

殺蟲劑劑型與藥粒大小對登革熱防治的影響

夏維泰、林懿薇、羅林巧

衛生署病管制局研究檢驗中心

摘要

探討殺蟲劑特性對殺蚊效果的影響，以釐清空間噴灑與殘效噴灑在登革熱緊急防治上之意義。以粒徑分析儀分別測定六種口徑二流體噴嘴（型號：SU4、SU1A、SU2、SU4B、SU3、SU3-1）施噴純水時之噴霧粒徑；據此模擬市售四種類噴霧機具分別施噴市售二十二種殺蟲劑商品，以噴藥塔試驗測試其對台南品系埃及斑蚊的藥效，並證實各殺蟲劑皆具防治成效且殺蟲劑顆粒大小會影響其殺蟲效果，而最適宜空間噴灑的藥粒粒徑應位於 20~50 微米（ μm ）之間。同時，殺蟲劑劑型會影響其殺蚊效果，其中以油劑在各口徑二流體噴嘴之速效表現較佳，亦即適用於各類噴霧機噴灑；而懸浮劑之擊昏時間較長，僅能用於動力式及壓力式噴霧機；所以油劑較適合空間噴灑，懸浮劑則僅能用於殘效噴灑。

關鍵字：粒徑、劑型、埃及斑蚊

前言

隨著經濟文明不斷地發展建設，民眾對環境衛生的要求日益高漲，蚊蟲的棲息處也由丟棄的紙杯、鋁罐及廢輪胎等物品，轉換成水溝、破水錶，甚至是滴水簷等。目前政府一直宣導澈底清除病媒蚊孳生源才是登革熱防治最根本方法，並且要求全民由日常生活中做起，一起對抗登革熱。然而，綜觀全國，只要有疫情發生，不論媒體、民眾，或政府單位、專家學者，無不冀望化學防治，希望能夠儘快展開全面噴藥作業，以期快速降低疫情，還給民

西元 2008 年 3 月 19 日受理；西元 2008 年 5 月 9 日接受刊載

通訊作者：夏維泰；聯絡地址：台北市南港區昆陽街 161 號

e-mail：hsia@cdc.gov.tw

眾健康快樂的生活。

在了解現場的狀況後，選用適當的藥劑、搭配正確的器材，有效的執行噴灑工作是每個防疫工作同仁所最需要的技能。事實上，空間噴灑的觀念其來有自；世界衛生組織（WHO）將殺蟲劑經噴霧機噴出的藥粒大小規範成七類〔1〕，而且建議防治蚊蟲的最佳噴霧粒徑為 $10\sim 20\ \mu\text{m}$ 〔2〕。許多學者在噴灑技術上曾提出了低容量和超低容量噴霧技術及精密噴灑技術等理論〔3〕，其中 Himel 在 1969 年更提出了生物最佳粒徑理論〔4〕，同時各項試驗研究也證明，施藥量和施藥濃度、藥劑顆粒大小、藥液沉積分佈是噴灑技術中極為重要的技術指標，可見噴霧機具的霧化性能與殺蟲效果關係最為密切〔5,6〕。

本研究係先以粒徑分析儀分別測定六種不同口徑(型號：SU4、SU1A、SU2、SU4B、SU3、SU3-1)的二流體噴嘴施噴純水時，其距離噴嘴末端 50 公分處之噴霧粒子大小，以模擬市售四種類型（動力式噴霧機、壓力式噴霧機、煙霧機及超低容量機）之噴霧機噴藥情形。再於噴藥試驗中，以各口徑之二流體噴嘴施噴市售 22 種殺蟲劑商品，測試其對台南品系埃及斑蚊之藥效，以探討殺蟲劑劑型及藥粒大小對登革熱防治的影響。

