



## 中興大學校園登革熱病媒蚊分布與族群變動之研究

鄭中涵、羅永欣、黃紹毅\*

國立中興大學昆蟲系 40227 台中市南區興大路 145 號

\* 通訊作者 email: oleander@dragon.nchu.edu.tw

收件日期：2021 年 4 月 29 日 接受日期：2021 年 7 月 16 日 線上刊登日期：2021 年 8 月 13 日

### 摘要

登革熱是台灣重要的環境議題之一，其主要傳播方式是由帶原病媒蚊叮咬後傳染。校園內由於出入人口多，以及有許多未被清除的孳生源，除了容易有高密度蚊蟲造成的騷擾性問題外，在登革熱發生時期亦會造成極大威脅。本研究於 2020 年在中興大學校區內 20 個區域設置誘卵桶，進行共 50 週的監測，計算每週之陽性率與平均產卵數，結合氣象觀測之數據探討病媒蚊密度與氣候因子間的關聯性。此外，亦探討了校園孳生源種類與清除孳生源前後的差異。結果顯示在中興大學內之病媒蚊主要是白線斑蚊 (*Aedes albopictus*)，誘卵桶之平均陽性率為  $76 \pm 20\%$ ，族群約於三月開始上升，六月達到高峰，八月開始減少，十二月降到最低，病媒蚊族群維持在高密度最久的是樣點 2 號、3 號、19 號、及 20 號。同時，發現氣溫是影響中興大學校園內白線斑蚊生長與族群消長的主要因子，雨量僅在梅雨季及夏季對族群發生負相關。而中興大學校園內之孳生源及陽性孳生源則以閒置物品、淤泥堆積處、公設結構為主，顯示族群長時間維持高密度可能與環境管理及公共設施構造有關。過去對於大學校園內病媒蚊之分布及族群變化的了解並不多，因此本研究期望能瞭解影響校園病媒蚊族群之因子，同時利用孳生源巡檢的結果探討其成效，樹立校園病媒蚊監測及防治之作業參考。

**關鍵詞：**病媒蚊、誘卵桶監測、校園、族群分布、族群消長。

### 前言

登革熱為病媒蚊傳播之病毒傳染病，主要由埃及斑蚊 (*Aedes aegypti*) 及白線斑蚊 (*Aedes albopictus*) 取食時將病毒釋放至宿主體內，多發生在城市及半城市區域 (Juliano, 2010)。根據世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 資料顯示，全球約有 39 億人口面臨登革熱的威脅，每年有 3.9 億人感染，其中亞洲的疾病負擔就佔了約 70% (WHO, 2020)。歷年來，台灣的登革熱病例主要為

境外移入的個案 (Huang et al., 2007)，但也有發生本土大流行的紀錄，例如 2014、2015 年高雄市及臺南市疫情爆發，全島的總病例數超過 5 萬例 (Hsu et al., 2017)。隨著國家蚊媒傳染病防治研究中心 (National Mosquito-Borne Diseases Control Research Center) 於 2016 年 4 月成立，國內登革熱病例數已明顯下降。除此之外，2020 年由於新冠肺炎疫情導致境外移入人口減少，在一月到八月間同期病例較前兩年明顯減少 (Lin et al., 2020)。然而，登革熱仍在每年夏、秋兩季對身處亞熱帶地區的

台灣造成威脅，為避免疫情再度爆發，防範登革熱的發生仍是現今不可忽視的議題。

目前尚未有治療登革熱的特效藥，也未開發出保護力夠高的疫苗 (Flipse and Smit, 2015)，因此長期的病媒蚊數量監測，更能做到及時預警的功能，防止疫情迅速擴散。前人研究顯示，巴西、瓜地馬拉、菲律賓、越南曾缺乏適當的病媒蚊監測，在監測及防治資金失衡的情況下，使疫情更趨嚴重 (Horstick *et al.*, 2010)。與反應性的蚊媒防治手段 (Reactive control measures) (例如：化學防治……等) 相比，主動性的蚊媒調查 (Proactive control measures) (例如：病媒蚊監測……等)，較具有實施的實際性、低成本與可持續性等優點，因此應該投注更多的資金 (Eisen *et al.*, 2009)。本次實驗所使用的監測方法是慣行的誘卵桶監測，雖不具有誘殺病媒蚊的功能，但其能提供昆蟲學、流行病理學及環境相關數據並加以分析的特性，有助於擬定後續病媒蚊防治策略 (Regis *et al.*, 2009)。

本實驗樣區所在的台中市曾在 2015 年及 2018 年發生登革熱大流行，分別造成 76 例及 113 例本土感染，根據衛生福利部疾病管制署 (Taiwan Centers for Disease Control, CDC) 的資料顯示，2018 年的本土病例為台中自 1998 年來最高的紀錄 (CDC, 2020)，主要原因是民眾警覺性不足，堆放許多積水容器如花盆之水盤、水桶等等，提供病媒蚊大量的孳生源。而校園為病媒蚊提供了良好的棲地繁殖，假如有登革熱帶原者停留，病毒將有機會被快速傳播，例如 2019 年 9 月國立成功大學曾發生校園群聚感染的狀況 (<https://news.pts.org.tw/article/448271>)。因此，定期監測以瞭解其族群於何時增加，在族群數增高時能對師生及周圍社區的安全有預警的效果。台灣過去少有長期的校園病媒蚊監測研究，本研究針對中興大學校園之病媒蚊進行監測計畫，透過定期的監測來瞭解中興大學內病媒蚊族群的消長及分布，並探討氣溫、雨量及孳生源對病媒蚊族群的影響，除了為登革熱防治提供寶貴的參考資料外，亦可樹立未來各校園病媒蚊監測之作業參考。

## 材料與方法

### 一、誘卵桶監測

#### 1. 採集樣區

本調查試驗之採集樣區位於台灣台中市南區興大路 145 號的國立中興大學（後續簡稱「興大」）校區。界於東經  $120^{\circ} 67' 21''$ ~ $120^{\circ} 67' 92''$ 、北緯  $24^{\circ}$

$12' 37''$ ~ $24^{\circ} 11' 73''$ ，校本部佔地約 53 公頃，有超過 50 棟建築物，以及約 30% 左右的綠地，其中包含針葉林組成之黑森林、各系實習田、草坪、中興湖、路邊及各建築物間的闊葉林或花圃，校地周圍亦有康橋河堤等公園。台中市歷年年均溫為  $23.7^{\circ}\text{C}$ ，最冷的月份在一月，月均溫  $17^{\circ}\text{C}$ ；最熱在七月，月均溫  $28.9^{\circ}\text{C}$ 。年降雨量  $1762.8\text{ mm}$ ，主要集中在梅雨季節及颱風侵擾時期。相對溼度界於  $70.8\sim76.2\%$  之間。而實驗進行期間 109 學年度校內人數有在學生人數 14,974 人，以及 785 位教職員工，另有許多校外人士出入，提供病媒蚊生存及發育的環境。

#### 2. 誘卵桶監測

為了定期監測興大校內病媒蚊之族群變化，本研究於校區及宿舍等 20 處陰暗的草叢或灌木叢設置誘卵桶 (ovitrap)，其中調查期間為了擴大校內病媒蚊監測範圍，移動樣點 4-1 號到 4-2 號、14-1 號到 14-2 號、15-1 號到 15-2 號 (圖一)。誘卵桶開口處直徑  $12\text{ cm}$ ，底部直徑  $10\text{ cm}$ ，容器高  $12\text{ cm}$ ，蓋子中心處有直徑  $4\text{ cm}$  的圓形開口，讓蚊子能飛入產卵；桶內放置 1 張耐煮濾紙袋 ( $28 \times 20\text{ cm}^2$ )，將其張開成袋狀至其長邊可完全套住誘卵桶洞口，裸露約寬邊之  $1\text{ cm}$ ，接著再倒入約  $800\text{ ml}$  的水，並蓋上蓋子固定濾紙，營造適合蚊子產卵的環境；並於 2020 年 1 月 3 日~12 月 31 日期間每週更換濾紙，並將舊濾紙袋帶回計算卵數以及陽性率 (Ovitrap Index, OI)，陽性率代表各樣點之中含有病媒蚊卵之誘卵桶的比率，計算等式為： $OI (\%) = (N / 20) \times 100\%$ ，其中 OI：陽性率，N：有收集到病媒蚊卵之樣點數。

