蚊产卵器指数的相关系数的变化

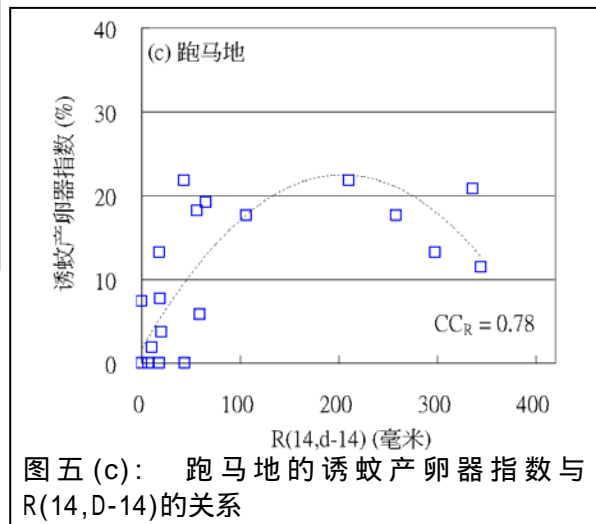
图五(a)至(c)分别是该三个地区的诱蚊产卵器指数与R(14,D-14)的关系,图中虚线为以最少方差的方法得出的诱蚊产卵器指数与R(14,D-14)的二次方程函数,即  $=\gamma(R(14,D-14))^2+\lambda(R(14,D-14))+\varepsilon_0$



图五(b): 长沙湾的诱蚊产卵器指数与R(14,D-14)的关系



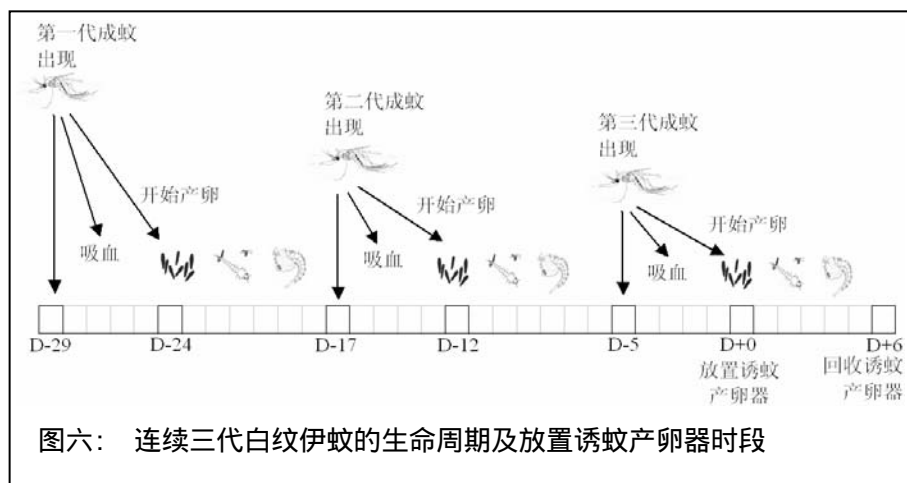
图五(a): 粉岭的诱蚊产卵器指数与R(14,D-14)的关系



图五(c): 跑马地的诱蚊产卵器指数与R(14,D-14)的关系

### 3 讨论

图六显示白纹伊蚊连续三代的生命周期与诱蚊产卵器安放时段的关系。白纹伊蚊的生命周期与其它蚊虫一样共有四个阶段,即卵、幼虫、蛹及成蚊。由卵至成蚊整个过程约需7天[4]。雌蚊在约2天后开始为产卵而吸食血液及在吸食血液约3天后开始产卵[9,10]。根据此生命周期,第一代白纹伊蚊产卵后的第12天,第二代白纹伊蚊便可以开始产卵。如果第一代白纹伊蚊在D-24开始产卵,第二及第三代白纹伊蚊最早分别会在D-15及D-3开始吸食血液和在D-12及D+0开始产卵。以每天生存率为0.89计算,第一代白纹伊蚊在放置诱蚊产卵器时



图六: 连续三代白纹伊蚊的生命周期及放置诱蚊产卵器时段

已大致不存在，而第二代白纹伊蚊的数量亦只剩余 14%，诱蚊产卵器收集的主要是第三代白纹伊蚊所生产的卵、幼虫及蛹。因此，影响诱蚊产卵器指数的主要因素是放置诱蚊产卵器期间(即 D+0 至 D+6)可以产卵的第三代白纹伊蚊的数量和它们的产卵活跃程度，而影响前者的主要因素则是第二代白纹伊蚊在 D-15 至 D-3 期间吸食血液的活跃程度和由 D-12 至 D+0 期间适宜产卵的场地的数量。

根据以上讨论，诱蚊产卵器指数主要受 D-15 至 D+6 期间的平均气温及 D-12 至 D+0 期间的总雨量所影响。这与 2.2.1 及 2.2.2 节的分析结果显示在粉岭、长沙湾和跑马地三个地区的诱蚊产卵器指数与安放诱蚊产卵器前 14 天及安放诱蚊产卵器期间的平均气温(T(21,D-14))的指数函数和由安放诱蚊产卵器前 14 天开始的 14 天总雨量(R(14,D-14))的二次方程函数有显著相关吻合。此外，在 T(21,D-14)低于 19°C 时诱蚊产卵器指数皆为零这个现象与其它有关研究结果显示大部份成蚊在 15°C 以下不再飞行，及在 19°C 左右祇有约 15%的成蚊仍然活跃相符[6]。