材料與方法

一、供試蚊蟲培養

台南品系埃及斑蚊幼蟲飼於塑膠水盆中，每盆（ $30\times 24\times 2.5$ 公分）約飼養 500—800 隻幼蟲，以台糖酵母+豬肝粉（1：1）餵食並每日刮去水膜，化蛹後挑置於水杯中，再放入養蟲籠中（ $30\times 30\times 20$ 公分），等待其羽化成蟲後，供給 10%糖水。另吊以小白鼠供雌蚊吸血，以水杯浸潤紙片供其產卵，卵片收集乾燥後，再放入水中孵化。養蟲室維持 $25\sim 28^\circ\text{C}$ ，相對溼度 $65\pm 10\%$ ，光照 12 小時〔7〕。

二、市售殺蟲劑商品篩選

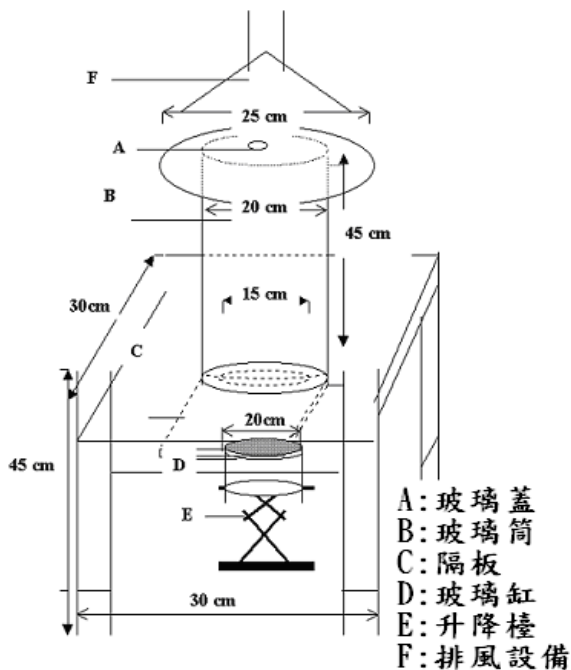
於行政院環境保護署所核准許可之市售各種殺蟲劑中，選擇特殊環境用藥類別中，其有效成份為合成除蟲菊且為單一成份者（相同成份者，則取其濃度最低者），同時防治對象主要為蚊子之 22 種殺蟲劑商品進行試驗。

三、二流體噴嘴之噴霧粒徑測定

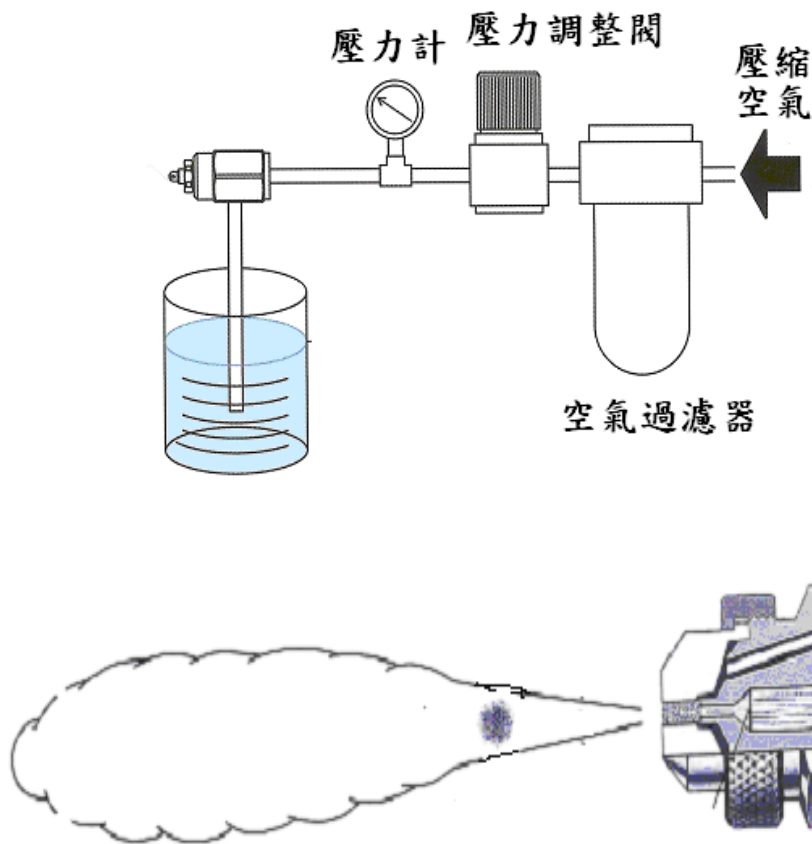
以六個不同口徑之二流體噴嘴（型號：SU4、SU1A、SU2、SU4B、SU3、SU3-1），使用無油式空氣壓縮機（4HCC-10-M400），並固定其空氣壓力為 20 psi，以 1 公升純水（RO 逆滲透）溶解不透明白色水彩 0.01g（雄獅王樣 No.1）後，取 10ml 分別以各型噴嘴噴出，且於距離發射口 50 公分處以粒徑分析儀（LaVision Co.）測定各噴嘴噴霧粒子大小，每次測定時間為 3 分 30 秒。實驗室內保持溫度 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度 $65\pm 10\%$