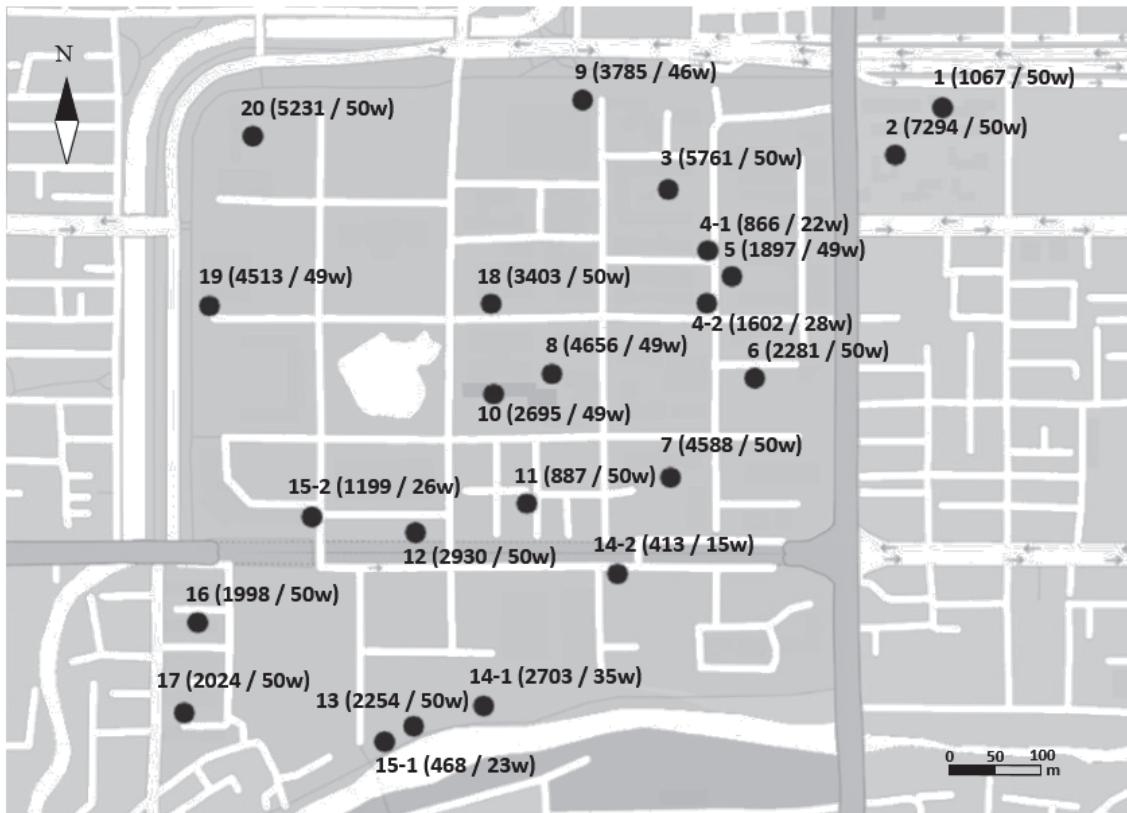
## 二、病媒蚊族群之變化與分佈

#### 1. 校內病媒蚊族群之季節性變化

為了找到一年中病媒蚊族群之上升期、高峰期、衰退期之時間及長短，因此將每週卵數、陽性率繪圖並觀察病媒蚊族群隨季節變化的趨勢，並繪圖觀察病媒蚊族群隨季節變化的趨勢。

#### 2. 校內病媒蚊分佈熱點及變化

為了瞭解不同樣區的病媒蚊族群隨時間之消長趨勢，因此計算每個樣點每 4 週之平均卵數 (但部分時期由於樣點位置更換造成長度不等於 4 週)；再選取 4 個時間尺度相等的時期 (第五週~第八週、第二十一週~第二十四週、第三十八週~第四十週、第四十九週~第五十二週)，以其配合校區地圖製作熱點圖，熱點顏色由白色至紅色再至深紫色表示 8 個不同的卵數區間；最後從 13 個時期中取出平均值大



圖一 2020 年於興大設置病媒蚊誘卵桶樣點及調查期間各誘卵桶誘得之總卵數。其中樣點 4-1 於第二十五週開始移動至 4-2；樣點 15-1 於第二十七週開始移動至 15-2；樣點 14-1 於第三十八週開始移動至 14-2。括弧內左半部代表調查期間誘得之總卵數，右半部代表調查之總週數。

Fig. 1. Locations of ovitraps set at NCHU in 2020 and the total number of eggs collected during the investigation. Sample site 4-1 was moved to 4-2 in the 25<sup>th</sup> week, site 15-1 was moved to 15-2 in the 27<sup>th</sup> week, and site 14-1 was moved to 14-2 in the 38<sup>th</sup> week. The number on the left side in parentheses represents the total number of eggs collected during the investigation. The right-side number represents the total number of weeks of investigation.

於 125 顆（淡紫色）的樣點，並以樣點 8 號、10 號、18 號為中心區域，將校地畫分成十六方位，瞭解不同時期病媒蚊族群較高之區域。

### 3. 陽性率與平均卵數間之相關性

陽性率與平均卵數間的相關性可以幫助瞭解校內病媒蚊分布的狀況，倘若兩者間相關性低或呈負相關，則可能代表校內病媒蚊有分佈非常不均勻的現象，造成平均卵數上升，陽性率卻下降的情況。此部分將藉由相關性分析 (Pearson Correlation) 求得相關係數 ( $r$ )，以探討每週之平均卵數與陽性率間的關聯。

### 三、病媒蚊族群與氣溫、雨量之關係

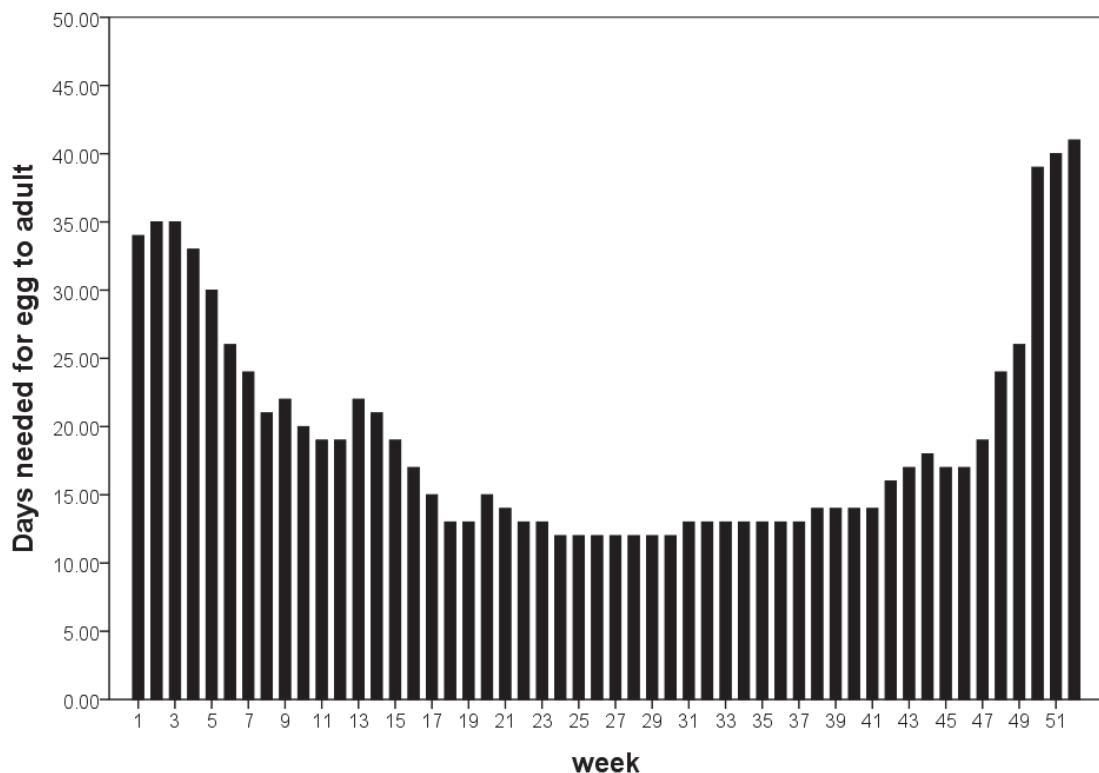
本研究從交通部中央氣象局 (Central Weather Bureau) 觀測資料查詢 (CWB Observation Data Inquire System, CODiS) 取得 2020 年台中監測站每日氣溫及雨量等資料，藉此計算每週平均氣溫、每週累積雨量、年平均氣溫、年總

雨量等資訊 (Central Weather Bureau, 2021)。再利用每週之平均卵數與陽性率，對週平均氣溫及週累積雨量進行相關性分析及迴歸分析 (regression analysis)。此外，由於 2020 年年降雨量較往年少 (詳見結果第三項)，且該年沒有任何颱風登陸，為了避免分析數據時有太多週降雨量為 0 mm，導致統計結果之相關性降低的情況發生，因此本研究亦對 2020 年台中市降雨量較多的梅雨季及夏季 (第十九週~第三十五週) 期間的數據進行相關性分析與迴歸分析。

### 四、病媒蚊孳生源

#### 1. 孳生源清除前後平均卵數之差異

定期清除病媒蚊孳生源是廣被認同的蚊媒預防方法之一，為了探討此方法的效果及可能影響的變因，本研究於第二十八週~第三十四週選出卵數較高的樣點，對其附近區域進行孳生源巡檢，並以清除時為第零週為基準，利用單因子變異數分析



圖二 2020 年興大校園白線斑蚊每週第一天產下之蚊子卵成長至成蟲所需天數。

Fig. 2. Days needed for an *Aedes albopictus* egg laid on the first day of a week to grow to an adult on the NCHU campus in 2020.

