

計畫編號：DOH100-DC-2017

行政院衛生署疾病管制局 100 年度科技研究發展計畫

登革熱病媒蚊抗藥性監測研究

研究報告

執行機構：疾病管制局

計畫主持人：夏維泰

研究人員：林秀品

執行期間：100 年 1 月 1 日至 100 年 12 月 31 日

* 本研究報告僅供參考，不代表衛生署疾病管制局意見 *

目錄

壹、	摘要.....	1
貳、	前言.....	8
參、	材料與方法.....	12
肆、	結果.....	18
伍、	討論.....	28
陸、	結論與建議.....	33
柒、	參考文獻.....	34
捌、	圖表.....	37
玖、	附件.....	45

表目錄

表一、登革熱高風險區品系埃及斑蚊與檢測殺蟲藥劑一覽表	37
表二、虫光乳劑對各品系埃及斑蚊的藥效	38
表三、虫光乳劑於各區域防治埃及斑蚊的使用建議	39
表四、惠友 20%乳劑對各品系埃及斑蚊的藥效	40
表五、惠友 20%乳劑於各區域防治埃及斑蚊的使用建議	41

圖目錄

圖一、感受性品系埃及斑蚊對虫光乳劑及惠友 20%乳劑的感藥性基線	42
圖二、各品系埃及斑蚊對虫光乳劑的感藥情形.....	43
圖三、各品系埃及斑蚊對惠友 20%乳劑的感藥情形.....	44

壹、 摘要

為了緊急防治登革熱，臺灣南部地區以往經常使用殺蟲藥劑撲殺病媒蚊，導致埃及斑蚊逐漸對殺蟲藥劑產生了抗藥性，因而造成防疫單位面臨幾乎無藥可用的困境。本研究的目的，為先行建立感受性品系埃及斑蚊對各殺蟲藥劑的感藥性基線，同時進行抗藥性試驗，以測定各藥劑對感受性品系及高雄市與台南市各登革熱高風險地區品系埃及斑蚊的半數擊昏濃度(KC₅₀)、半數致死濃度(LC₅₀)及致死率 99% 的濃度(LC₉₉)。接著以抗性比值(RR₅₀ 及 RR₉₉)評估各野外品系的抗性程度，同時以 LC₉₉ 數值的兩倍，作為各藥劑於田間使用時的建議濃度。最後依各野外品系感藥迴歸線的感藥起始濃度與斜率，推估其抗性發展情形。

結果發現，感受性品系埃及斑蚊對虫光乳劑及惠友 20%乳劑的感藥情形大致相同；各品系對於相同藥劑的 KC₅₀、LC₅₀、LC₉₉ 則各有不同，同時野外品系對於殺蟲藥劑的敏感性不一定會低於感受性品系。依 RR₉₉ 數值評估各品系埃及斑蚊對不同藥劑的抗性程度，同時將各藥劑的使用推薦分為四級。台南永康、安南及關廟品系埃及斑蚊對於虫光乳劑為「敏感性」品系，故分級為「推薦使用」，因此虫光乳劑可依建議使用濃度逕予施噴於此 3 地區；至於高雄三民、苓雅、

鳳山、前鎮、楠梓及台南北區、中西區、東區、南區、歸仁等 10 個品系為「低抗性」品系，故分級為「輪替使用」，亦即虫光乳劑在此 10 個地區連續使用 3~6 個月後，即應予以更換藥劑；而高雄左營品系為「中抗性」品系，故分級為「小心使用」，表示每次在該區使用虫光乳劑前，最好都先進行生物檢定試驗，確認當下最適當的使用濃度後，再予施噴。高雄鳳山及前鎮品系埃及斑蚊對於惠友 20%乳劑，為「低抗性」品系，故分級為「輪替使用」，表示惠友 20%乳劑在此 2 個地區連續使用 3~6 個月後，即應予以更換藥劑；而高雄三民、苓雅、左營及楠梓品系為「中抗性」品系，故分級為「小心使用」，亦即在該區每次使用惠友 20%乳劑前，最好都先進行生物檢定試驗，確認當下最適當的使用濃度後，再予施噴。

目前高雄市三民、苓雅、左營、前鎮、楠梓及台南市北區、東區、中西區、南區及安南區等 10 個地區的埃及斑蚊可能已對虫光乳劑產生了抗藥性，其中除了台南市中西區、南區及安南區等 3 個地區的抗性發展或許會較為緩慢外，其餘 7 個地區的埃及斑蚊對於虫光乳劑的抗性發展也許會較為快速。另外，高雄市鳳山及台南市歸仁、永康、關廟區等 4 個地區的埃及斑蚊目前似乎尚未對虫光乳劑產生抗藥性，但若一旦開始產生抗性，或許發展亦將較為快速。至於高雄三民、

苓雅、鳳山、楠梓、左營及前鎮等 6 個地區的埃及斑蚊，目前應已對惠友 20%乳劑具有抗藥性，其中左營及前鎮地區的抗性發展或許較為緩慢，其餘 4 品系對該藥劑的抗性發展有可能會較為快速。 KC_{50} 、 LC_{50} 、 LC_{99} 或 RR_{50} 及 RR_{99} 皆為單一的估算數值，故僅能反映出當下各野外品系對於該殺蟲藥劑的感藥性或抗性的程度；感藥性迴歸線的感藥起始濃度與斜率不僅能評估其是否已產生抗藥性，並能推估抗性發展情形，再配合長期持續的監測結果，更可預測其抗性發展的速率及趨勢。

未來為防止登革熱的疫情擴散全台，應進行全面性的抗藥性監測研究。短期的抗藥性試驗結果，可以作為地方政府採購藥劑及噴藥作業使用時的參考；長期的監測研究，則可以了解當地埃及斑蚊及白線斑蚊對於殺蟲藥劑抗性的走向，進而預測其未來的發展速率及趨勢。有效的輪替用藥及精準的施噴藥劑，不但可以節省公帑並且能夠保護生態及環境，同時提供社會大眾一個更美好、健康的生活品質。

關鍵詞：登革熱、埃及斑蚊、抗性比值、感藥迴歸線、藥效試驗

Abstract

Chemical control was used to eliminate *Aedes* spp. in order to break down the epidemic of dengue fever in southern Taiwan for a long time. The resistance of mosquitoes to insecticides have resulted the local government to face a difficult situation. This study is to establish the base lines of susceptible strain of *Aedes aegypti* to different insecticides and also to determine the median knock down concentration (KC_{50}), 50% lethal concentration (LC_{50}) and 99% lethal concentration (LC_{99}) of each strain in Kaohsiung and Tainan area, by Net Cage Test. Resistance ratios (RR_{50} , RR_{99}) were applied to evaluate the resistance level of field strains, and their double values of RR_{99} were recommend in field spray. Finally, we could predict the resistant tendency of each field strain of *Aedes aegypti* to specific insecticide by the slope and x intercept of its log concentration-mortality regression line.

Results showed that the susceptibility of susceptible strain of *Aedes aegypti* to “Pest Free EC” and “Hui You” insecticides was the same. Each strain of *Aedes aegypti* to insecticides has different values of KC_{50} , LC_{50} , LC_{99} , respectively, and the susceptibility of field strain to the insecticide would not always lower than susceptible strain. According to the value of

RR₉₉, we could divide the insecticides into four grades: the first grade is “recommend”, means it could sprayed directly in the area without any adjustment; the second grade is “alternative”, means it is better replaced by another insecticide while it was already applied for three to six months in the area; the third grade is “cautious”, represents that, we needed to conduct the bioassay test to confirm the appropriate concentration before each sprayed; the fourth grade is “not recommend”, it means that, the local strain of *Aedes aegypti* has evolved resistance to the insecticide, so it should not be used in the area. “Pest Free EC” was classified as “recommend” grade in Yongkang, Annan and Guanmiao district of Tainan City; and as “alternative” grade in Sanmin, Linya, Fongshan, Cianjhen and Nanzih district of Kaohsiung City and in North, Eastern, West-central, South and Gueiren district of Tainan City; and as “cautious” grade in Zuoying district of Kaohsiung City. “Hui You” was classified as “alternative” grade in Fongshan and Cianjhen district; but as “cautious” grade in Sanmin, Linya, Zuoying and Nanzih district of Kaohsiung City.

So far, the *Aedes aegypti* in Sanmin, Linya, Zuoying, Cianjhen and Nanzih district of Kaohsiung City and the North, Eastern, West-central, South

and Annan district of Tainan City may have evolved resistance to “Pest Free EC”; and West-central, South and Annan strains may develop slower than the other seven strains. *Aedes aegypti* in Fongshan district of Kaohsiung City and Yongkang, Gueiren, Guanmiao district of Tainan City seem still have no resistant response to “Pest Free EC”, but it may go quickly when raised. *Aedes aegypti* in Sanmin, Linya, Fongshan, Zuoying, Cianjhen and Nanzih district of Kaohsiung City have evolved resistance to “Hui You”, and the speed of Zuoying strain may be slower than the other five strains.

The indexes of bioassay test, such as KC_{50} and RR_{99} could only indicate the resistance level of mosquitoes to insecticide for the moment, but the slope and the x intercept of regression line could be used to predict its speed and tendency along with a persistent surveillance research. As global warming and the internationalization may lead to the expanding spread of dengue fever in Taiwan, we should conduct continuous comprehensive resistance surveillance on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* to insecticide. Its results could help the local government to establish a correct insecticide alternation program. Therefore, to decrease the budget, but protect the environment and give us a higher quality and more wonderful life.