四、噴藥塔藥效試驗

使用 2-5 天大、未吸血之台南品系埃及斑蚊雌蚊 20 隻，分別置於玻璃缸（直徑 20*高 20 公分）中，再放於升降平台上（圖一），6 個不同口徑之二流體噴嘴以無油式空氣壓縮機（20 psi）加壓（圖二），分別施噴合成除蟲菊有效成份且防治對象為蚊蟲之 22 種市售殺蟲劑商品（表一），各藥劑施噴量分別依環保署核可標示換算而得。藥劑噴灑完畢，移出玻璃缸，並每 30 秒觀察紀錄一次蚊蟲被擊倒數目至 30 分鐘止，再將成蚊吸出後置於觀察杯中（10%糖水棉花），復放置於 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、RH $65\pm 10\%$ 的生長箱中觀察並紀錄其 24 小時之死亡率。各組試驗重覆三次，每次試驗數據以 SPSS 程式進行半數擊昏時間（KT50）及死亡率之統計分析。



圖一、噴藥塔裝置圖



圖二、 二流體噴嘴噴霧示意圖

表一、二十二種殺蟲劑商品代號對照表

藥品代號	中文名稱	有效成份	劑型
1A	尚蓋好 2.35%w/w	第滅寧 2.35%	乳劑
1B	興農雙寧 5% 水基乳劑	賽酚寧 5%	乳劑
1C	除蟲寧	亞滅寧 3%	乳劑
1D	菊舒寧	治滅寧 10%	乳劑
1E	中西全菊	異治滅寧 0.75%	乳劑
1F	索飛克乳劑	賽酚寧 5.5%	乳劑
2A	立除寧	賽飛寧 5.1%	乳劑
2A	立除寧	亞滅寧 1.5%	液劑
2B	保家寧	治滅寧 3%	液劑
2B	保家寧	賽酚寧 4%	液劑
2C	菊寧	賽酚寧 5.5%	液劑
2D	快滅寧	亞滅寧 1.5%	液劑
2E	蓋好用 1.25%w/w	第滅寧 1.25%	液劑
2F	百力寶水性液劑	治滅寧 2%	液劑
2F	百力寶水性液劑	賽滅寧 6%	液劑
2G	疫蚊滅飛蟲殺手	賽滅寧 1%	液劑
3A	新剋寧	第滅寧 3.0%	懸浮劑
3B	新令蟲傷懸浮劑	賽飛寧 2.2%	懸浮劑
4A	特滅寧	賽滅寧 9.4%	油劑
4B	倍加得 14%	治滅寧 2%	油劑
4B	倍加得 14%	酚丁滅寧 4%	油劑
4C	愛康 0.1%	賽洛寧 0.1%	油劑
4D	喜寧旺	異亞列寧 0.2%	油劑
4D	喜寧旺	賽滅寧 0.2%	油劑
4E	淨百蟲	賽滅寧 1%	油劑
5A	愛康	賽洛寧 0.2%	超低容量劑
5B	勝百寧 1%	賽滅寧 1%	超低容量劑