(ANOVA) 比較清除前第一週~第五週，及清除後第二週~第六週之平均卵數是否有顯著差異。其中選取清除後第二週~第六週的原因，是本研究事先利用有效積溫 (total effective temperature) 的公式 (Leibee, 1984)： $K = (T - a) \times D$  ( $K$ : 有效積溫,  $T$ : 觀測溫度,  $a$ : 發育臨界溫度,  $D$ : 發育天數)，配合白線斑蚊之發育臨界溫度 (critical temperature)  $11.56^{\circ}\text{C}$ 、總積溫 (accumulative temperature) 208.33 日度 (Lee, 1994) 以及氣溫資訊，計算各週第一天所產下之白線斑蚊卵成長至成蟲所需天數後 (圖二)，發現巡檢期間 (第二十八週~第三十四週) 之生長天數皆為 12 或 13 天，故選取清源後第二週開始計算平均卵數。

## 2. 巡檢方式、孳生源類型及比例計算

本研究巡檢之區域多為系館建築物或宿舍，以步行的方式搜尋 5 樓以下之孳生源，若發現積水處有第八節具呼吸管、胸部癒合無足、以身體呈現 C 字型不斷扭動的蚊子幼蟲，則列為陽性孳生源。發現孳生源後會將其移除或是把積水倒掉後倒置容器，若孳生源難以移動，則會投放蘇力菌 (*Bacillus thuringiensis*) 或百利普芬 (pyriproxyfen)，減少日後蚊子可產卵的地方。最後統計校內孳生源及陽性孳生源的數量後，再計算所有孳生源中不同類型

的比例、各類孳生源陽性的比例以及所有陽性孳生源中不同類型的比例。

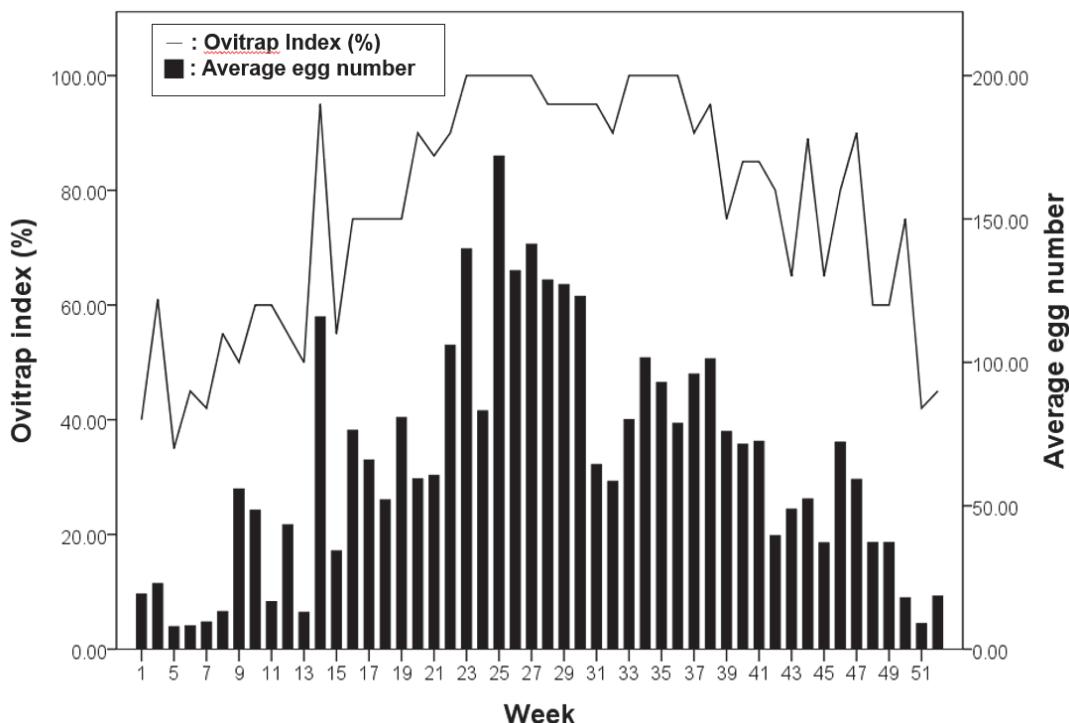
## 五、統計分析

本研究之單因子變異數分析、相關性分析、迴歸分析皆使用 SPSS (Statistical Product and Service Solutions, version 18) 進行數據分析，其中相關性分析與迴歸分析中的平均卵數皆以 log 進行轉換、陽性率以 arcsin $\sqrt{\cdot}$ 進行轉換，相關係數大於 0.3 時才可進行迴歸分析，而迴歸分析之結果須先通過常態性 (normality)、獨立性 (independency) 及變異數同質性 (constant variance) 的檢測，方能利用最小平方法得到最佳直線方程式。平均數 (mean)、標準差 (standard deviation, SD) 使用 Excel 2016 計算。折線圖、長條圖及散佈圖使用 SPSS 作圖，圓餅圖及熱點圖則使用 Excel 2016 繪製。

## 結 果

### 一、誘卵桶監測結果

本研究以 2020 年 1 月 3 日為第一週算起，扣除第二、三週未收集的全部樣點數據，以及第二十五



圖三 2020 年於興大誘卵桶每週之平均卵數及陽性率。長條圖代表平均卵數，折線圖代表陽性率。其中第二及第三週之數據未列入圖中。

Fig. 3. Vector mosquitoes' average egg number and OI recorded from ovitraps every week at NCHU in 2020. Bars represent the average egg number. The line represents the OI. The second and third weeks' data are not provided in the graph.

週、二十七週、三十八週分別更改樣點 4-1 號、15-1 號、14-1 號誘卵桶的位置至 4-2 號、15-2 號、14-2 號，另外樣點 5 號在第二十三週、樣點 8 號在第四十四週、樣點 9 號在第二週、第七週、第二十三週、第二十五週、樣點 10 號在第三十一週、樣點 15-1 號在第二十三週、樣點 19 號在第三十週分別有發生誘卵桶遺失或被破壞（例如：被丟菸蒂……等）的情況，因此不納入後續計算與圖表上，其餘樣點皆收集完整數據至 2020 年 12 月 31 日，共計 50 週（圖一、三）。興大之病媒蚊為白線斑蚊 (Chang *et al.*, 2014)，調查期間總共誘集到病媒蚊卵 64,493 顆，20 個樣點於期間內平均每週誘集到之總卵數為  $1,290 \pm 800$  顆，單週總卵數最高的時間是第二十五週，誘集到 3,266 顆，最低的是第五週，誘集到 157 顆；誘集到卵數最高的樣點是位於教職員宿舍的 2 號，於 50 週內誘集到 7,294 顆，最低的是位於溫室的 11 號，於 50 週內誘集到 887 顆（圖一）；單週之平均陽性率  $76 \pm 20\%$ ，最高的是數週的 100%，最低的是第五週的 35%。

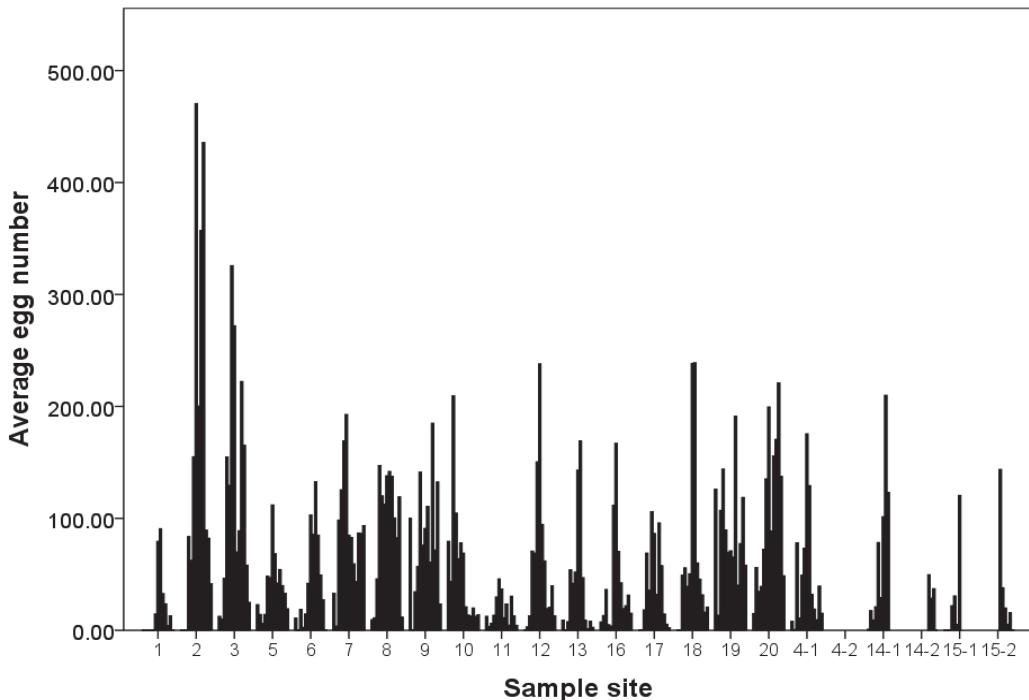
## 二、病媒蚊族群之變化與分布

### 1. 校內病媒蚊族群之季節性變化

病媒蚊總卵數於 2020 年第九週~第二十一週逐漸上升，20 個樣點於期間內平均每週誘集到之卵數為  $1,109 \pm 555$  顆；第二十二週~第三十週達到高峰，20 個樣點於期間內平均每週誘集到之卵數為  $2,482 \pm 448$  顆；第三十一週~第四十九週逐漸下降，20 個樣點於期間內平均每週誘集到之卵數為  $1,331 \pm 436$  顆。第一週~第八週及第五十週~第五十二週降至低谷，20 個樣點於期間內平均每週誘集到之卵數  $273 \pm 107$  顆（圖三）。

### 2. 校內病媒蚊分佈熱點及變化

樣點位置如前所述（圖一），病媒蚊卵數以樣點 2 號、3 號、7 號、8 號、9 號、19 號、20 號較多，每個樣點於設置期間內之週平均卵數大於  $82 \pm 69$  顆（圖四）；以樣點 1 號、11 號、14-2 號較少，每個樣點於設置期間內之週平均卵數小於  $28 \pm 28$  顆（圖四）。各樣點熱點如圖所示（圖五），4 週內之平均卵數可超過 125 顆之地區於第九週~第二十週分別為學校中心區域的樣點 8 號及 10 號區域、東南方區域的樣點 7 號、北北東方區域的樣點 3 號、4-1 號、9 號、西北方區域的樣點 19 號；第二十一週~第三十二週為學校中心區域的樣點 18 號、東南方區域的樣點 7 號、北北東方區域的樣點 3 號、4-1 號及 4-2



圖四 各個樣點不同時期（以每 4 週為單位）之平均卵數變化。

Fig. 4. Variation in average egg number at each sample site in every period (four weeks per period).