Key words: dengue, *Aedes aegypti*, resistance ratio, regression line, bioassay

貳、 前言

登革熱為目前世界上重要的新興及再興傳染病之一，普遍流行於熱帶及亞熱帶地區，其傳播媒介為埃及斑蚊與白線斑蚊(Maria *et al.* 2010)。台灣地處亞熱帶，氣候高溫潮濕，加上人口密集，都市化程度快速，極為適合登革熱病媒蚊的孳生擴散(Kara and Elder 2009)。在過去二十年間，台灣南部已爆發數次規模大小不一的本土性登革熱流行，其中尤以高雄地區的疫情最為嚴重，因此登革熱已成為南部居民的一大夢魘。目前登革熱的防治，尚無免疫接種的預防方法，也無有效的治療藥物；唯一有效的防治方法是消滅病媒蚊(Chan 1985)。平時以清除孳生源為主或利用生物防治法(如：大肚魚、蘇力菌)、誘殺法(如：誘卵器)等來降低病媒密度；當登革熱爆發流行時，則以化學防治為輔，阻斷其本土傳播途徑。

以往南部地區為了緊急防治登革熱、避免疫情擴散，經常使用殺蟲藥劑以撲殺病媒成蚊。然而，部份病媒防治噴藥人員對於環境衛生用藥應該如何標準的稀釋與配製的步驟及方法經常不甚了解，往往依循個人習慣隨意而為；導致施噴時藥劑濃度不是過高、形成浪費公帑並且污染環境，就是由於濃度過低、因而無法有效殺死蚊蟲，反而促使病媒產生抗藥性(鄒 2005)。登革熱的傳播，通常由小區塊的零星

發生至鄰里的群聚感染，而後縣市間大規模的爆發疫情，所以藥劑的選擇會因小區塊或鄰里的噴藥歷史與頻率而有所差異。為了減緩病媒抗藥性的發展，提高化學防治的效果，必須持續進行病媒抗藥性的監測工作、建立區域性長年用藥的指標，同時掌握該品系病媒對該藥劑抗性發展的情況，以便及時調整用藥方案（王 等人 2001）。自 2002 年起，台灣的學者專家針對南部地區的埃及斑蚊，持續進行了抗藥性監測的研究；結果發現由於長期噴灑藥劑的關係，導致南部地區的埃及斑蚊已逐漸對合成除蟲菊類成份的殺蟲藥劑產生了抗藥性（黃 2005）。為了避免抗藥性的持續增加，學者們因而呼籲各級相關防疫單位，儘量避免使用含有已產生抗藥性的有效成份的殺蟲藥劑來防治登革熱病媒蚊，結果使得防疫單位面臨幾乎無藥可用的困境。通常病媒蚊抗藥性的監測與評估，多是以殺蟲藥劑主要有效成份的原體進行試驗，同時以半數擊昏濃度(KC₅₀)、半數致死濃度(LC₅₀)、致死率達 99%的濃度(LC₉₉)或是 RR 值(resistance ratio)等指標來表示其對該殺蟲藥劑產生抗性的程度。然而市售殺蟲藥劑並非全部皆為僅含單一主要成份者(單方)，有些則為複合成份(複方)；甚至各藥劑亦未能明確標示出其全部配方(100%)。同時，對於各種有效成份彼此之間的加成或互補作用目前亦不甚明了，甚至於有效成份及含量相同的殺蟲藥

劑，其建議使用濃度亦會有所差異；因而導致防疫單位無法正確的擬定緊急噴藥方案，甚至影響病媒防治的成效。

大量的施噴殺蟲藥劑以撲滅蚊蟲，不但容易造成環境污染、破壞生態平衡(陳 2002)；同時連續的使用，更容易導致蚊蟲抗藥性的產生(李 2001)。殺蟲藥劑引發蚊蟲產生抗藥性的原因，可能是藥劑誘發性染色體和各種激素控制的結果；同時由於抗性基因對種群的繁殖和發育會產生不利的影響，所以一旦停止用藥後，具有抗藥性的蚊蟲或許會被自然的淘汰(郭 等人 2000)。Metcalf 在 1989 年發表的研究報告中指出，蚊蟲對於合成除蟲菊酯類的殺蟲藥劑產生抗藥性的時間，僅僅需要約兩年左右。所以在使用藥劑以撲殺蚊蟲時，不應擅自混合多種藥劑，或是任意調整稀釋倍數；而應「輪替用藥」，建立第一線、第二線乃至第三線輪迴使用藥劑的管理機制。同樣的地區，每隔一段時間就應更換使用藥劑，如此不僅能減少環境負擔，更能延緩病媒抗藥性的產生(夏 等人 2011)。

本研究係依循高雄市及台南市政府衛生局的需求，針對其欲採購或已使用一段時間的特殊環境衛生用藥，分別進行對當地登革熱高風險地區埃及班蚊的抗藥性試驗。首先以感受性品系埃及斑蚊建立對各殺蟲藥劑的感藥性基線，同時測定各藥劑對高雄市及台南市各登革熱

高風險地區品系埃及斑蚊的半數擊昏濃度(KC₅₀)、半數致死濃度(LC₅₀)及致死率 99%的濃度(LC₉₉)。接著以抗性比值(RR)評估其抗性程度，同時依 LC₉₉ 數值推薦各藥劑於田間使用時的濃度(稀釋倍數)。另外，各品系埃及斑蚊對各藥劑的感藥回歸線的感藥起始濃度與斜率，可用以預測未來抗性發展的趨勢。經由逐年監測各品系埃及斑蚊對殺蟲藥劑抗性發展的研究，不僅可以作為地方政府採購及噴藥作業使用時的參考；亦能增加防治病媒蚊的成效、提升疫情控制的效率，減少民眾對防疫工作的反彈與對政府的怨懟。有效的輪替用藥及精準的施噴藥技，不但可以節省公帑並且能夠保護生態環境，提供社會大眾一個更美好的生活品質及健康的生存空間。

參、 材料與方法

一、 蚊蟲採集飼育與品系建立

1. 高雄品系

於 2011 年 2 月起，分別赴高雄市 6 個登革熱高風險區(三民、苓雅、左營、鳳山、前鎮及楠梓)，以幼蟲採集法自現場採集埃及斑蚊後，攜至養蚊室內經現場鏡檢鑑定無誤後，帶回疾管局的養蚊室內飼育至第一子代成蚊供試。

2. 台南品系

於 2011 年 5 月起，分別赴台南市 8 個登革熱高風險區(東區、中西區、南區、北區、安南區、永康區、歸仁區及關廟區)，以幼蟲採集法自現場採集埃及斑蚊後，攜至養蚊室內經現場鑑定無誤後，帶回疾管局的養蚊室內飼育至第一子代成蚊供試。

3. 感受性品系

於 1987 年自台南地區採集埃及斑蚊後，於疾病管制局養蚊室中繼代飼育至今（約 600 代以上）。

4. 蚊蟲飼育

將感受性及野外品系埃及斑蚊的幼蟲分別飼育於塑膠水盆中，以台糖酵母+豬肝粉（1：1）餵食，同時每日刮去水膜。幼

蟲化蛹後，將蛹挑起置於水杯中，再分別放入養蚊籠中(30×30×20公分)，俟其羽化成蟲後給予10%糖水。養蟲室維持25~28℃，相對溼度70±5%，光照12小時(吳、張1990)。

二、 抗藥性測試

1. 二流體噴嘴流量測定

使用霧化效能良好(Span<2, DR≈1)，同時符合空間噴灑標準(20~50微米(μm))的二流體噴嘴(Su2, 粒徑41.7μm)進行試驗。測定前先以超音波震盪器清洗噴嘴(60分)及試噴(5秒)後拭乾備用。於燒杯中置入100毫升(ml)的純水，以電動幫浦(30psi)噴灑2分鐘後，利用「消耗法」量測燒杯內剩餘的水量。本測定重覆3次，取其平均值並計算變異係數(CV)，測定結果該噴嘴流量為每分鐘48.3±0.4 ml (CV=0.86)。

2. 空間噴灑時間

以雷射測距儀(Trimble HD150)測量噴藥模擬室的長度(3.6公尺(m))、寬度(2.5 m)及高度(2.3 m)，同時計算出全室噴藥空間為20.8 m³。依據前述二流體噴嘴的流量，即可換算出該室進行空間噴灑時，應予噴灑的時間為26秒。

3. 環境衛生用藥選用

依高雄市及台南市政府衛生局的需求，將其欲採購或已使用一段時間的虫光乳劑及惠友 20%乳劑(表一)，分別以純水稀釋成系列(5~8 個)濃度的藥液後備用(24 小時的死亡率須介於 10~100%之間)。

4. 網籠試驗

將埃及斑蚊(3~5 日齡，未吸血雌蚊)分別吸入各折疊式網籠(25×11×11 cm)中、外套細紗網(16 網目)，每籠 20 隻。於噴藥模擬室內正對門口的牆壁的四方角落，分別吊掛 4 個網籠；空白組則置於養蚊室內。噴藥後，全室密閉 30 分鐘，接著取出各個網籠，分別觀察及紀錄其擊昏數，再將各籠內蚊蟲全數吸出，分別置於上附 10%糖水棉花的觀察紙杯中，置於生長箱中飼育，待 24 小時後觀察並紀錄其死亡數。生長箱中維持 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相對溼度 $70\pm 5\%$ ，光照 12 小時。(夏 等人 2007)

5. 建立感藥性基線

將虫光乳劑及惠友 20%乳劑，分別以純水稀釋成系列(5~8 個)濃度的藥液後，以網籠試驗分別檢測其對感受性品系埃及斑蚊的 30 分鐘擊昏率及 24 小時死亡率，以建立埃及斑蚊對各藥劑的感藥性基線。