#### 4 诱蚊产卵器指数天气模型

##### 4.1 建立诱蚊产卵器指数天气模型

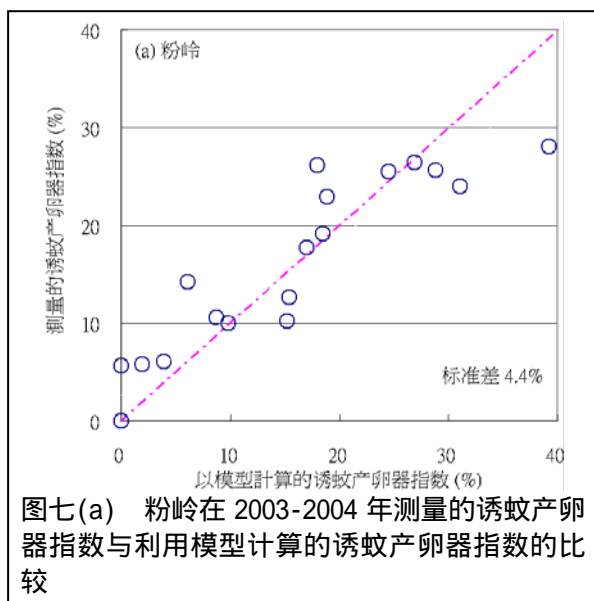
根据第 2 及第 3 节得出诱蚊产卵器指数与气温和雨量的关系，可以利用 2003 年 1 月至 2004 年 12 月测量到的诱蚊产卵器指数及相关的气温和雨量分别为粉岭、长沙湾和跑马地三个地区建立一个诱蚊产卵器指数天气模型：

当  $T(21,D-14) < 19^{\circ}\text{C}$  ,  $I = 0$  ;

当  $T(21,D-14) \geq 19^{\circ}\text{C}$  ,  $I = e^{aT(21,D-14)} (b(R(14,D-14))^2 + c(R(14,D-14)) + d)$

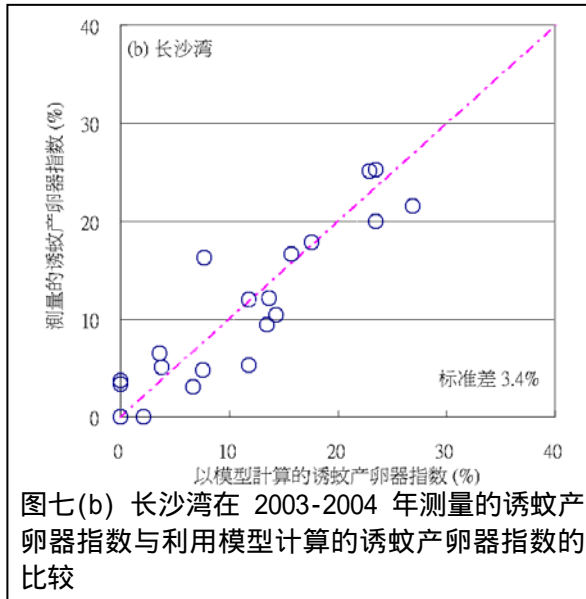
其中“a”、“b”、“c”和“d”为常数，各区的数值以反回归方法求出。

图七(a)至七(c)分别是粉岭、长沙湾和跑马地在 2003 年 1 月至 2004 年 12 月测量到的诱蚊产卵器指数与利用模型计算的诱蚊产卵器指数的比较。两者在粉岭、长沙湾和跑马地的相关系数分别为 0.93、0.92 和 0.84，而标准差分别为 4.4%、3.4% 和 4.6%。