號、西北方區域的樣點 20 號、東北方區域的樣點 2 號、南方區域的樣點 13 號及 14 號、南南西區域的樣點 12 號；第三十三週~第三十七週為學校中心區域的樣點 8 號、東南方區域的樣點 6 號、西北方區域的樣點 19 號及 20 號、東北方區域的樣點 2 號；第三十八週~第四十八週僅剩北北東方區域的樣點 9 號、西北方區域的樣點 20 號、東北方區域的樣點 2 號。

### 3. 陽性率與平均卵數間之相關性

陽性率與平均卵數之相關係數為  $0.835 (p < 0.001)$ ，兩者呈現高度正相關。

### 三、病媒蚊族群與氣溫、雨量之關係

2020 年中台中市年均溫  $24.5 \pm 4.2^\circ\text{C}$ ，週平均溫度以第二十八週的  $30.1 \pm 0.9^\circ\text{C}$  為最高，第五週的  $16.3 \pm 1.9^\circ\text{C}$  為最低；年總雨量  $1,120.3 \text{ mm}$ ，週累積雨量以第二十一週的  $194.0 \text{ mm}$  為最高，數週累積雨量的  $0 \text{ mm}$  為最低（圖六）。而平均卵數與氣溫和雨量之相關係數分別為  $0.849 (p < 0.01)$  和  $0.238 (p = 0.096)$ ，陽性率與氣溫和雨量之相關係數分別為  $0.834 (p < 0.01)$  和  $0.370 (p < 0.01)$ 。平均卵數與氣溫進行迴歸分析得到之迴歸直線方程式為  $y = 0.075 + 0.007 x (R^2 = 0.720, t = 11.114, p < 0.001)$ （圖七）；陽性率與氣溫進行迴歸分析得到之迴歸直線方程式為  $y = 0.060 + 0.006 x (R^2 = 0.695, t =$

$10.464, p < 0.001)$ （圖八）；陽性率與雨量進行迴歸分析得到之迴歸直線方程式為  $y = 0.003 + 0.001 x (R^2 = 0.137, t = 2.757, p = 0.008)$ ，但不具獨立性。而在第十九週~第三十五週時，平均卵數與氣溫和雨量之相關係數分別為  $0.656 (p < 0.01)$  及  $-0.662 (p < 0.01)$ ；陽性率與氣溫和雨量之相關係數分別為  $0.321 (p = 0.208)$  及  $-0.160 (p = 0.540)$ 。此時平均卵數與氣溫進行迴歸分析得到之迴歸直線方程式為  $y = 0.091 + 0.027 x (R^2 = 0.431, t = 3.368, p = 0.004)$ ；平均卵數與雨量進行迴歸分析得到之迴歸直線方程式為  $y = -0.002 + 0.001 x (R^2 = 0.438, t = -3.417, p = 0.004)$ ，但不具獨立性。

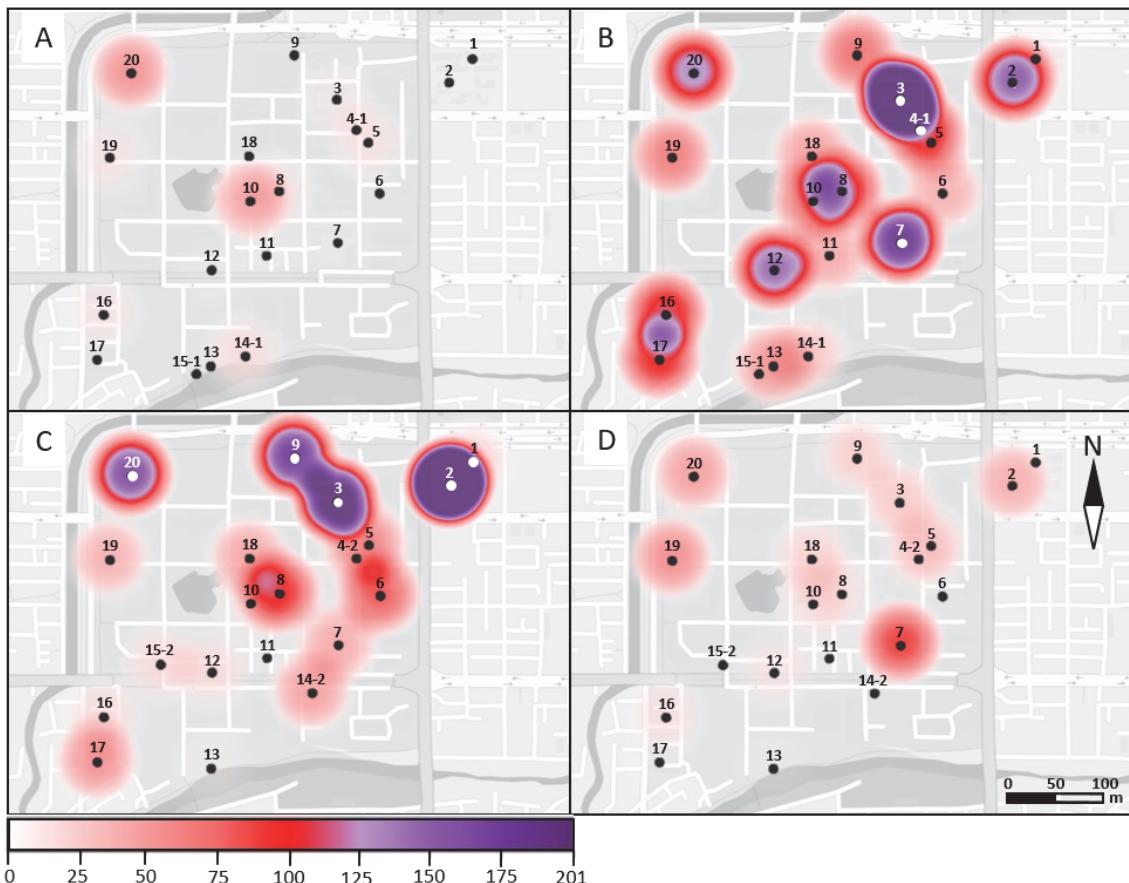
### 四、病媒蚊孳生源清除前後總卵數之差異

#### 1. 孳生源清除前後平均卵數之差異

巡檢期間共計清除 12 個樣點附近區域之孳生源，在清源過後兩週，樣點 1 號、3 號、4-2 號、12 號之平均卵數顯著下降 ( $p < 0.05$ )；樣點 8 號、10 號、15-2 號、16 號、18 號、樣點 17 號、20 號無顯著差異 ( $p > 0.05$ )；樣點 2 號顯著上升 ( $p < 0.05$ )（表一）。

#### 2. 孳生源類型及比例

本研究將孳生源大致分成五類，第一類為植體洞穴 (implanted cave)，是植物在自然狀況下形成的水坑，例如：樹洞等；第二類為人為垃圾 (man-



圖五 2020 年於興大校內之病媒蚊在不同時期的熱點分布及變化。深紫色表示該樣點之平均卵數大於或等於 200 顆，紅色表示約 100 顆，越接近白色代表平均卵數越低。(A) 第五~八週。(B) 第二十一~二十四週。(C) 第三十八~四十週。(D) 第四十九~五十二週。

Fig. 5. Distribution of and variation in vector mosquito hotspots at NCHU in 2020 during different periods. Dark purple sample sites indicate an average egg number  $\geq 200$ , and red sites indicate an average egg number of approximately 100. The average egg number declines as the color becomes white. (A) 5<sup>th</sup>-8<sup>th</sup> week. (B) 21<sup>st</sup>-24<sup>th</sup> week. (C) 38<sup>th</sup>-40<sup>th</sup> week. (D) 49<sup>th</sup>-52<sup>nd</sup> week.