結果

一、二流體噴嘴粒徑測定：

以粒徑分析儀測定六種口徑之二流體噴嘴施噴純水時之噴霧粒徑，並將各粒徑參數（D10、DV10、DV50 及 DV90）分別列於表二。由表中可見，各口徑噴嘴之原廠標示值均介於粒徑分析儀實測之算術平均值（D10）與體積中量值（DV50）之間，故以體積中量值表示較為恰當。

表二、 各型二流體噴嘴噴霧粒徑測定結果表

噴嘴型號 粒徑參數	SU4 (14 μ m)	SU1A (18 μ m)	SU2 (35 μ m)	SU4B (40 μ m)	SU3 (55 μ m)	SU3-1 (65 μ m)
粒子數目 ²	231	65	29	53	49	103
D10(μ m) ³	14.7	20.4	34.6	40.3	50.8	60.3
DV10(μ m) ⁴	12.2	15.6	32.4	34.0	39.1	51.2
DV50(μ m) ⁵	14.3	26.7	46.0	57.4	73.6	80.8
DV90(μ m) ⁶	78.3	40.0	57.8	126.5	117.8	134.1

備註：

1. 原廠型號與標示粒徑。
2. 粒子數：試驗中由噴嘴噴出之粒子數目。
3. D10：算術平均值。
4. DV10：10%的粒子皆小於此數值。
5. DV50：體積中量值。
6. DV90：90%的粒子皆小於此數值。

二、噴藥塔藥效試驗

二十二種殺蟲劑商品對台南品系埃及斑蚊的藥效分述如下：

(一) 死亡率

細究二十二種殺蟲劑對台南品系埃及斑蚊之藥效發現，除了以 80.8 μ m 之二流體噴嘴施噴二種乳劑商品（1A 與 1E）及 73.6 μ m 口徑施噴 1E 乳劑之死亡率低於 90%外，其餘殺蟲劑無論在何種噴嘴口徑下，其死亡率均高於 90%，尤其在小口徑（14.3、26.7 及 46.0 μ m）噴灑下藥效更佳，皆達 100%（表三）；可見 22 種殺蟲劑對台南品系埃及斑蚊皆具防治效果。

表三、二十二種殺蟲劑對台南品系埃及斑蚊之致死情形¹

劑 型	藥劑代號	14.3 μ m ²	26.7 μ m	46.0 μ m	57.4 μ m	73.6 μ m	80.8 μ m
乳 劑	1A	100	100	100	100	96	85.3
	1B	100	100	100	100	93.2	95.9
	1C	100	100	100	100	100	100
	1D	100	100	100	100	94.4	93.4
	1E	100	100	100	100	87.5	81.2
	1F	100	100	100	100	94.6	96.1
	平均	100 \pm 0	100 \pm 0	100 \pm 0	100 \pm 0	94.3 \pm 4.1	92.0 \pm 7.2
液 劑	2A	100	100	100	100	100	100
	2B	100	100	100	100	97.3	93.1
	2C	100	100	100	100	98	96
	2D	100	100	100	97.2	98.6	94.5
	2E	100	100	98.6	98.7	100	93.3
	2F	100	100	100	98.7	100	100
	2G	100	100	100	100	100	100
平均	100 \pm 0	100 \pm 0	99.8 \pm 0.5	99.2 \pm 1.0	99.1 \pm 1.1	96.7 \pm 3.0	
懸浮劑	3A	100	100	100	100	100	100
	3B	100	100	100	100	100	100
	平均	100 \pm 0	100 \pm 0	100 \pm 0	100 \pm 0	100 \pm 0	100 \pm 0
油 劑	4A	100	100	100	100	100	100
	4B	100	100	100	100	100	100
	4C	100	100	100	100	100	100
	4D	100	100	100	100	100	100
	4E	100	100	100	100	100	100
	平均	100 \pm 0	100 \pm 0	100 \pm 0	100 \pm 0	100 \pm 0	100 \pm 0
超 低 容量劑	5A	100	100	100	100	95.8	90.3
	5B	100	100	100	100	100	100
	平均	100 \pm 0	100 \pm 0	100 \pm 0	100 \pm 0	97.9 \pm 2.1	95.2 \pm 4.9