6. 藥效試驗

以網籠試驗分別測定虫光乳劑及惠友 20%乳劑對高雄市及台南市各登革熱高風險地區埃及斑蚊的半數擊昏濃度(KC₅₀)、半數致死濃度(LC₅₀)及致死率達 99%的濃度(LC₉₉)。

三、 統計分析

1. 校正

(1) 擊昏率

空白組的擊昏率如<5%，則不需校正；若為 5~20%之間，則需用 Abbott 公式校正擊昏率；若>20%，則整組試驗數據不予採用。校正擊昏率的公式為： $(\text{試驗組的擊昏率} - \text{空白組的擊昏率}) / (1 - \text{空白組的擊昏率}) \times 100\%$

(2) 死亡率

空白組的死亡率如<5%，則不需校正；若為 5~20%之間，則需用 Abbott 公式校正死亡率；若>20%，則整組試驗數據不予採用。校正死亡率的公式為： $(\text{試驗組的死亡率} - \text{空白組的死亡率}) / (1 - \text{空白組的死亡率}) \times 100\%$

(3) KC₅₀、LC₅₀ 及 LC₉₉

以 SPSS 統計程式軟體分別將各藥劑的系列濃度對感受

性品系、高雄市及台南市各登革熱高風險地區品系埃及斑蚊的 30 分鐘擊昏率及 24 小時死亡率進行概率單位迴歸分析，以計算出其 KC_{50} 、 LC_{50} 及 LC_{99} 。

(4) 抗性程度

將高雄市及台南市各登革熱高風險地區品系埃及斑蚊的 LC_{50} 及 LC_{99} ，與感受性品系埃及斑蚊的 LC_{50} 及 LC_{99} 相比，以計算其抗性比值(RR_{50}/RR_{99})。抗性比值(RR_{50}/RR_{99}) = 登革熱高風險地區品系的 $LC_{50}(LC_{99})$ /感受性品系的 $LC_{50}(LC_{99})$ 。抗性程度可分為四個層級：當 RR 值 <2 ，視為敏感性；當 $RR=2\sim10$ ，視為低抗性；當 $RR=10.1\sim20$ ，視為中抗性；當 $RR>20$ ，視為高抗性(Pimsamarn *et al.* 2009, Lima *et al.* 2011, 中國 2008)。

(5) 建議使用濃度與分級推薦

將各藥劑對各品系埃及斑蚊的 LC_{99} 數值的兩倍，推薦為田間使用時的濃度(WHO 1998)。復依藥效試驗結果，同時參考國內外專家學者的研究，將藥劑的使用依其抗性程度(RR_{99})分為四個層級，作為建議的標準：第一級(敏感性)，為「推薦使用」，亦即可依建議使用的濃度，逕予施噴；第二級(低

抗性)，為「輪替使用」，亦即連續使用 3~6 個月後，應予更換藥劑施噴；第三級(中抗性)，為「小心使用」，亦即每次使用前皆須先進行生物檢定試驗，確認其最適當的使用濃度後，再予施噴；第四級(高抗性)，為「不予推薦」，亦即該品系對該藥已具有較高程度的抗性，2~3 年內最好禁止使用。

肆、 結果

一、 感藥性基線

將虫光乳劑及惠友 20%乳劑分別稀釋成系列濃度的藥液後，以感受性品系埃及斑蚊進行藥效試驗，其試驗結果分別列於表二及表三。另以一般線性迴歸模型分別計算出其迴歸方程式，再分別繪出其 log 濃度(v/v%)—24 小時死亡率(%)的感藥迴歸曲線於圖一。

由圖一中可見，感受性品系埃及斑蚊對虫光乳劑的感藥性基線的迴歸方程式為 $y=244.7+62.8x$ ，其 x 截距數值為 -3.90，斜率為 62.8；而對惠友 20%乳劑則為 $y=219.8+53.5x$ ，其 x 截距數值為 -4.11，斜率為 53.5。由於虫光乳劑及惠友 20%乳劑對感受性品系埃及斑蚊的感藥起始濃度(10^x 截距數值)分別為 1.3×10^{-4} v/v% 及 7.8×10^{-5} v/v%，數值相差不大(相對比值為 1.7)；同時，二迴歸線的斜率(62.8，53.5)亦幾近相同(相對比值為 1.2)，可見感受性品系埃及斑蚊對二藥劑的感藥情形大致相同。

二、 抗藥性試驗

(一) 虫光乳劑

將虫光乳劑對登革熱高風險區品系(高雄市 6 品系, 台南市 8 品系)及感受性品系埃及斑蚊的藥效試驗結果, 以概率單位迴歸模型計算出其對各品系埃及斑蚊的半數擊昏濃度(KC₅₀)、半數致死濃度(LC₅₀)及致死率達 99%的濃度(LC₉₉), 同時換算抗性比值(RR₅₀, RR₉₉)以評估其抗性程度(表二)。

由表二中可見, 虫光乳劑對感受性品系的 KC₅₀ 為 1.1×10^{-3} v/v%, 僅高於台南關廟(4.5×10^{-4})與安南品系(8.6×10^{-4}), 而低於(等於)其它 12 品系。可見虫光乳劑對高雄三民(2.0×10^{-3})、苓雅(7.8×10^{-3})、左營(1.2×10^{-3})、鳳山(2.7×10^{-3})、前鎮(3.5×10^{-3})、楠梓(6.0×10^{-3})及台南北區(1.2×10^{-3})、中西區(4.7×10^{-3})、東區(2.9×10^{-3})、南區(4.4×10^{-3})、歸仁(1.5×10^{-3})、永康(1.1×10^{-3})等 12 個品系埃及斑蚊的擊昏效果均較感受性品系者為差。虫光乳劑對感受性品系埃及斑蚊的 LC₅₀ 為 8.2×10^{-4} v/v%, 僅高於台南歸仁(6.0×10^{-4})、永康(5.8×10^{-4})、安南(7.6×10^{-4})及關廟(2.9×10^{-4})品系, 而低於其它 10 個品系。可見虫光乳劑對高雄三民(1.5×10^{-3})、苓雅(6.8×10^{-3})、左營(3.8×10^{-3})、鳳山(1.4×10^{-3})、前鎮(2.9×10^{-3})、楠梓(6.0×10^{-3})及台南北區(3.6×10^{-3})、中西區(4.7×10^{-3})、東區(1.8×10^{-3})及南區(3.1×10^{-3})等 10 個品系埃及斑蚊的致死效

果均較感受性品系者為差。

依各品系的抗性比值(RR_{50})觀之，可見高雄三民(1.9)、鳳山(1.7)及台南歸仁(0.7)、永康(0.7)、安南(0.9)及關廟(0.4)品系的 RR_{50} 數值皆小於 2，故而前述 6 品系埃及斑蚊對虫光乳劑為「敏感性」。至於高雄前鎮(3.5)、左營(4.7)、楠梓(7.3)、苓雅(8.3)及台南東區(2.2)、南區(3.8)、北區(4.4)、中西區(5.7)等 8 個品系埃及斑蚊對於虫光乳劑的 RR_{50} 則皆介於 2~10 之間，故為「低抗性」品系。此外，虫光乳劑對於感受性品系埃及斑蚊的 LC_{99} 為 5.8×10^{-3} v/v%，低於 14 個登革熱高風險地區品系者；可見虫光乳劑於此 14 個地區使用時，應適當提高濃度施噴，方可達到有效防治的目的。依 RR_{99} 數值評估各品系埃及斑蚊對虫光乳劑的抗性程度時，台南永康(1.6)、安南(1.6)及關廟(1.0)品系的抗性比值均小於 2，為「敏感性」品系；至於高雄三民(3.1)、苓雅(5.9)、鳳山(7.2)、前鎮(7.0)、楠梓(5.3)及台南北區(6.3)、中西區(7.1)、東區(3.0)、南區(3.8)、歸仁(9.7)等 10 個品系的 RR_{99} 數值則均介於 2~10 之間，故為「低抗性」品系；而高雄左營品系的 RR_{99} 數值(10.6)則大於 10，故為「中抗性」品系。

依 WHO 的建議，將虫光乳劑對各品系埃及斑蚊的 LC_{99} 數值的 2 倍，定為田間施噴時的建議使用濃度，並換算其稀釋倍數，同時依其 RR_{99} 數值予以分級後，結果列於表三。由表中可見，虫光乳劑在台南永康、安南及關廟地區，為「推薦使用」，亦即可以依建議使用濃度，逕予施噴；而在高雄三民、苓雅、鳳山、前鎮、楠梓及台南北區、中西區、東區、南區及歸仁等 10 個地區，則為「輪替使用」，亦即於此 10 個地區，如連續施噴虫光乳劑達 3~6 個月後，最好予以更換藥劑；至於在高雄左營地區，則為「小心使用」，亦即在此區每次施噴虫光乳劑前，皆須先進行生物檢定試驗，確認當下最適當的使用濃度後，再予施噴。

(二) 惠友 20%乳劑

將惠友 20%乳劑對高雄市 6 個登革熱高風險地區品系及感受性品系埃及斑蚊的藥效試驗結果，以概率單位迴歸模型計算其對各品系埃及斑蚊的 KC_{50} 、 LC_{50} 及 LC_{99} ，同時換算 RR_{50} 與 RR_{99} ，以評估其抗性程度(表四)。由表四可見，惠友 20%乳劑對感受性品系的 KC_{50} 為 8.7×10^{-4} v/v%，低於高雄市的 6 個品系。可見惠友 20%乳劑對高雄三民(1.1×10^{-2})、苓雅($1.2 \times$