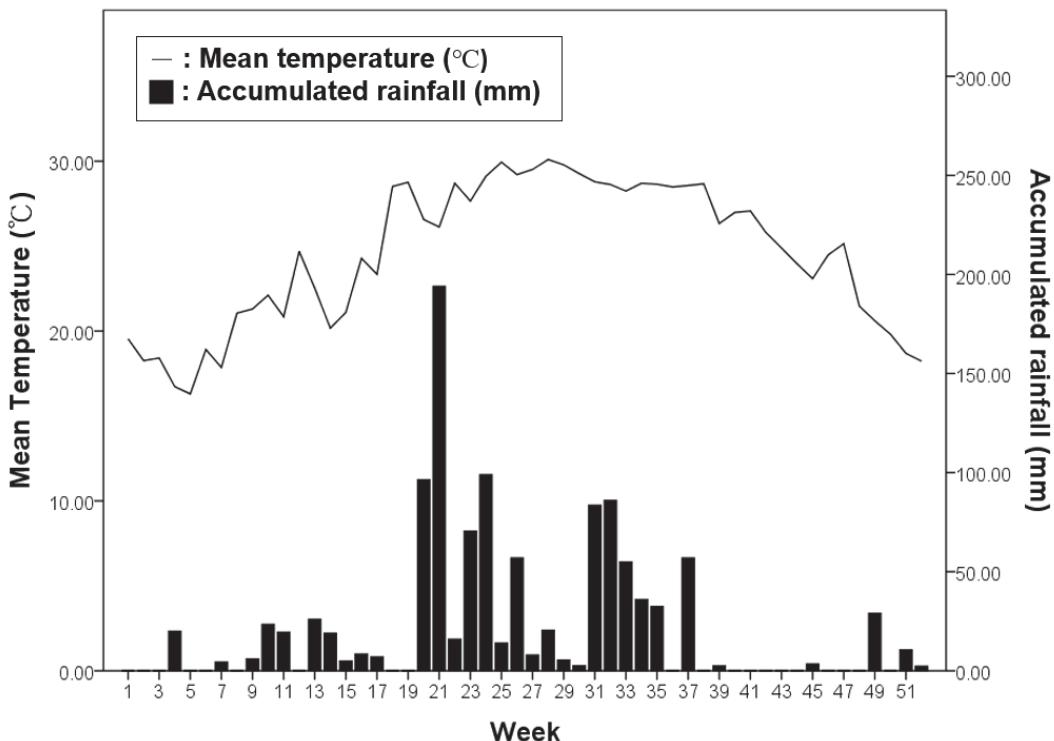
made waste)，不屬於公共設施，且不具有用途，例如：塑膠袋、紙餐盒等；第三類為閒置物品 (idle stuff)，不屬於公共設施，但可能仍在使用中，例如：盆栽、水桶等；第四類為淤泥堆積處 (silt accumulations)，屬於公共設施，但因久未清理淤泥使其易積水，例如：水溝、水管等；第五類為公設結構 (public works structures)，屬於公共設施，針對公共設施結構造成容易積水的地方，例如：裝置藝術、建築物牆角等等。

本次共巡檢到 96 個孳生源，其中 42 個為陽性孳生源。孳生源以閒置物品佔 48% 最多，其次依序是淤泥堆積處 25%、公設結構 16%、植體洞穴 7%、人為垃圾 4% (圖九)。各類型孳生源陽性的比例以閒置物品 57% 及植體洞穴 57% 最多，其次依序是人為垃圾 50%、公設結構 33%、淤泥堆積 21%。而在 42 個陽性孳生源中，閒置物品所佔比例 62% 為最多，其次依序是淤泥堆積 12%、公設結構 12%、植體洞

穴 9%、人為垃圾 5% (圖十)。

## 討 論

本試驗於 2020 年在興大共進行 50 週的病媒蚊監測，每週調查 20 個樣點，20 個樣點於期間內平均每週誘集到之卵數為  $1,290 \pm 800$  顆，陽性率為  $76 \pm 20\%$ ，每個樣點平均每週可誘集到之卵數為  $65 \pm 40$  顆。誘卵桶指數為國家蚊媒傳染病研究中心所開發，將樣區收集之病媒蚊數據之陽性率與每 10 個樣點之總卵數分別以 60% 及 500 顆為基準，劃分成優先管理區域、注意管理區域及尚無風險區域。依此誘卵桶指數，發現興大在監測的 50 週裡，有 29 週是處於優先管理狀態，11 週是處於注意管理狀態。此外，根據臺南市政府衛生局 (Public Health Bureau, Tainan City Government) 公布之換算標準 (<https://health.tainan.gov.tw/>)，陽性率大於



圖六 2020 年臺中市每週平均氣溫及累積雨量。長條圖代表累積雨量。折線圖代表平均氣溫。

Fig. 6. Weekly mean temperature (line) and accumulated rainfall (bars) in Taichung in 2020. Bars represent accumulated rainfall. The line represents the mean temperature.

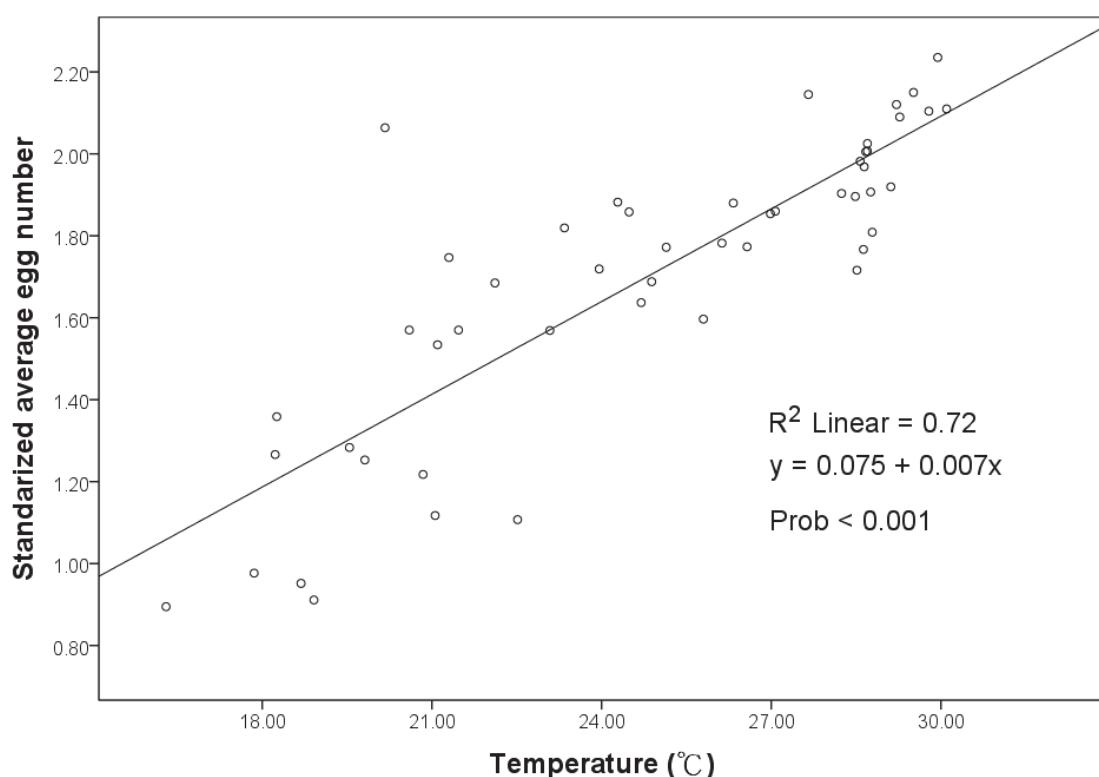
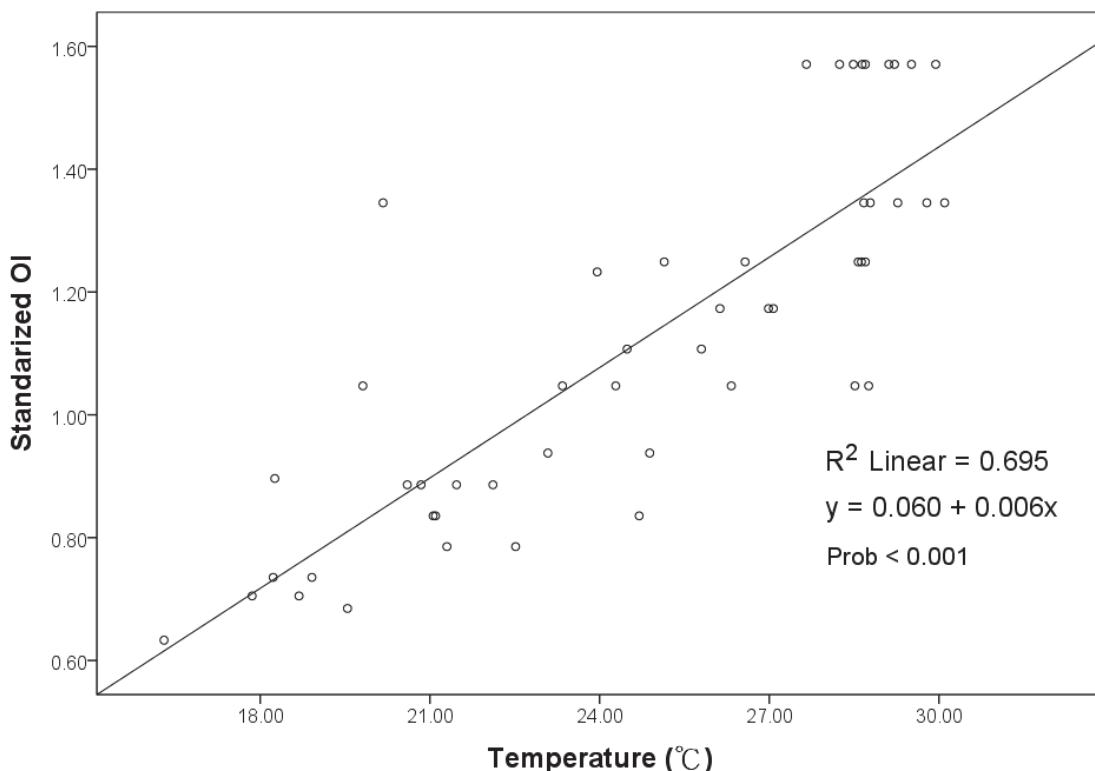
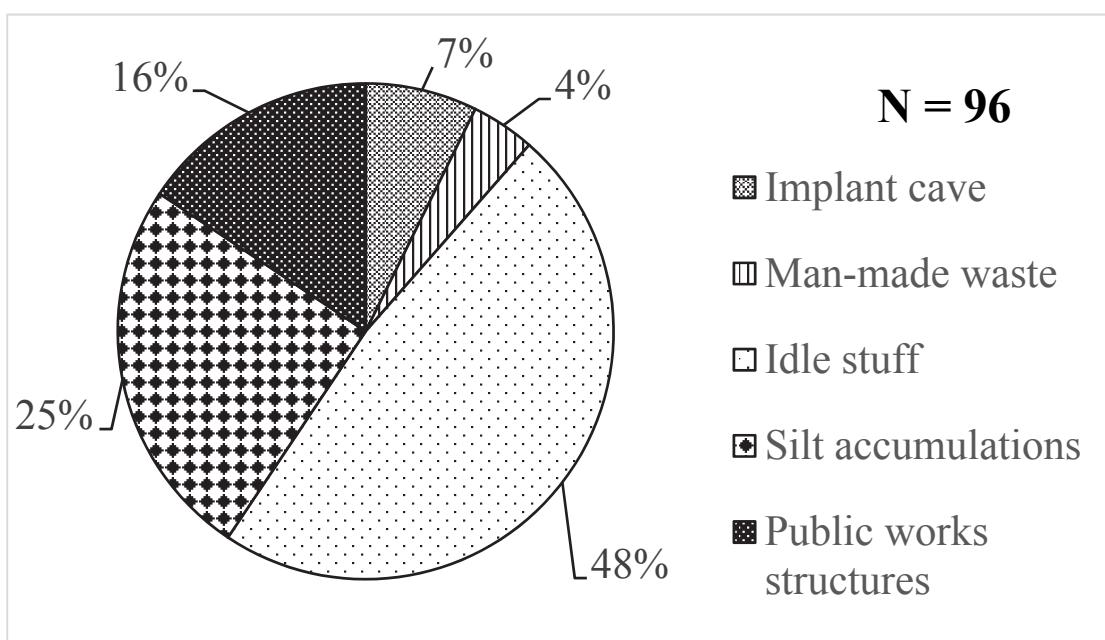
圖七 每週之平均卵數 (log) 與氣溫之迴歸分析。以 T-test 進行檢定，統計分析結果呈現顯著性差異 ( $p < 0.001$ )。