備註：

1.校正死亡率=(實驗組死亡率-對照組死亡率) \div (1-對照組死亡率)。

2.二流體噴嘴口徑

(二) 擊昏時間

依擊昏時間長短，可分為三段，若半數擊昏時間(KT50)小於 5 分鐘者表示速效甚佳，其次為 10 分鐘以內，而超過 10 分鐘者則可視為無速效性。

由表四中可見，液、乳劑殺蟲劑以各口徑噴嘴施噴時，其速效表現皆佳，平均在 10 分鐘之內即可擊昏半數以上的埃及斑蚊。以各口

徑噴嘴施噴懸浮劑殺蟲劑時，發現無論口徑大小，其皆不具速效性（>15 分鐘）。至於油性殺蟲劑則速效表現最佳，無論以何種口徑噴嘴施噴，其半數擊昏時間平均皆小於 5 分鐘。超低容量劑殺蟲劑之速效表現亦佳，在各口徑噴嘴施噴下之 KT50 平均皆小於 10 分鐘。因此，懸浮劑僅適用於殘效噴灑，而油劑用於空間噴灑的效果最好。

表四、二十二種殺蟲劑對台南品系埃及斑蚊之擊昏情形¹

劑 型	藥劑代號	14.3μm ²	26.7μm	46.0μm	57.4μm	73.6μm	80.8μm
乳 劑	1A	15.4	7.8	12.8	13.9	4.7	6.2
	1B	6.7	5.4	7	6.6	6.6	5.1
	1C	8.6	4.7	11.3	8.6	6.9	4.3
	1D	10.5	5.8	9	7.6	4.9	3.4
	1E	5.1	2.7	5.3	5.1	5.1	2.3
	1F	16.4	7.8	11	12	12.9	8.1
	平均	10.5±4.2bB	5.7±1.8 aA	9.4±2.6 aB	9.0±3.1 bB	6.9±2.8 bAB	4.9±1.9 bA
液 劑	2A	8	7.1	9	9.9	8.3	6.5
	2B	7.4	7.1	6.4	6	5.4	5.1
	2C	7.6	4.9	7.6	9	6.8	4
	2D	10	7.2	7.9	8.5	10.5	10.2
	2E	7.4	4	5.3	4	5.1	4.1
	2F	13.8	11.4	13	16.4	13.4	10.2
	2G	2.7	1.4	2.3	2.7	2.4	1.7
平均	8.1±3.0 b	6.2±2.9 a	7.4±3.0 a	8.1±4.2 b	7.4±3.4 b	6.0±3.0 b	
懸浮劑	3A	37.4	22.4	37.7	27.3	24.4	22.6
	3B	38.3	14.8	26.9	25.1	12.3	11.5
	平均	37.9±0.5 cC	18.6±3.8 bA	32.3±5.4 bC	26.2±1.1 cAB	18.4±6.1 bA	17.1±5.6 bA
油 劑	4A	2.9	2.7	3.2	2	1.9	2.3
	4B	6.8	3.2	4.5	5.4	4.6	3.7
	4C	2.4	1.4	1.6	1.9	1.4	1.7
	4D	1.7	1.5	1.6	1.5	1.6	1.3
	4E	3.3	2.4	2.6	2.7	3	2.5
	平均	3.4±1.8 a	2.2±0.7 a	2.7±1.1a	2.7±1.4 a	2.5±1.2 a	2.3±0.8 a
超 低 容 量 劑	5A	4.8	2.7	3.9	3.3	2.1	2.3
	5B	11.4	9.1	8.7	15.7	15.9	12.8
	平均	8.1±3.3b	5.9±3.2 a	6.3±2.4 a	5.9±6.2 b	9.0±6.9 b	7.6±5.3 b