10^{-2})、左營(1.6×10^{-2})、鳳山(4.7×10^{-3})、前鎮(7.7×10^{-3})及楠梓(1.0×10^{-2})等 6 個品系埃及斑蚊的擊昏效果均較感受性品系為差。惠友 20%乳劑對感受性品系埃及斑蚊的 LC_{50} 為 6.5×10^{-4} v/v%，亦低於高雄市的 6 個品系，可見其對高雄三民(1.2×10^{-2})、苓雅(7.4×10^{-3})、左營(1.4×10^{-2})、鳳山(2.6×10^{-3})、前鎮(3.7×10^{-3})及楠梓(4.4×10^{-3})等 6 個品系埃及斑蚊的致死效果亦均較感受性品系者為差。

依各品系的 RR_{50} 數值觀之，可見高雄鳳山(4.0)、前鎮(5.7)及楠梓(6.8)品系對於惠友 20%乳劑的 RR_{50} 數值皆介於 2~10 之間，故為「低抗性」品系；而高雄三民(18.5)及苓雅(11.3)品系的 RR_{50} 數值則皆介於 10.1~20 之間，故為「中抗性」品系；至於高雄左營品系的 RR_{50} 數值則最高(21.1)，大於 20，故屬於「高抗性」品系。惠友 20%乳劑對於感受性品系埃及斑蚊的 LC_{99} 為 6.0×10^{-3} v/v%，低於高雄市 6 個登革熱高風險區品系者；可見惠友 20%乳劑於此高雄市 6 個地區使用時，應適當提高濃度施噴，方可達到有效防治的目的。若依各品系的 RR_{99} 數值評估抗性程度時，高雄鳳山(10.0)及前鎮(6.3)品系的抗性比值介於 2~10 之間，為「低抗性」品系；而高雄三民(15.2)、

苓雅(14.1)、左營(14.1)及楠梓(15.3)品系的抗性比值則均介於 10.1~20 之間，故為「中抗性」品系。

將惠友 20%乳劑對高雄市 6 個登革熱高風險區品系埃及斑蚊的建議使用濃度、稀釋倍數及分級推薦情形列於表五。由表中可見，惠友 20%乳劑在高雄鳳山與前鎮地區為「輪替使用」，亦即於此 2 地區，如連續施噴惠友 20%乳劑達 3~6 個月後，最好予以更換藥劑；其餘 4 個地區則為「小心使用」，亦即每次使用該藥於該區前，均應先進行生物檢定試驗，確認當下最適當的使用濃度後，再予施噴。

三、 抗藥性監測

(一) 虫光乳劑

將虫光乳劑對各品系埃及斑蚊的藥效試驗結果，以一般線性迴歸模型分別求出其感藥迴歸方程式，並換算出各品系埃及斑蚊對虫光乳劑的最初反應濃度(感藥起始濃度)，同時繪出各品系 log 濃度—24 小時死亡率的感藥迴歸曲線於圖二。

依圖所示，各品系埃及斑蚊對虫光乳劑的感藥迴歸線中，僅高雄鳳山(6.8×10^{-5})、台南歸仁(2.0×10^{-5})、永康(4.6×10^{-5})及關廟(9.2×10^{-6})品系的感藥起始濃度皆較感受性(1.3×10^{-4})品系者

為低，可見前述 4 品系埃及斑蚊對於虫光乳劑的反應在低濃度時即較為敏銳。然而，此 4 品系感藥迴歸線的斜率分別為 37.3、34.3、47.9 及 38.5，又均小於感受性(62.8)品系者；因此，如要使用虫光乳劑於此 4 個地區以撲殺埃及斑蚊時，則需要使用較高的濃度方能有效防治，同時此 4 品系埃及斑蚊對虫光乳劑的抗性亦較容易產生。至於高雄三民(1.4×10^{-4})、苓雅(7.4×10^{-4})、左營(4.0×10^{-4})、前鎮(1.6×10^{-4})、楠梓(6.5×10^{-4})及台南北區(4.1×10^{-4})、中西區(8.6×10^{-4})、東區(2.4×10^{-2})、南區(7.3×10^{-4})、安南(1.4×10^{-4})等 10 個品系埃及斑蚊對虫光乳劑的感藥起始濃度則均高於感受性(1.3×10^{-4})品系，表示此 10 個地區的埃及斑蚊必須在虫光乳劑使用較高的濃度下才會開始有反應。前述 10 個品系中，僅台南中西區(76.3)、南區(75.1)及安南(65.3)品系感藥迴歸線的斜率大於感受性(62.8)品系，可見此 3 品系埃及斑蚊對於虫光乳劑的藥效反應尚佳，因此抗性的產生也較為緩慢。另外高雄三民(46.9)、苓雅(59.6)、左營(48.7)、前鎮(41.0)、楠梓(51.6)及台南北區(54.0)、東區(57.0)等 7 個品系埃及斑蚊的感藥性迴歸線的斜率則均小於感受性(62.8)品系，可見虫光乳劑若於此等 7 個地區施噴時，則需要使用較高的濃度

才能殺死埃及斑蚊，而且前述 7 個品系埃及斑蚊對於該藥劑的抗性亦會發展較為快速。

(二) 惠友 20%乳劑

將惠友 20%乳劑對高雄市 6 個登革熱高風險區及感受性品系埃及斑蚊的藥效試驗結果，以一般線性迴歸模型分別求出其感藥迴歸方程式，並換算出各品系埃及斑蚊對惠友 20%乳劑的起始濃度，同時分別繪出其感藥迴歸曲線於圖三。

於圖中可見，高雄市 6 品系埃及斑蚊的感藥起始濃度均高於感受性(7.8×10^{-5} v/v%)品系，可見此 6 品系埃及斑蚊對於惠友 20%乳劑的施噴必須在較高濃度下才會開始有反應。其中，高雄左營(62.0)及前鎮(64.3)品系的斜率均大於感受性(53.5)品系，亦即此 2 品系埃及斑蚊對於惠友 20%乳劑的藥效反應尚佳，所以抗性的產生也會較為緩慢。另外，高雄三民(51.2)、苓雅(39.8)、鳳山(40.3)及楠梓(46.0)品系的斜率則均小於感受性(53.5)品系，顯示此 4 品系對於惠友 20%乳劑的藥效反應稍差，所以抗藥性的產生將會較為快速。

綜觀前述結果，可見同一藥劑對於不同地區品系埃及斑蚊的藥效不盡相同。就本研究結果而論，虫光乳劑適用於台南市永康、安南及

關廟地區；至於高雄市三民、苓雅、鳳山、前鎮、楠梓及台南市北區、中西區、東區、南區、歸仁等地區則建議於連續使用 3~6 個月後，即予更換藥劑；而於高雄市左營地區，則最好在每次使用前都先予進行生物檢定試驗，確認當下最適當的使用濃度後，再予施噴。另外，惠友 20%乳劑雖可適用於高雄市鳳山及前鎮地區，但亦建議於連續使用 3~6 個月後，即予更換藥劑；而高雄市三民、苓雅、左營及楠梓地區，則需於每次使用前先行確認當下最適當使用濃度後，再予施噴。

依據藥效試驗的結果及感藥性迴歸曲線的情形，可以約略預估抗性發展的趨勢。目前高雄市三民、苓雅、左營、前鎮、楠梓及台南市北區、東區、中西區、南區及安南地區的埃及斑蚊可能已對虫光乳劑產生了抗藥性，其中除了台南市中西區、南區及安南地區的抗性發展或許會較為緩慢外，其餘 7 個地區的埃及斑蚊對於虫光乳劑的抗性發展也許會較為快速。另外，目前高雄市鳳山及台南市歸仁、永康、關廟地區的埃及斑蚊似乎尚未對虫光乳劑產生抗藥性，但若一旦開始產生抗性，或許發展亦將較為快速。至於高雄三民、苓雅、鳳山、楠梓、左營及前鎮等 6 個地區的埃及斑蚊，目前應已對惠友 20%乳劑開始產生抗藥性，其中左營及前鎮地區的抗性發展或許會較為緩慢，其餘 4 品系對該藥劑的抗性發展有可能會較為快速。然而，蚊蟲對於殺蟲藥

劑產生抗藥性的進程，往往會依當地使用藥劑的情況而異；故而需要長年持續的監測，始得全盤了解其抗性的發展情形。

伍、 討論

由於各地區使用藥劑的歷史與狀態各有不同，加上生物多樣性的特色，使得各品系埃及斑蚊對同一殺蟲藥劑的藥效反應亦各有差異。一般而言，感受性品系埃及斑蚊由於長期飼養於養蚊室中，同時一直未曾接觸到任何殺蟲藥劑；因此，理論上其對任何一種殺蟲藥劑的敏感程度(擊昏率、死亡率)皆應高於野外品系者。本研究抗藥性試驗的結果發現，大多數品系埃及斑蚊對於同一殺蟲藥劑，其 KC_{50} 、 LC_{50} 及 LC_{99} 的數值雖然各不相同，但通常皆高於感受性品系。僅有台南歸仁、永康、安南及關廟品系的 KC_{50} 及 LC_{50} 數值為低於或幾近相等於感受性品系。究其原因，或許為此 4 品系埃及斑蚊在進行抗藥性試驗時，所使用的藥液濃度皆較為偏高，導致其 KC_{50} 與 LC_{50} 的數值偏低，但 LC_{99} 則恢復正常，其數值略高於感受性品系。另一可能原因為此 4 地區近年來或許未曾使用過具有第滅寧、賜百寧及芬化利等相同有效成份的殺蟲藥劑，導致其藥效反應幾乎與感受性品系相同；所以，其 RR_{50} 與 RR_{99} 的數值皆接近於 1，因此該 4 品系被視為敏感性品系，仍屬合理。