Fig. 7. Linear regression analysis for log (average number of eggs) and temperature each week. Statistical significance was analyzed using a t-test, and the result indicates significant differences ( $P < 0.001$ ).



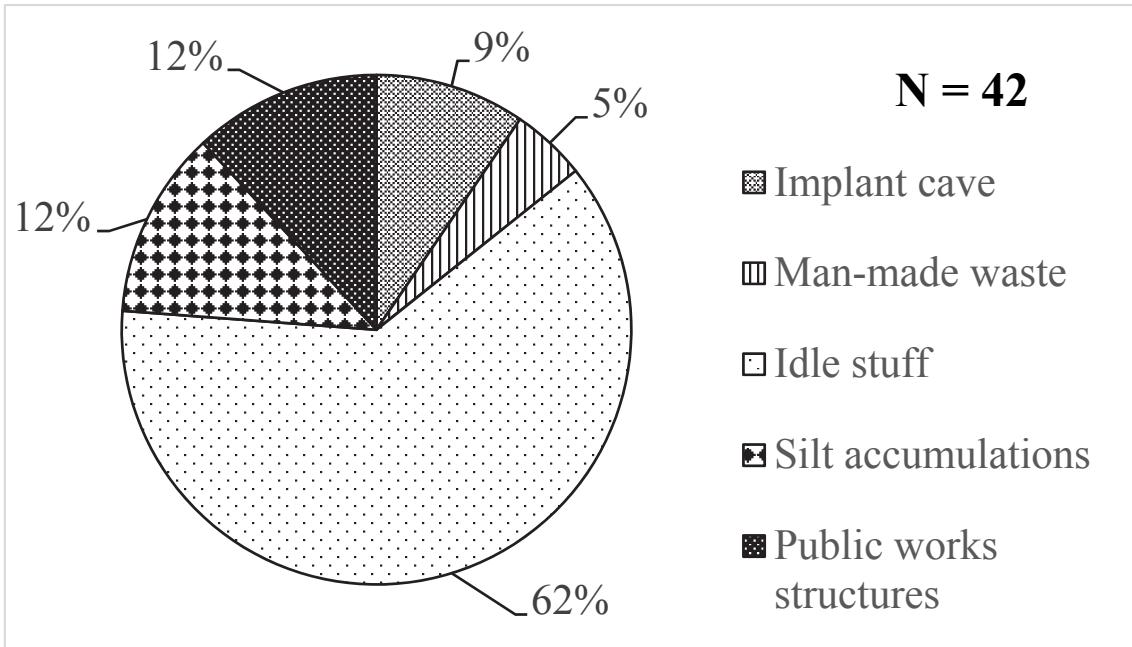
圖八 每週之  $\text{arcsin}\sqrt{\text{陽性率}}$  與氣溫之迴歸分析。以 T-test 進行檢定，統計分析結果呈現顯著性差異( $p < 0.001$ )。

Fig. 8. Linear regression analysis for  $\text{arcsin}\sqrt{\text{OI}}$  and temperature each week. Statistical significance was analyzed using a t-test, and the result indicates significant differences ( $P < 0.001$ ).



圖九 2020 年興大校園之病媒蚊孳生源種類佔比。總共 96 個孳生源。

Fig. 9. The proportion of vector mosquito breeding sources on NCHU campus in 2020. Ninety-six breeding sources in total.



圖十 2020 年興大校園各類型病媒蚊陽性孳生源佔比。總共 42 個陽性孳生源。

Fig. 10. The proportion of positive vector mosquito breeding sources on NCHU campus in 2020. Forty-two positive breeding sources in total.

60%相當於布氏指數 (Breteau index, BI) 至少 3 級，屬於紅色警戒區，也就是興大有 40 週屬於較需警戒的狀態。與同時期的臺南市相比，臺南市共設置 3,096 個樣點，陽性率  $27.9 \pm 14.6\%$ ，每個樣點平均每週可誘集到之卵數為  $9.7 \pm 0.02$  顆。在政府大力推動病媒蚊防治與民眾的配合之下，2020 年臺南市未發生任何本土病例。雖然臺南市病媒蚊物種包括興大沒有的埃及斑蚊，但仍可藉此得知長期監測與適時根除病媒蚊的重要性。而興大雖未進行針對病媒蚊的化學防治，但是定期有各學系執行的環境清理，然而效率與強制性都不高，無法達到臺南市登革熱防治的標準。

瞭解病媒蚊的熱點分佈是登革熱防治不可或缺的一步，本次研究發現，即使是在校園這類較小的區域，病媒蚊的族群仍不是均勻分布的。雖然樣區大小的尺度不同，但已有文獻指出造成此現象可能與該等地區平常出沒的人數有關 (Rose *et al.*, 2020)，病媒蚊族群維持較久的樣點分別有 2 號、3 號、19 號及 20 號，其中 2 號附近為教職員及女生宿舍，同時鄰近公車站牌、郵局提款機等等，19 號及 20 號鄰近各系學生皆須前往上課的綜合教學大樓及人文大樓，此 3 處的共通點皆是往來人口眾多，可經常提供病媒蚊所需之血源。另一個可能因素是該等地區之孳生源的多寡，樣點 3 號鄰近舊理工大樓，舊理工大樓為較老式的公寓建築。有文獻顯示，老舊建築

物的結構可提供許多病媒蚊孳生源，影響病媒蚊的數量 (Lindsay, 2021)。因此老舊建築物應改善容易產生病媒蚊孳生源的結構與環境，並經常進行孳生源巡檢及清除，可能也是可以降低校園病媒族群的方法之一。

在進行校園病媒蚊誘卵桶監測的期間，本研究亦於 12 個樣點附近進行病媒蚊孳生源的巡查，結果顯示興大校園內之孳生源類型以閒置物品 (48%) 居多，其中又以盆栽數量最多，曾有於一處發現 11 個孳生源的紀錄，當中有 7 個屬於陽性孳生源；次多的類型為淤泥堆積處 (25%)，多為淤泥堆積形成積水的水溝，2 個類型的孳生源共佔總體數量的 73% (圖九)。在陽性孳生源中，主要是閒置物品 (62%)、淤泥堆積 (12%) 及公設結構 (12%)，此 3 類亦是孳生源數量裡前三高的類型，共佔 89% (圖十)。整體來說，缺乏環境管理為校園孳生源形成之主因，而病媒蚊族群主要建立在這些閒置物品，以及前段討論過的建築物結構形成之積水處。

然而，在清除孳生源後，各樣區的樣點總卵數變化不盡相同。有些在 2 週後平均卵數顯著降低，例如樣點 3 號在清除附近孳生源前 5 週之平均卵數為  $280.4 \pm 142.0$  顆，多於清除後第二週~第六週之平均卵數  $83.4 \pm 54.0$  顆。此外，樣點 1 號、4-2 號、12 號亦呈現顯著下降 ( $p < 0.05$ ) (表一)。而有些樣區在清除孳生源後，鄰近樣點平均卵數反而顯著上