備註：

- 1.半數擊昏時間（KT50）依 Finney（1971）Probit Analysis 計算。（單位：分鐘）。
- 2.二流體噴嘴口徑
- 3.同行（列）中,不同英文字母（a,A）表示具有顯著性差異（P<0.05）。

討論

一、二流體噴嘴粒徑測定

本試驗係使用影像分析原理的粒徑分析儀來測定噴霧粒徑，結果顯示，各噴嘴口徑之原廠標示值較接近於算術平均值，可推測其係使用雷射粒徑測定方法而得；但粒徑測定參數中，體積中量值較算術平均值更能表示各粒子之粒徑大小與分析情形〔2〕，故而以體積中量值標示各噴嘴之口徑大小，應較為適當。

雖然，施噴不同溶液時之噴霧粒徑會因其質量、密度、黏稠度等不同而有所差異〔8〕；但二流體噴嘴粒徑測定係使用無油式空壓機於固定壓力（20psi）下將各劑型殺蟲劑依推薦用量稀釋數十倍至百倍後，經由金屬噴嘴噴出，由於其有效成份濃度極微且孔徑細緻為黃銅製造，故而與施噴純水時之差異不明顯，可予忽略，因此噴嘴口徑純水測定結果可類比至各殺蟲劑施噴情形。

二、藥效試驗

以 ANOVA 分別分析在不同劑型及不同口徑之間，各殺蟲劑對台南品系埃及斑蚊的致死率，結果顯示並無顯著性差異（ $P < 0.05$ ）。可見無論以何種類型噴霧機施噴 22 種殺蟲劑時，皆對台南品系埃及斑蚊具防治效果。至於藥劑擊昏蚊蟲之速效情形，依 ANOVA 分析顯示，各口徑噴嘴施噴不同殺蟲劑時，各劑型間有顯著差異（ $P < 0.05$ ）。乳劑及懸浮劑型以 $14.3 \mu\text{m}$ 口徑噴嘴施噴時，其對埃及斑蚊的擊昏時間甚長，此或因小口徑噴嘴（ $14.3 \mu\text{m}$ ）其噴霧粒子微小，致粒子沉降速度緩慢〔9,10,11〕，故而在噴藥塔試驗中，未能於測試時間內完全沉降至玻璃缸中，造成藥劑無法快速觸及蚊蟲〔12〕，因此速效情形不如預期；使用 $26.7 \mu\text{m}$ 口徑噴嘴施噴藥劑時，其 KT50 數值反較 $14.3 \mu\text{m}$ 口徑噴嘴時小，但其後則隨口徑之增大而 KT50 數值減少，其因或為口徑越大，噴出之顆粒越大〔13,14〕，導致藥霧迅速通過玻璃筒下降至

玻璃缸，進而快速擊殺活動空間已經受限之蚊蟲；但 $26.7 \mu\text{m}$ 口徑則因噴霧粒子大小適中，易漂浮於空間，故而 KT50 數值降低。同時，懸浮劑由於其製備原理係將有效成份包覆，使其不受環境影響，導致顆粒加大不適空間飄落，造成 KT50 數值增加，而殘效噴灑動作與噴藥塔試驗雷同係自上向下噴灑，故懸浮劑及乳劑對埃及埃及斑蚊不具速效性，僅適用於殘效噴灑使用。

液劑、油劑與超低容量劑對埃及斑蚊的擊昏效果皆不受口徑的大小影響，均在 10 分鐘內即可擊昏蚊蟲，尤其以 $26.7 \mu\text{m}$ 口徑噴嘴表現較佳。或許是因液劑、油劑與超低容量劑易受環境（溫、濕度）影響而揮發成小顆粒藥霧，故適用於空間噴灑。所以，在防疫現場，應使用顆粒直徑介於 20 至 $50 \mu\text{m}$ 之間的藥劑，以增加空間漂移效應，達到空間噴灑目的。