以往為評估野外品系埃及斑蚊對殺蟲藥劑的抗性，大多以其與感受性品系的半數擊昏濃度(KC_{50})、半數致死濃度(LC_{50})、99%致死濃

度(LC₉₉)等參數之間的差異作為標準(任 等人 2008, 孫 等人 2000)。然而,「擊昏」並不代表「死亡」,「擊昏」是 30 分鐘短暫的效果,可以反映出在施噴藥劑時,現場民眾的觀感及接受的程度;「死亡」則是 24 小時觀察後的結果,代表著防治病媒的真正成效;可見此二數值所代表的意義大不相同,因此不可相提並論。有的藥劑對於短時間內蚊蟲擊昏的效果良好、但長期的致死效果則較差;有的則對於蚊蟲致死效果良好,但短時間內卻無擊昏的成效可言,因此評估蚊蟲對於藥劑的反應時,當以「死亡率」較具代表性。現場執行噴藥作業時,最好能依其需求選擇同時兼具擊昏(視覺效果)及撲殺(實際效果)且成效良好的複方藥劑使用。

噴藥現場的氣候狀況(溫度、濕度、風向、風速等)、地形地物與人文環境及噴霧機具機型、藥劑劑型及噴灑技術等等諸多因素,皆會影響撲殺蚊蟲的效果。防疫的目的在於將蚊蟲全數撲滅,而非只消滅部份個體,因此本研究依循 WHO 的建議,將各藥劑對各品系埃及斑蚊的 LC₉₉ 數值的兩倍,推薦為田間使用時的濃度,以確保防疫成效。

近年來,各國的專家學者紛紛以抗性比值(RR),作為評估當地病媒蚊抗藥性程度的指標。研究人員依其研究目的、研究對象及研究地點的不同而各有其分級標準。例如,中國係利用野外品系與感受性品

系的 LC_{50} 計算 RR 值：當 $RR_{50} < 2$ ，為敏感性； $RR_{50} = 2 \sim 10$ ，為低抗性； $RR_{50} = 10 \sim 20$ ，為中抗性； $RR_{50} > 20$ ，為高抗性(中國 2008)。泰國是利用野外品系與感受性品系的 LT_{50} 計算 RR_{50} 值，將其分為 $RR_{50} = 10 \sim 20$ ，為低抗性； $RR_{50} > 20$ ，為高抗性(Pimsamarn *et al.* 2009)。巴西是利用野外品系與感受性品系的 LC_{95} 計算 RR_{95} 值： $RR_{95} < 5$ ，為低抗性， $RR_{95} = 5 \sim 10$ ，為中抗性； $RR_{95} > 10$ ，為高抗性(Lima *et al.* 2011)。台灣則是以 LC_{50} 計算 RR_{50} 值：將其分為 $RR_{50} > 40$ ，為具有抗藥性； $RR_{50} < 4$ ，為不具抗藥性(徐 1993)。南美洲(蘇利南、加勒比海及巴哈馬)是以野外品系與感受性品系的 LC_{90} 計算 RR_{90} 值： $RR_{90} < 1$ ，為敏感性， $RR_{90} = 1 \sim 10$ ，為低抗性； $RR_{90} = 10 \sim 14$ ，為中抗性； $RR_{90} > 14$ ，為高抗性(Rawlins 1998)。本研究則參考前述學者專家的研究以及往昔藥效試驗的經驗，採用 LC_{99} 的數值來計算 RR_{99} 值：將 RR_{99} 值分為四個層級，並依此訂定推薦標準：第一級(敏感性， $RR_{99} < 2$)為「推薦使用」，亦即可依建議使用的濃度，逕予施噴；第二級(低抗性， $RR_{99} = 2 \sim 10$)為「輪替使用」，亦即連續使用 3~6 個月後，應予更換藥劑施噴；第三級(中抗性， $RR_{99} = 10.1 \sim 20$)，為「小心使用」，亦即每次使用前皆須先進行生物檢定試驗，確認其最適當的使用濃度後，再予施噴；第四級(高抗性， $RR_{99} > 20$)，為「不予推薦」，亦即該品系對該

藥已有較高程度的抗性情形發生，2~3 年內最好禁止使用。

事實上，無論是 KC_{50} 、 LC_{50} 、 LC_{99} 或 RR_{50} 及 RR_{99} ，皆僅能反映出野外品系對於該殺蟲藥劑當下的感藥性或抗性的程度，而無法代表抗性的發展情形。因此，運用藥效試驗中系列濃度與死亡率的關係，繪出其感藥迴歸線，經由埃及斑蚊對該藥的最初反應濃度(感藥起始濃度)及對不同濃度的反應情形(斜率)，或許較能準確推估其抗性發展的趨勢。如能長期持續的進行監測，則其結果當更可預測其抗性發展的速率，同時作為地方單位每年採購藥劑、輪替用藥方案的基準。

由於全球氣候暖化的現象及臺灣國際化的影響，導致埃及斑蚊的分佈北移，使得本土登革熱的疫情似乎不再侷限於北迴歸線以南的縣市。例如，澎湖縣馬公市，目前已出現埃及斑蚊的蹤跡，同時在今(2011)年爆發近十年來最大規模的本土性登革熱流行。截至 11 月 11 日為止，澎湖縣已有 73 個病例。台北市社子島地區，在 2008 年亦曾發生本土性的登革熱群聚疫情，共有 15 個病例；今(2011)年在中正及士林區截至 11 月 11 日為止，已有 23 個本土病例發生；可見，白線斑蚊對於傳播登革熱的能力也不容小覷。依以上情勢推估，未來臺灣中部、北部及東部地區很可能也會被埃及斑蚊所攻陷，所以為防止登革熱疫情的擴大，應予進行台灣全面性的抗藥性監測研究。

全面性抗藥性監測的對象應同時包括埃及斑蚊與白線斑蚊。短期抗藥性試驗的結果，可以知道當下病媒蚊蟲的感藥情形；長期的監測研究，則能了解該品系蚊蟲抗性的趨勢走向，進而預測其未來的發展速率，如此二者並行才能為登革熱的擴散未雨綢繆。所以，除了持續檢測台南市、高雄市等登革熱高風險地區品系埃及斑蚊對各種殺蟲藥劑的感藥程度及其抗藥性的發展，以建立第一線、第二線乃至第三線輪替使用藥劑的管理機制之外；更應擴大監測範圍，將同樣為埃及斑蚊分佈地區的屏東縣市也納為監測對象。台灣北部、中部及東部等白線斑蚊分佈地區，亦應同時建立當地白線斑蚊的感藥性基線，以避免未來因不得已必須進行化學防治時，未能正確選用藥劑種類及濃度，導致重蹈南部地區覆轍的情形發生；結果不但未能及時防堵疫情擴散，反而造成病媒的抗藥性產生及生態浩劫，得不償失。

陸、 結論與建議

- 一、 各地區品系埃及斑蚊對同一殺蟲藥劑的感藥性會因過去噴藥歷史、濃度及頻率的不同而各有不同。
- 二、 評估蚊蟲對於殺蟲藥劑的反應時，應以「24 小時的死亡率」較具代表性，「30 分鐘的擊昏率」可反映出民眾的觀感及接受度。
- 三、 抗藥性試驗可以檢測野外品系對於該殺蟲藥劑當下的感藥性或抗性的程度。
- 四、 感藥迴歸線的斜率及感藥起始濃度可用以評估該品系埃及斑蚊對於該殺蟲藥劑是否已產生抗藥性，同時亦可推估其抗性發展的趨勢。
- 五、 為防止全球氣候暖化導致埃及斑蚊北移、同時臺灣國際化快速發展使得登革熱擴大流行範圍，應儘速進行台灣全面性的抗藥性試驗研究，並將白線斑蚊一併納入為研究對象。
- 六、 應長年持續的進行抗藥性監測研究，建立各品系斑蚊感藥迴歸曲線，以預測其對殺蟲藥劑的抗性發展速率及趨勢，便於地方政府訂定輪替用藥的管理方案。

柒、 參考文獻

1. 王建蕊、王志強。2001。合理使用化學殺蟲劑有效保護資源和環資源和環境。醫學動物防制 17(7)：368-369 頁。
2. 任樟尧 ,邱再平 ,杨天赐 ,陆龙喜。2008。临海市蚊、蝇、蜚蠊对 7 种杀虫剂的抗性调查。中国媒介生物学及控制杂志 19(3)：206-208 頁
3. 吳懷慧、張念台。1990。埃及斑蚊與白線斑蚊取食率之比較。中華昆蟲 10：433-442 頁。
4. 李永紅。2001。農藥的發展與人類的健康。生物學通報 36(5)：12-13。
5. 夏維泰、林懿薇、潘炤穎。2007。Pirimiphos—methyl 25% W/W(Actellic E.C.)生物檢定試驗。環境有害生物防治通訊 88:1-4 頁。
6. 夏維泰、吳和生、楊依潔、羅林巧。2011。登革熱防治常用殺蟲藥劑對台灣南部地區埃及斑蚊的藥效疫情報導 27(3)：28-35 頁。
7. 徐爾烈、鄧華真。1993。登革熱病媒抗藥性及藥效評估。行政院衛生署疾病管制局九十二年度科技研究發展計畫。
8. 徐爾烈。1988。台灣重要蚊蟲之發生及其抗藥性之研究。行政院環保署。28 頁。
9. 中國。2008：深圳市病媒生物監測與控制專案工作指南。中國：深圳市衛生局。59 頁