升 ( $p < 0.05$ )，例如樣點 2 號清除附近孳生源前 5 週之平均卵數為  $188.0 \pm 104.1$  顆，清除後第二週~第六週之平均卵數增加到  $445.4 \pm 124.3$  顆 (表一)。其餘樣點除了樣點 8 號外，皆呈現不顯著但有一定差異的上升或下降， $p$  值介於 0.05~0.2 之間 (表一)，可能是由於在進行單因子變異數分析時重複組數僅 5 週，樣本數不足導致差異不顯著，但考慮到白線斑蚊族群與氣溫的關聯性非常緊密，為了避免氣候因子影響程度過高，所以未再做進一步數據分析。而樣點 1 號、10 號、15-2 號、16 號、17 號在清除孳生源後，平均卵數之標準差皆大於平均值，顯示這些樣點的病媒蚊族群變動幅度大，目前尚不清楚造成此現象的原因為何。此外，清除後平均卵數上升或持平的樣點有 2 號、8 號、17 號、20 號，分別為教職員宿舍、作物科學大樓、男生宿舍、人文大樓 (表一)，樣點 2 號、17 號、20 號之共通點是位置皆處於校地邊緣地帶，因此極可能受到校外地區影響，校外區域亦有許多尚未清除的孳生源，例如樣點 17 號附近的巷子裡發現多處陽性孳生源；而樣點 2 號、8 號及 20 號附近分別有私人土地、其他系所實驗用地及施工區域，不易進入清除孳生源，為導致清除積水處後病媒蚊總卵數沒有明顯下降趨勢的原因之一 (表一)。

在巡檢過程中，有發現兩類環境特殊的水體，雖是適合白線斑蚊幼蟲生長的靜水域，大部分卻沒有蚊子幼蟲存活其中。第一是金屬容器或太陽直射之處，根據前人文獻，金屬離子以及溫度可能會降低埃及斑蚊之孵化率 (Mulla and Chaudhury, 1968)，此現象亦可能發生在同屬的白線斑蚊身上。第二是富含其他生物的水溝，這些水溝可能有福壽螺 (*Pomacea canaliculata*)、大量藻類、蝌蚪、鼓甲科 (Gyrinidae) 昆蟲、蛾蚋科 (Psychodidae) 幼蟲、孔雀魚 (*Poecilia reticulata*) 等等，已有文獻顯示，與蝌蚪共生時會降低蚊子幼蟲生長率及存活率 (Mokany and Shine, 2003)，水蚤會使降低蚊子幼蟲存活率並增加發育時間 (Knight et al., 2004)，甲殼類會降低蚊子幼蟲存活率及蛹的大小 (Stav et al., 2005)，蚊子幼蟲在有食蚊魚存在時發育時間會縮短 (Blaustein and Karban, 1990)。

隨著環保與環境安全意識的興起，噴灑藥劑已不再是對付害蟲的最佳方法。綜合害蟲管理 (integrated pest management, IPM) 是目前廣被接受的害蟲綜合經營手段，其利用多個建立在預測經濟、生態和社會學後果的策略，對某種害蟲經營一系列整合性的防治 (Barzman et al., 2015)。而

Integrated Aedes Management (IAM) 為斑蚊屬 (*Aedes*) 的整合防治經營，其將登革熱潛在的威脅程度由低至高分成 S1~S5 共 5 級 (Roiz et al., 2018)，而根據 2020 年監測結果顯示，興大多屬於 S2~S3 級。建議學校應該持續做好病媒蚊監測、流行病監測、風險評估、化學防治、環境清理、及政令宣導等面向來降低威脅程度 (Roiz et al., 2018)。依據前幾段所述，可以在第九週~第二十一週病媒蚊族群上升時，對樣點 3 號、4-1 號、7 號、8 號、9 號、10 號、19 號附近區域進行孳生源清除與化學防治，阻止日後病媒蚊爆發。假如是在族群已達高峰期的情況下，則可優先處理 2 號、3 號、19 號、20 號附近區域。然而，考慮到對環境的友善性，定期移除孳生源會是個較佳的選擇，可以效仿臺南市利用社區動員清除孳生源的政策，雇用學生或校外人士來進行。至於一些較難或無法馬上移除之孳生源則可利用生物防治，例如於廢棄冷卻水塔等難以移動之閒置物品中加入蘇力菌 (Lacey, 2007) 或生長調節劑等對環境友善的藥劑 (Suman et al., 2018)，或是保持校園內病媒蚊天敵的多樣性，降低病媒蚊的存活率。

除了人為干擾及其他生物與病媒蚊的交互作用外，氣候是另一個影響昆蟲族群的因素，其中氣溫可直接影響昆蟲的發育、存活、擴散等等，並影響族群大小 (Karuppaiah and Sujayanad, 2012)。本研究發現野外白線斑蚊族群數與氣溫有著非常密切的關聯性，此結果與前人文獻相符，有研究以氣溫為變因建立野外白線斑蚊族群數的模型，準確率達 70%，並表示氣溫是影響白線斑蚊生長與死亡的關鍵因素 (Estrada-Franco and Craig, 1995)。而在興大校園，雨量對白線斑蚊平均卵數與陽性率的相關性非常低，可能是因為 2020 年台中市年降雨量 (1,120.3 mm) 相較歷年平均 (1,762.8 mm) 低。然而，在梅雨季及夏季期間，平均卵數與降雨量有顯著的負相關性 ( $r = -0.662$ )。在不同的國家，有許多文獻發現白線斑蚊的族群與雨量沒有關聯性 (Sulaiman and Jeffery, 1986. Toma et al. 2003)，而一個在義大利的研究發現，降雨量與白線斑蚊有著顯著的負相關，且推測可能與其生態學有關 (Roiz et al., 2010)。由於白線斑蚊的棲地與人類高度重疊，且幼蟲多棲息在人造容器中，因此與降水量相比，人為造成的積水對其影響更大 (Roiz et al., 2010)。再者，大量的降雨可能導致幼蟲棲地被沖刷，影響到族群的數量 (Koenraadt and Harrington, 2008)。降雨量對白線斑蚊的負影響可能只發生在有特定降雨季節的區

表一 2020 年興大校園受測樣點清除孳生源前五週與清除後第二~六週之平均卵數比較

Table 1. Comparison between the average egg number over five weeks of tested sample sites before breeding-source removal and the average egg number in the second to sixth week after breeding-source removal on NCHU campus in 2020.

Sample site	Removing time (Date / week)	Average egg number (Mean ± SD)		Sig.
		Before	After	
1	Aug. 18 / 33 <sup>rd</sup>	93.2 ± 25.8	28.4 ± 29.8	0.006*
2	Aug. 17 / 33 <sup>rd</sup>	188.0 ± 104.1	445.4 ± 124.3	0.008*
3	Jul. 16 / 28 <sup>th</sup>	280.4 ± 142.0	83.4 ± 54.0	0.02*
4-2	Jul. 19 / 29 <sup>th</sup>	156.8 ± 65.2	39.6 ± 8.7	0.004*
8	Aug. 5 / 31 <sup>st</sup>	142.8 ± 64.3	137.6 ± 78.3	0.911
10	Jul. 30 / 30 <sup>th</sup>	48.6 ± 47.6	11.8 ± 16.6	0.141
12	Aug. 20 / 33 <sup>rd</sup>	91.0 ± 48.5	30.6 ± 17.9	0.031*
15-2	Aug. 21 / 34 <sup>th</sup>	103.0 ± 55.3	35.2 ± 50.1	0.077
16	Aug. 27 / 34 <sup>th</sup>	36.0 ± 20.0	17.8 ± 20.0	0.188
17	Aug. 27 / 34 <sup>th</sup>	8.6 ± 8.0	71.2 ± 97.1	0.189
18	Jul. 23 / 29 <sup>th</sup>	204.4 ± 137.7	89.8 ± 61.0	0.127
20	Aug. 25 / 34 <sup>th</sup>	98.4 ± 66.0	168.2 ± 84.9	0.185

\* shows significant difference ( $P < 0.05$ ).

表二 於興大校園內調查到之病媒蚊孳生源數量與其分類

Table 2. Number and classification of vector mosquito breeding sources investigated on NCHU campus.

Type / breeding resource	Number	Type / breeding resource	Number
<b>Implant cave</b>		<b>Idle stuff</b>	
Bamboo cave	3	Basin	2
Tree hole	3	Canvas	3
Banana leaf	1	Abandoned cooling tower	2
<b>Silt accumulations</b>		<b>Potted plants</b>	
Water pipe	3	Dustpan	2
Drain	21	Bucket	5
<b>Public works structures</b>		<b>Rubber mat</b>	
Installation art	1	Name folder of tree	1
Building-formed puddle	9	<b>Man-made waste</b>	
Garden	1	Tire	1
Air conditioner dripping	2	Styrofoam box	1
Reservoir	2	Plastic lunch box	1
		Garbage bag	1

域，不會發生在雨量穩定或長期缺水的地區。

總結來說，2020年興大病媒蚊長期處於較需警介的狀態，其中又以樣點2號、3號、19號、20號監測之數據維持在高卵數最久。本研究亦發現，興大之病媒蚊族群上升、達到高峰及下降的時間，與氣溫有著高度關聯性，與雨量在梅雨季及颱風季有負相關性；且缺乏環境管理及公設結構造成的積水為產生孳生源的兩大主因。綜觀以上，興大可於病媒蚊上升時期對樣點2號、3號、19號、20號進行重點管理，利用已知的病媒蚊監測和防治手段，並減少巡查不到的孳生源，達到最有效的登革熱防治。這是台灣第一個在大學校園進行病媒蚊長期監測並深入探討的研究，未來可做為其他地區病媒蚊監測的模板與參考。