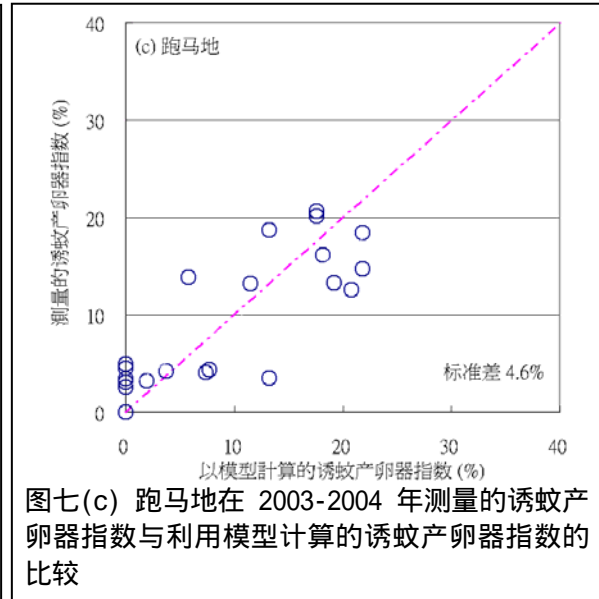


图七(a) 粉岭在 2003-2004 年测量的诱蚊产卵器指数与利用模型计算的诱蚊产卵器指数的比较





图七(b) 长沙湾在 2003-2004 年测量的诱蚊产卵器指数与利用模型计算的诱蚊产卵器指数的比较



图七(c) 跑马地在 2003-2004 年测量的诱蚊产卵器指数与利用模型计算的诱蚊产卵器指数的比较

#### 4.2 诱蚊产卵器指数天气模型的应用

相对于放置诱蚊产卵器那天，诱蚊产卵器指数天气模型中的 14 天总雨量  $R(14, D-14)$  是之前 14 天的实测总雨量，而 21 天平均气温  $T(21, D-14)$  中的前 14 天气温是已知，只要能够预测安放诱蚊产卵器期间 7 天的平均气温，便可在放置诱蚊产卵器那天使用诱蚊产卵器指数天气模型预测诱蚊产卵器指数水平，再从预测的诱蚊产卵器指数水平的高低而作出相应的防治蚊患措施及行动。此外，在收回诱蚊产卵器后，亦可从使用模型计算的诱蚊产卵器指数与所测量的诱蚊产卵器指数的差别评估在放置诱蚊产卵器前所采取的防治蚊患措施及行动的成效。

#### 5 结论

根据食环署在 2003 年 1 月至 2004 年 12 月测量到的诱蚊产卵器指数显示白纹伊蚊在香港的滋生情况有明显的季节性变化。在较温暖及多雨的春夏两季的情况比较为清凉和少雨的秋冬两季严重。

本文利用于 2003 年 1 月至 2004 年 12 月在粉岭、长沙湾和跑马地三个地区测量到的诱蚊产卵器指数研究天气对白纹伊蚊在香港滋生情况的影响。研究结果显示，当安放诱蚊产卵器前 14 天至回收诱蚊产卵器共 21 天的平均气温低于  $19^{\circ}\text{C}$  时，诱蚊产卵器指数大致为 0%。而当安放诱蚊产卵器前 14 天至回收诱蚊产卵器共 21 天的平均气温等于或高于  $19^{\circ}\text{C}$  时，诱蚊产卵器指数与该时期的平均气温的指数函数和安放诱蚊产卵器前 14 天的 14 天总雨量的二次方程有显著的相关。这些结果与白纹伊蚊的生活情况及生命周期相当吻合。

利用诱蚊产卵器指数与气温和雨量的关系可以建立一个诱蚊产卵器天气指数模型。该模型可帮助计划及执行防治蚊患措施及行动，并评估所采取的防治蚊患措施及行动的成效。

## 参考文献

- 1 McCarthy, J.J, et al. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability, Contribution of Working Group II, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2001b.
- 2 Jacob WL, Bevier GA. Evaluation of ovitraps in the U.S. *Aedes aegypti* eradication program. *Mosq News* 1969;29:55-62
- 3 Yap HH, Thiruvengadam V. Relative abundance of *Aedes aegypti* (Linnaeus) and *Aedes albopictus* (Sjuse) in different habitats – An ovitrap survey conducted in Georgetown, Penang Island, Malaysia. *Med J. Malaysia* 1979;34:76-9
- 4 World Health Organization. Guidelines for dengue surveillance and mosquito control. Western Pacific Education in Action Series No.8 1995.
- 5 Mellor, P.S., C.J. Leake, Climatic and geographic influences on arboviral infections and vectors, *Rev. sci. tech. Off. Int. Epiz.*, 19 (1) 41-54, 2000.
- 6 Martens P. Climate change and vector-borne diseases. *Health and Climate Change*, Earthscan Publications Ltd, London, 27-79 (1998).
- 7 Hales, S., S.J. Edwards, and R.S. Kovats, 2003: Impacts on health of climate extremes. In *Climate change and Human Health – Risks and Responses*, (A. J. McMichael, D. H. Campbell-Lendrum, C. F. Corvalán, K. L. Ebi, A. K. Githeko, J. D. Scheraga, and A. Woodward, Editors). World Health Organization, Geneva.
- 8 Patz, J.A., A.K. Githeko, J. P. McCarty, S. Hussain, U. Confalonieri, N. de Wet, 2003: Climate change and infectious diseases. In *Climate change and Human Health – Risks and Responses*, (A. J. McMichael, D. H. Campbell-Lendrum, C. F. Corvalán, K. L. Ebi, A. Githeko, J. D. Scheraga, and A. Woodward, Editors). World Health Organization, Geneva.
- 9 DEL ROSARIO, A. 1963. Studies on the biology of Philippine mosquitoes. I. Observations on the life and behaviour of *Aedes albopictus* (Skuse) in the laboratory. *Philipp J Sci*.
- 10 HIEN, D.S.. 1976a. Biology of *Aedes aegypti* (L., 1762) and *Aedes albopictus* (Skuse, 1895) (Diptera, Culicidae). V. The gonotrophic cycle and oviposition. *Acta Parasit Pol*, 24(6):37-55