此外，近年來在南部地區所進行的緊急噴藥藥效評估報告指出，由於防疫人員的噴灑技術未臻成熟，導致殺蟲效果不彰；同一家戶（區塊）反覆多次噴藥，招致民眾反彈、干擾民生；甚至劑量使用不當、噴霧機具性能良莠不齊及使用保養不當，將造成病媒蚊產生抗藥性、環境污染等後果〔15,16〕。另亦證實縱使該地區之蚊蟲已有抗藥性的情形產生，仍可藉由正確落實的噴灑技術而提高防治成效〔17,18〕，故應確立各型噴霧機具與各種殺蟲藥劑之最佳噴灑組合，建立正確有效的噴灑技術，提升防疫人員噴灑技能，俾能以精準科學的方法實施化學防治。

參考文獻

1. WHO. Library Cataloguing in publication data equipment for vector control. Third Edition Geneva World Health organization 1990; 225pp.
2. WHO. Space spray application of insecticides for vector and public health pest control-A practitioner's guide 2003; WHOPES: 43pp.
3. Li YJ. Contrast experiment on the drop size and spatial distribution of ultra-low volume ground spray with three pesticides. Forest Pest and Disease

- 2002; 21: 31-2 (in Chinese).
4. Himel CM. The optimum size for insecticide spray droplets. *J Econ. Ent.* 1969; 62: 919-25.
 5. Hwang JS. Sprayer operation and selection. *TPPCO* 2004; 6: 85-99 (in Chinese).
 6. Yan FG, Liang GJ. The influential factor of aerosol insecticide efficacy. *Aero. Com.* 2001; 3: 9-14 (in Chinese).
 7. Wu HH, Chang NT. Comparison on food ingestion of *Aedes aegypti*(L.) and *Aedes albopictus*(Skuse). *Chinese J Entomol* 1990; 10: 433-42 (in Chinese).
 8. Tang BM, Lin GW, Gao CY, et al. Study on two-phase flow spraying technique. *Transa. Chinese Soc Agric Eng* 2001; 17: 59-62 (in Chinese).
 9. Lin SC, Cui XM, Ren H, et al. Techniques of ULV spray of DCPV oil miscible liquid in the forest. *Forest Pest And Disease* 2005; 24: 33-5 (in Chinese).
 10. Cui AY, Zhou GP. The relationship between insecticide droplet size and control efficiency. *Chinese J Pest Con* 1992; 8: 47-8 (in Chinese).
 11. Kang XM. Review of aerosol insecticide dissolvent. *Chinese J Vector Bio Con* 1997; 8: 477-8 (in Chinese).
 12. Franklin RH, Richard JM. Effects of droplet size on the topical toxicity of two parathyroid to the cabbage looper. *Crop Protection* 1994; 13: 225-9.
 13. Brown JR, Williams DC, Gwinn T, et al. Filt-gun sprayer characteristics. *Pan Am J Public Health* 1998; 3: 322-5.
 14. Curtis GA, Beidler EJ. Influence of ground ULV droplet spectra on adulticide efficacy for *Aedes taeniorhynchus*. *J Amer Mosquito Control Assoc* 1996; 12: 368-710.
 15. Hsia WT. Sprayers of vector Control. *Proce Envir Age Tech Vector Con* 2006;

107-20 (in Chinese).

16. Hsia WT. Spray technology and efficacy assessment of Vector control. Sympo Sani Dengue 2007; 64-72(in Chinese).
17. Hsia WT, Lin EW, Pan CY. Bioassay of Pirimiphos-methyl 25% W/W (Actellic E.C.) to *Aedes aegypti*(L.). Chinese Pest Con Assoc News 2007; 88: 1-4 (in Chinese).
18. Hsia WT, Chan CS, Pan CY, et al. Evaluation of the efficacy of dengue emergent control at Kaohsiung City, Taiwan, 2006. Taiwan Epidemiol Bull 2008; 24: 22-37 (in Chinese).