10. 郭鳳英、吳厚永、李承毅。2000。白紋伊蚊抗高效氯氰菊酯和抗敵百蟲品系的生物學特性及種群參數。昆蟲學報 43：27-31。
11. 陳寶麟。2002。媒介蚊蟲化學防治的思考。中華衛生殺蟲藥械 8(1)：3-5 頁。
12. 黃基森。2005。健康促進暨衛生教育雜誌 25:109-124 頁。
13. 鄒欽。2006。消毒殺蟲藥械使用中存在的兩大誤區。中華衛生殺蟲藥械 12(5):360-361。
14. 孙洪武、韩召军、王荫长。2000。南京农业大学学报 23 (3):29-32。
15. Chan KK. 1985. Singapore's dengue haemorrhagic fever control programme: A case study on the successful control of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* using mainly environmental measures as a part of integrated vector control. Vol 45.; 114.
16. Metcalf RL.1989. Insect resistance to insecticides. Pestic. Sci. 26:333-358.
17. Kara K. B.-B. and Elder JP. 2009. Multi-modal *Aedes aegypti* mosquito reduction interventions and dengue fever prevention. Tropical Medicine & International Health 14: 1542-1551.
18. Guzman MG, Halstead SB, Artsob H, Buchy P, Farrar J, Gubler DJ, Hunsperger E, Kroeger A, Margolis HS, Martínez E, Nathan MB, Pelegrino JL, Simmons C, Yoksan S, Peeling RW. 2010. Dengue: a continuing global threat. Nat Rev Micro.
19. Kasap H, Kasap M, Alptekin D, Lüleyap Ü, Herath PRJ.2000. Insecticide

- resistance in *Anopheles sacharovi* Favre in southern Turkey. Bull World Health Organ.; 78(5): 687-692.
20. Lima E, Paiva MH, de Araújo AP , da Silva EV , da Silva UM , de Oliveira LN , Santana AE , Barbosa CN , de PaivaNeto CC , Goulart MO , Wilding CS , Ayres CF, de Melo Santos MA.2011. Insecticide resistance in *Aedes aegypti* populations from Ceará, Brazil. Parasit Vectors.4: 5.
 21. Pimsamarn S, Sormpeng W, Akksilp S, Paeporn P, Limpawitthayakul M.2009. Detection of insecticide resistance in *Aedes aegypti* to organophosphate and synthetic pyrethroid compounds in the north-east of Thailand. Bull World Health Organ. 33(21): 194-202.
 22. Rawlins SC.1998. Spatial distribution of insecticide resistance in Caribbean populations of *Aedes aegypti* and its significance. Rev Panam Salud Publica. 4(4):243-51.
 23. WHO 1998 WHO 1998: Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vectors, bio-efficacy and persistence on treated surfaces. World Health Organization, Geneva.

捌、 圖表

表一、登革熱高風險區品系埃及斑蚊與檢測殺蟲藥劑一覽表

蚊蟲品系	藥劑		
	品名	有效成份	標示稀釋倍數*
高雄市 三民 苓雅 左營 前鎮 鳳山(善美里+龍成里+鎮南里) 楠梓	虫光乳劑	1. Deltamethrin 第滅寧 1% 2. Esbiothrin 賜百寧 3%	25~100
	惠友 20%乳劑	Fenvalerate 芬化利 20%	500
台南市 中西區 北區 東區 南區 安南區 歸仁區 關廟區	虫光乳劑	1. Deltamethrin 第滅寧 1% 2. Esbiothrin 賜百寧 3%	25~100

*:空間噴灑，防治成蚊

表二、虫光乳劑對各品系埃及斑蚊¹的藥效

蚊蟲品系	半數擊昏濃度 ² KC ₅₀ (v/v%)	半數致死濃度 ³ LC ₅₀ (v/v%)	抗性比值 ⁴ RR ₅₀	抗性程度 ⁵	致死率達99%濃度 ⁶ LC ₉₉ (v/v%)	抗性比值 ⁷ RR ₉₉	抗性程度 ⁵
感受性	1.1×10 ⁻³	8.2×10 ⁻⁴	1.0	-	5.8×10 ⁻³	1.0	-
高雄三民	2.0×10 ⁻³	1.5×10 ⁻³	1.9	S	1.8×10 ⁻²	3.1	LR
高雄苓雅	7.8×10 ⁻³	6.8×10 ⁻³	8.3	LR	3.4×10 ⁻²	5.9	LR
高雄左營	1.2×10 ⁻³	3.8×10 ⁻³	4.7	LR	6.1×10 ⁻²	10.6	MR
高雄鳳山	2.7×10 ⁻³	1.4×10 ⁻³	1.7	S	4.2×10 ⁻²	7.2	LR
高雄前鎮	3.5×10 ⁻³	2.9×10 ⁻³	3.5	LR	4.1×10 ⁻²	7.0	LR
高雄楠梓	6.0×10 ⁻³	6.0×10 ⁻³	7.3	LR	3.1×10 ⁻²	5.3	LR
台南北區	1.2×10 ⁻³	3.6×10 ⁻³	4.4	LR	3.7×10 ⁻²	6.3	LR
台南中西區	4.7×10 ⁻³	4.7×10 ⁻³	5.7	LR	4.1×10 ⁻²	7.1	LR
台南東區	2.9×10 ⁻³	1.8×10 ⁻³	2.2	LR	1.8×10 ⁻²	3.0	LR
台南南區	4.4×10 ⁻³	3.1×10 ⁻³	3.8	LR	1.7×10 ⁻²	2.8	LR
台南歸仁	1.5×10 ⁻³	6.0×10 ⁻⁴	0.7	S	5.6×10 ⁻²	9.7	LR
台南永康	1.1×10 ⁻³	5.8×10 ⁻⁴	0.7	S	9.3×10 ⁻³	1.6	S
台南安南	8.6×10 ⁻⁴	7.6×10 ⁻⁴	0.9	S	9.4×10 ⁻³	1.6	S
台南關廟	4.5×10 ⁻⁴	2.9×10 ⁻⁴	0.4	S	6.0×10 ⁻³	1.0	S

備註：1.3~5 日齡，未吸血雌蚊

2.噴藥 30 分鐘後，擊昏率達 50%的藥劑濃度

3.噴藥 24 小時後死亡率達 50%的藥劑濃度

4.野外品系 LC₅₀/感受性品系 LC₅₀

5. S=敏感(RR<2)，LR=低抗性(RR=2~10)，MR=中抗性(RR=10.1~20)，HR=高抗性(RR>20)

6.噴藥 24 小時後死亡率達 99%的藥劑濃度

7.野外品系 LC₉₉/感受性品系 LC₉₉

表三、虫光乳劑於各區域防治埃及斑蚊的使用建議

蚊蟲品系	建議使用濃度 ¹ (v/v%)	稀釋倍數 ²	分級推薦 ³
感受性	1.2×10^{-2}	86	-
高雄三民	3.6×10^{-2}	28	輪替使用
高雄苓雅	6.9×10^{-2}	15	輪替使用
高雄左營	1.2×10^{-1}	8	小心使用
高雄鳳山	8.3×10^{-2}	12	輪替使用
高雄前鎮	8.1×10^{-2}	12	輪替使用
高雄楠梓	6.1×10^{-2}	16	輪替使用
台南北區	7.3×10^{-2}	14	輪替使用
台南中西區	8.2×10^{-2}	12	輪替使用
台南東區	3.5×10^{-2}	28	輪替使用
台南南區	3.0×10^{-2}	30	輪替使用
台南歸仁	1.1×10^{-1}	9	輪替使用
台南永康	1.9×10^{-2}	54	推薦使用
台南安南	1.9×10^{-2}	53	推薦使用
台南關廟	1.2×10^{-2}	83	推薦使用

備註：1. LC₉₉ 的兩倍

2. 藥劑原液

3. 推薦使用：RR₉₉<2，亦即可依建議使用的濃度逕予施噴；輪替使用：RR₉₉=2~10，亦即連續使用 3~6 個月後，應予更換藥劑施噴；小心使用：RR₉₉=10.1~20，亦即每次使用前皆須先進行生物檢定試驗，確認其最適當的使用濃度後，再予施噴；不予推薦：RR₉₉>20，亦即該品系對該藥已有較高程度的抗性情形發生，2~3 年內最好禁止使用。

表四、惠友 20%乳劑對各品系埃及斑蚊¹的藥效

蚊蟲品系	半數擊昏濃度 ² KC ₅₀ (v/v%)	半數致死濃度 ³ LC ₅₀ (v/v%)	抗性比值 ⁴ RR ₅₀	抗性程度 ⁵	致死率達99%濃度 ⁶ LC ₉₉ (v/v%)	抗性比值 ⁷ RR ₉₉	抗性程度 ⁵
感受性	8.7×10 ⁻⁴	6.5×10 ⁻⁴	1.0	-	6.0×10 ⁻³	1.0	-
高雄三民	1.1×10 ⁻²	1.2×10 ⁻²	18.5	MR	9.6×10 ⁻²	15.2	MR
高雄苓雅	1.2×10 ⁻²	7.4×10 ⁻³	11.3	MR	8.9×10 ⁻²	14.1	MR
高雄左營	1.6×10 ⁻²	1.4×10 ⁻²	21.1	HR	8.9×10 ⁻²	14.1	MR
高雄鳳山	4.7×10 ⁻³	2.6×10 ⁻³	4.0	LR	6.3×10 ⁻²	10.0	LR
高雄前鎮	7.7×10 ⁻³	3.7×10 ⁻³	5.7	LR	4.0×10 ⁻²	6.3	LR
高雄楠梓	1.0×10 ⁻²	4.4×10 ⁻³	6.8	LR	9.7×10 ⁻²	15.3	MR