## 誌謝

本研究承蒙國立中興大學經費補助，中興大學學生事務處提供相關行政協助，特此致謝。

## 引用文獻

- Barzman M, Barberi P, Birch ANE, Boonekamp P, Dachbrodt-Saaydeh S, Graf B, Hommel B, Jensen JE, Kiss J, Kudsk P, Lamichhane JR, Messean A, Moonen AC, Ratnadass A, Ricci P, Sarah JL, Sattin M.** 2015. Eight principles of integrated pest management. *Agron Sustain Dev* 35: 1199-1215. doi: 10.1007/s13593-015-0327-9
- Blaustein L, Karban R.** 1990. Indirect effects of the mosquitofish, *Gambusia affinis*, on the mosquito, *Culex tarsalis*. *Limnol Oceanogr* 35: 767-71. doi: <https://doi.org/10.4319/lo.1990.35.3.0767>
- CDC.** 2020. Dengue map. Available from: <https://cdcdengue.azurewebsites.net/>. (in Chinese)
- Central Weather Bureau.** 2021. CWB Observation Data Inquire System, CODiS. Available from: <https://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/index.jsp>
- Chang NT, Wu HH, Lin YH, Pai HH, Hsu EL, Luo YP, Dai SM, Tu WC.** 2014. Surveillance of vector mosquitoes in urban areas of Taiwan and their implications for transmission of arboviral diseases. *Government Research Bulletin*: PG10301-0324. Available from: <https://www.grb.gov.tw/search/planDetail?id=8130077>
- Eisen L, Beaty B, Morrison A, Scott T.** 2009. Proactive vector control strategies and improved monitoring and evaluation practices for dengue prevention. *J Med Entomol* 46: 1245-1255. doi: <https://doi.org/10.1603/033.046.0601>
- Estrada-Franco JG, Craig GB.** 1995. Biology, disease relationships, and control of *Aedes albopictus*. *Pan Am Health Organ Tech Paper* 42: 1-49.
- Flipse J, Smit JM.** 2015. The complexity of a dengue vaccine: a review of the human antibody response. *PLoS Negl Trop Dis* 9: e0003749. doi: 10.1371/journal.pntd.0003749
- Horstick O, Runge-Ranzinger S, Nathan MB, Kroeger A.** 2010. Dengue vector-control services: how do they work? A systematic literature review and country case studies. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 104: 379-386. doi: 10.1016/j.trstmh.2009.07.027
- Hsu JC, Hsieh CL, Lu CY.** 2017. Trend and geographic analysis of the prevalence of dengue in Taiwan, 2010-2015. *Int J Infect Dis* 54: 43-49. doi: 10.1016/j.ijid.2016.11.008
- Huang JH, Liao TL, Chang SF, Su CL, Chien LJ, Kuo YC, Yang CF, Lin CC, Shu PY.** 2007. Laboratory-based dengue surveillance in Taiwan, 2005: a molecular epidemiologic study. *Am J Trop Med Hyg* 77: 903-909.
- Juliano SA.** 2010. Coexistence, exclusion, or neutrality? A meta-analysis of competition between *Aedes albopictus* and resident mosquitoes. *Isr J Ecol Evol* 56: 325-351. doi: 10.1560/IJEE.55.3-4.325
- Karuppaiah V, Sujayanad GK.** 2012. Impact of climate change on population dynamics of insect pests. *World J Agrl Sci* 8: 240-246.
- Knight TM, Chase JM, Goss CW, Knight JJ.** 2004. Effects of interspecific competition, predation, and their interaction on survival

- and development time of immature *Anopheles quadrimaculatus*. J Vector Ecol 29: 277-84. PMID: 15707287
- Koenraadt CJM, Harrington LC.** 2008. Flushing effect of rain on container inhabiting mosquitoes *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. J Med Entomol 45:28-35. doi: <https://doi.org/10.1093/jmedent/45.1.28>
- Lacey LA.** 2007. *Bacillus thuringiensis* serovariety *israelensis* and *Bacillus sphaericus* for mosquito control. J Am Mosq Control Assoc 23: 133-163. doi: 10.2987/8756-971X(2007)23[133:BTsIAB]2.0.CO;2
- Lee SJ.** 1994. Development of eggs, larvae and pupae of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). Formosan Entomol 14: 13-32. (in Chinese)
- Leibee GL.** 1984. Influence of temperature on development and fecundity of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on celery. Environ Entomol 13: 497-501. doi: 10.1093/ee/13.2.497
- Lin SF, Lai CC, Chao CM, Tang HJ.** 2020. Impact of COVID-19 preventative measures on dengue infections in Taiwan. J Med Virol. doi: 10.1002/jmv.26650
- Lindsay SW, Davies M, Alabaster G, Altamirano H, Jatta E, Jawara M, Carrasco-Tenezaca M, Seidlein L, Shenton FC, Tusting LS, Wilson AL, Knudsen J.** 2021. Recommendations for building out mosquito-transmitted diseases in sub-Saharan Africa: the DELIVER mnemonic. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci 376: 20190814. doi: 10.1098/rstb.2019.0814rstb 20190814
- Mokany A, Shine R.** 2003. Competition between tadpoles and mosquito larvae. Oecologia 135: 615-620. doi: 10.1007/s00442-003-1215-6
- Mulla MS, Chaudhury MFB.** 1968. Influence of some environmental factors on the viability and hatching of *Aedes aegypti* (L.) eggs. Mosq News 28: 217-221.
- Regis L, Souza WV, Furtado AF, Fonseca CD, Silveira Jr. JC, Ribeiro PJ, Melo-Santos MAV, Carvalho MS, Monteiro AMV.** 2009. An entomological surveillance system based on open spatial information for participative dengue control. Anais da Academia Brasileira de Ciências 81: 655-662. doi: <https://doi.org/10.1590/S0001-37652009000400004>
- Roiz D, Rosa R, Arnoldi D, Rizzoli A.** 2010. Effects of temperature and rainfall on the activity and dynamics of host-seeking *Aedes albopictus* females in northern Italy. Vector Borne Zoonotic Dis 10: 811-816. doi: <https://doi.org/10.1089/vbz.2009.0098>
- Roiz D, Wilson AL, Scott TW, Fonseca DM, Jourdain F, Muller P, Velayudhan R, Corbel V.** 2018. Integrated *Aedes* management for the control of *Aedes*-borne diseases. PLoS Negl Trop Dis 12: e0006845. doi: 10.1371/journal.pntd.0006845
- Rose NH, Sylla M, Badolo A, Lutomiah J, Ayala D, Aribodor OB, Ibe N, Akorli J, Otoo S, Mutebi JP, Kriete AL, Ewing EG, Sang R, Gloria-Soria A, Powell JR, Baker RE, White BJ, Crawford JE, McBride CS.** 2020. Climate and urbanization drive mosquito preference for humans. Curr Biol 30: 3570-3579. doi: 10.1016/j.cub.2020.06.092
- Stav G, Blaustein L, Margalit Y.** 2005. Individual and interactive effects of a predator (*Anax imperator*) and species sharing the same trophic level as mosquito larvae on mosquito populations. Ecol Appl 15: 587-598.
- Sulaiman S, Jeffery J.** 1986. The ecology of *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in a rubber estate in Malaysia. Bull Entomol Res 76: 553-557. doi: <https://doi.org/10.1017/S0007485300015066>
- Suman D S, Wang Y, Faraji A, Williams G M, Williges E, Gaugler R.** 2018. Seasonal field efficacy of pyriproxyfen autodissemination stations against container-inhabiting mosquito *Aedes albopictus* under different habitat conditions. Pest Manag Sci 74: 885-895. doi: <https://doi.org/10.1002/ps.4780>

**Toma L, Severini F, Di Luca M, Bella A, Romi R.**

2003. Seasonal patterns of oviposition and egg hatching rate of *Aedes albopictus* in Rome. J Am Mosq Control Assoc 19:19-22.

PMID: 12674530

**WHO.** 2020. Dengue and severe dengue.

Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>.

# Dynamics and Distribution of the Dengue Fever Vector Mosquito Population at National Chung Hsing University

Chung-Han Cheng, Yong-Sin Lo, Shaw-Yhi Hwang\*

Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung City, Taiwan

\* Corresponding email: oleander@dragon.nchu.edu.tw

Received: 29 April 2021      Accepted: 16 July 2021      Available online: 13 August 2021

## ABSTRACT

Dengue fever is a critical environmental issue that needs attention every year, and its main transmission mode is vector mosquito bites. At universities, because of the numerous people on campuses and the many potential breeding sources for mosquitoes, an annoyance caused by the high density of vector mosquitoes and a considerable health threat exist during dengue fever season. This research set ovitraps in 20 areas of National Chung Hsing University (NCHU) in 2020 to conduct a total of 50 weeks of monitoring, measured the weekly ovitrap index and average egg number, and incorporated meteorological observation data to consider the correlation between population density and climate factors. Additionally, the types of breeding sources on campus, and the effect of removing the breeding sources, were considered. The results show that the main species of vector mosquito on the NCHU campus is *Aedes albopictus*, and the average ovitrap index was  $76 \pm 20\%$ . The vector mosquito population increases around March, peaks in June, declines in August, and reaches a trough in December. The sample sites at which the population was maintained for the longest time were sites 2, 3, 19, and 20. The temperature was the main factor affecting *A. albopictus* growth and population dynamics on NCHU's campus, whereas the impact of rainfall had a negative correlation in the rainy season and summer. The breeding sources and positive breeding sources at NCHU were primarily inert entities, including silt accumulations and public works structures, implying that the long-term maintenance of the population may be related to environmental management and public works construction. Little previous research has been undertaken concerning the density and distribution of vector mosquitoes on campuses; thus, this research anticipates understanding factors affecting the vector mosquito population on campuses and will use the results of breeding-source removal to discuss its effects. Finally, this research anticipates establishing an operational reference for vector mosquito monitoring on campus.

**Key words:** vector mosquito, ovitrap method, campus, population distribution, population dynamics