備註：1.3~5 日齡，未吸血雌蚊

2.噴藥 30 分鐘後，擊昏率達 50%的藥劑濃度

3.噴藥 24 小時後死亡率達 50%的藥劑濃度

4.野外品系 LC₅₀/感受性品系 LC₅₀

5. S=敏感(RR<2)，LR=低抗性(RR=2~10)，MR=中抗性(RR=10.1~20)，HR=高抗性(RR>20)

6.噴藥 24 小時後死亡率達 99%的藥劑濃度

7.野外品系 LC₉₉/感受性品系 LC₉₉

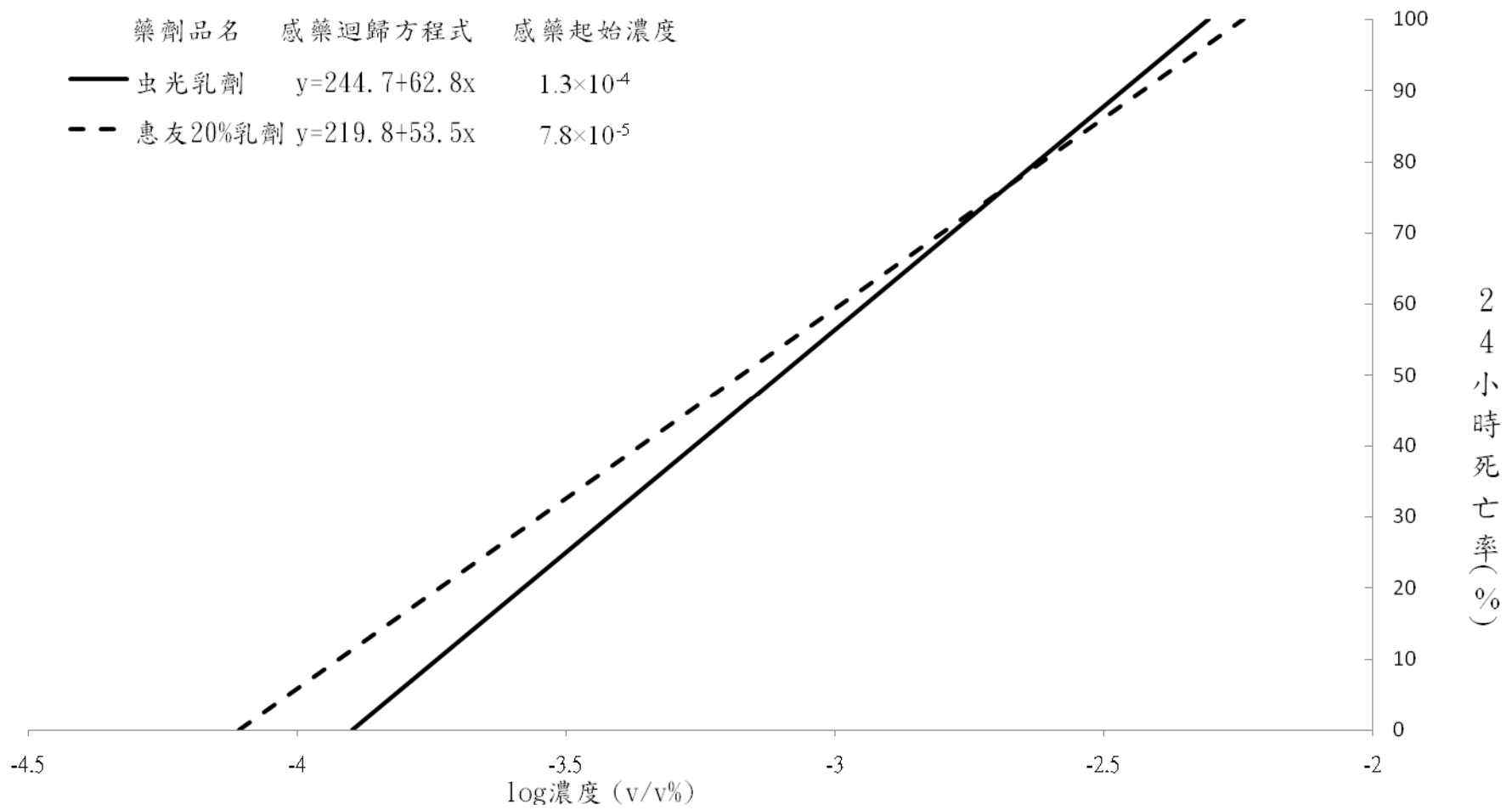
表五、惠友 20%乳劑於各區域防治埃及斑蚊的使用建議

蚊蟲品系	建議使用濃度 ¹ (v/v%)	稀釋倍數 ²	分級推薦 ³
感受性	1.3×10^{-2}	79	-
高雄三民	1.9×10^{-1}	5	小心使用
高雄苓雅	1.8×10^{-1}	6	小心使用
高雄左營	1.8×10^{-1}	6	小心使用
高雄鳳山	1.3×10^{-1}	8	輪替使用
高雄前鎮	8.0×10^{-2}	12	輪替使用
高雄楠梓	1.9×10^{-1}	5	小心使用

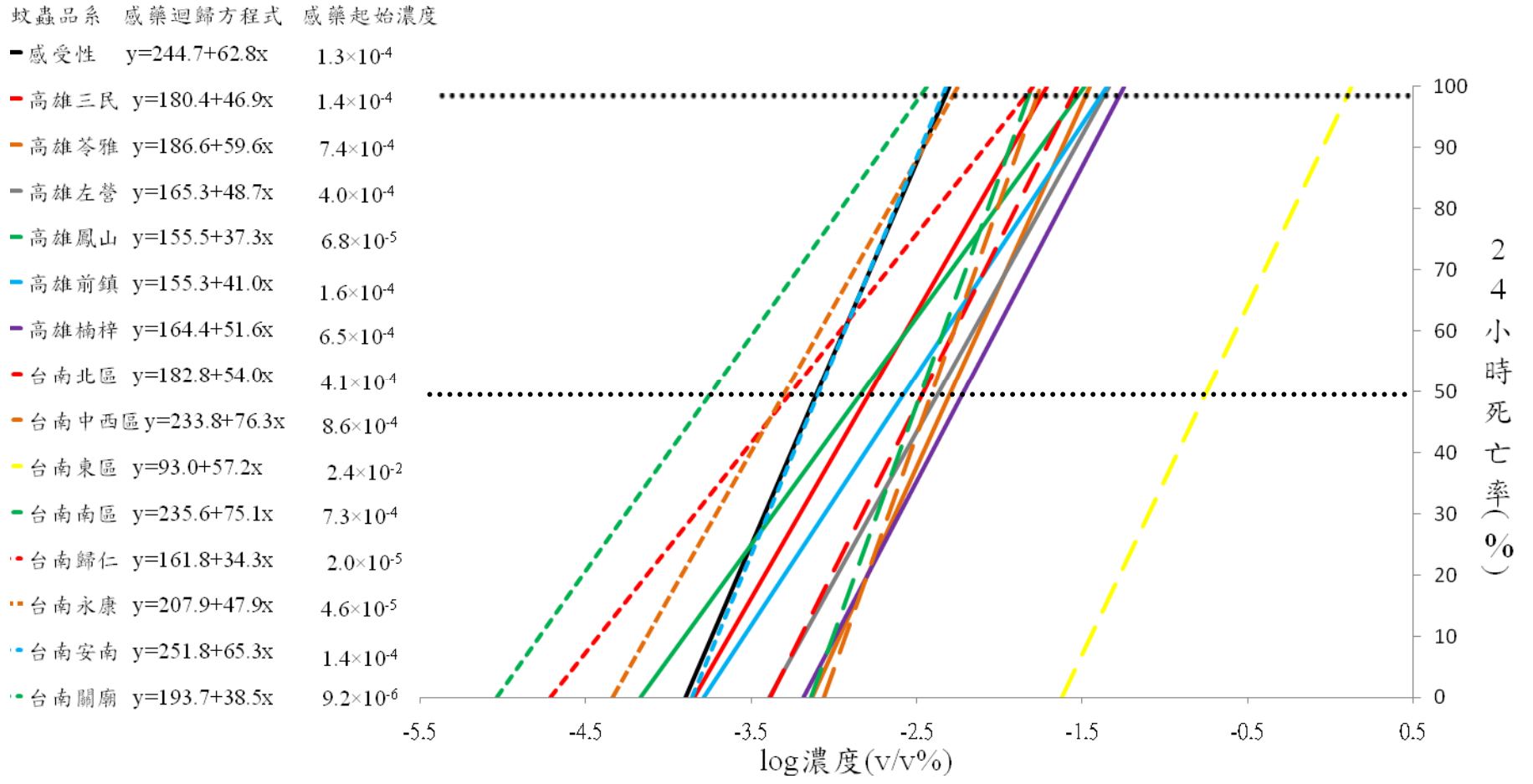
備註：1. LC₉₉ 的兩倍

2. 藥劑原液

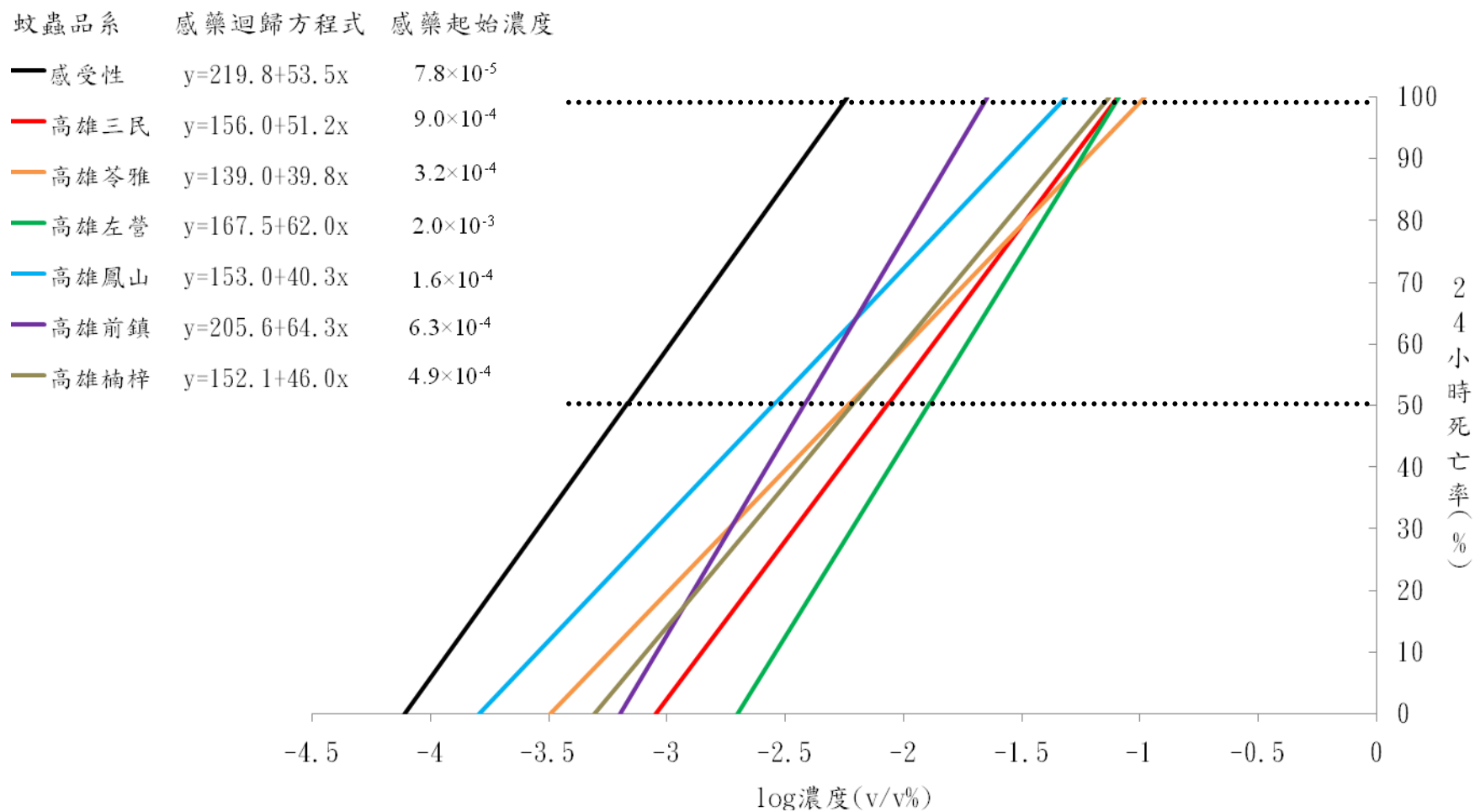
3. 推薦使用：R₉₉<2，亦即可依建議使用的濃度逕予施噴；輪替使用：RR₉₉=2~10，亦即連續使用 3~6 個月後，應予更換藥劑施噴；小心使用：RR₉₉=10.1~20，亦即每次使用前皆須先進行生物檢定試驗，確認其最適當的使用濃度後，再予施噴；不予推薦：RR₉₉>20，亦即該品系對該藥已有較高程度的抗性情形發生，2~3 年內最好禁止使用。



圖一、感受性品系埃及斑蚊對虫光乳劑及惠友 20%乳劑的感藥性基線



圖二、各品系埃及斑蚊對虫光乳劑的感藥情形



圖三、各品系埃及斑蚊對惠友 20%乳劑的感藥情形

玖、 附件

一、台灣南部地區常用殺蟲藥劑有效成份人體毒理資料一覽表

成份			致敏性			人體生理閾值			致 ² 癌分類
類別	英文名	中文名	皮膚症狀	眼睛症狀	呼吸系統症狀	人體殘留時間/濃度	每日攝入閾值 (mg/kg)	工業暴露標準 (mg/kg/hr)	
除蟲菊	Cypermethrin	賽滅寧	發紅、灼燒感、麻木、刺痛、瘙癢	發紅、疼痛	灼燒感、咳嗽、頭暈、頭痛、噁心、氣喘	—	0.05	—	3
	Lambda-cyhalothrin	賽洛寧	發紅、疼痛	發紅、疼痛	灼燒感、咳嗽、呼吸困難、氣喘、咽喉疼痛	—	—	—	4
	d-T80-Cyphenothrin	賽酚寧	—	—	—	—	—	—	—
	Cyfluthrin	賽飛寧	短暫瘙癢或疼痛感	刺激	—	—	0.02	—	—
	d-Tetrametrin	異治滅寧	皮疹、皮炎、紅斑性皮炎	輕度至重度角膜損傷	呼吸道刺激、鼻塞、流鼻水、喉嚨沙啞	—	—	—	3
	Deltamethrin	第滅寧	皮疹	刺激、灼燒感、瘙癢	呼吸道刺激	在工人施噴藥劑後的3~12小時內，其尿液中，仍可測到0.01-1.79 μ g	0.01	—	4
	permethrin	百滅寧	輕度刺激性	輕度至重度角膜損傷	呼吸道刺激、鼻塞、流鼻水、喉嚨沙啞	—	0.05	5 mg/ m ³ /8hr	2B

台灣南部地區常用殺蟲藥劑有效成份人體毒理資料一覽表(續)

	Esbiothrin	賜百寧	皮疹	—	—	—	—	5 mg/ m ³ /8hr	—
	Etofenprox	依芬寧	—	刺激流淚、眼睛刺痛畏光	喘鳴、呼吸困難	—	—	—	—
	Fenvalerate	芬化利	發紅、灼燒感、麻木、刺痛、瘙癢	發紅、疼痛	灼燒感、咳嗽	在工人施噴藥劑後的3~12小時內，其尿液中，仍可測到0.01-1.98 ug	0.02	5 mg/ m ³ /8hr	3
有機磷	Fenitrothion	撲滅松	無刺激性	無刺激性	無刺激性	—	0.005	—	4
	Temephos	亞培松	無刺激性	視力模糊	呼吸困難	—	—	15 mg/ m ³ /8hr	—

備註:

1. 資料來源：世界衛生組織(<http://www.who.int/whopes/quality/newspecif/en/>)；

美國國家衛生研究院-醫學圖書館(<http://toxnet.nlm.nih.gov/index.html>)

2. 1：對人類為確定之致癌物；

2A：對人類很可能致癌，動物為確定之致癌物；

2B：對人類有可能致癌，對動物為很可能也是致癌物；

3：目前尚無足夠的動物或人體的資料，以供分類該物質是否為人類致癌物；

4：根據已有的資料，足以認為該物質並非致癌物

二、台灣南部地區常用殺蟲藥劑有效成份動物毒理資料一覽表

成份			半數致死濃度(LD ₅₀) / 濃度(mg/kg)											備註		
類別	英文名	中文名	小鼠			大鼠			兔子			狗				
			口服	經皮膚	經呼吸系統	口服	經皮膚	經呼吸系統	口服	經皮膚	經呼吸系統	口服	經皮膚		經呼吸系統	
除蟲菊	Cypermethrin	賽滅寧	公:300 母:600	—	—	公:500-800 母:1200	>5000	公:0.1 (aerosol)	3000	2640	—	—	—	—		
	Lambda-cyhalothrin	賽洛寧	44	—	—	91	—	0.23	—	>2000	—	—	—	—		
	d-T80-Cyphenothrin	賽酚寧	—	—	—	>5000	>5000	>2100mg/m ³ /4hr	—	—	—	—	—	—		
	Cyfluthrin	賽飛寧	—	—	—	254(In acetone/Oil)	—	公:575 mg/m ³ /4hr 母:490 mg/m ³ /4hr	400	>5000	0.53 /L/4hr	—	—	—	—	
	d-Tetrametrin	異治滅寧	公:1920 母:2000	—	—	4600	>10000	1.18 mg/L/4hr	—	—	—	—	—	—	—	
	Deltamethrin	第滅寧	公:33 母:34	—	—	公:128 母:139	2940	公:56.3 mg/m ³ /4hr	—	>2000	—	3400	—	—	—	靜脈注射 (mg/kg): 1.小鼠:26100 2.大鼠:2526 3.狗:3440
	permethrin	百滅寧	公:650 母:540	2500	—	公:430 母:470	公:>25000 母:>4000	—	母:>4000	母:>2000	—	—	—	—	—	

台灣南部地區常用殺蟲藥劑有效成份動物毒理資料一覽(續)

	Esbiothrin	賜百寧	—	—	—	公:432.3 母:378.0	—	公:2.63 mg/L/4hr	—	>2000	—	—	—	—	
	Etofenprox	依芬寧	>5000	—	—	>5000	>2000	>5.88 mg/m ³ /4hr	—	2000	>4.06 mg/m ³ /4hr	—	>2000	>5.88 mg/m ³ /4hr	
	Fenvalerate	芬化利	2800	—	>101 mg/m ³ /4hr	公:938 母:680	>5000	>101 mg/m ³ /4hr	—	1000~ 3200 mg/kg	—	—	—	—	
有機磷	Fenitrothion	撲滅松	公:1336 母:1416	母:2500	—	1700	公:890 母:1200	>2210 mg/m ³ /4hr	—	—	—	681	—	—	
	Temephos	亞培松	223	—	—	4204	>2000	>3.02 mg/L	1300/ 4hr	2000	>4.79 mg/L/ 4hr	—	—	—	