



# Formosan Entomologist

Journal Homepage: [entsocjournal.yabee.com.tw](http://entsocjournal.yabee.com.tw)

## The Influence of Sprayers and Formulations on Insecticide Droplet Subsidence **【Research report】**

### 不同噴藥器材及環藥劑型對藥粒沉降的影響 **【研究報告】**

Wei-Tai Hsia\*, Ping-Fuai Wu, Cheo Lin, and Yi-Chieh Yang  
夏維泰\*、吳炳輝、楊依潔、林巧

\*通訊作者E-mail: [hsia@cdc.gov.tw](mailto:hsia@cdc.gov.tw)

Received: 2009/10/06 Accepted: 2009/12/15 Available online: 2010/03/01

### Abstract

The objective of this research was to study the influence of sprayers and formulations on insecticide droplet subsidence. The correct combinations of sprayer type and insecticide formulation were investigated to determine the safe re-entry time for the residents. Different formulations of cypermethrin (e.g. Liquid, Emulsion, ULV and Oil) were sprayed, using three types of sprayer (knapsack-motorized mistblower, ULV and fogger) to conduct the experiments. The droplet parameters (size and quantity) were measured with Sizing Master (LaVision Inc.). The time fluctuations were also recorded. The results showed that the knapsack-motorized mistblower could be filled with any kind of insecticide formulations. Both the initial and the final average quantity and size of the droplets were large, so they descended within 2-3 minutes and the preferred nozzle position was facing downward for creating the residue spray. Only water-soluble insecticides are suitable for ULV. Both the droplet quantity and size measured in the upper space of the enclosure were larger than in the lower space. Consequently, the nozzle should be adjusted 15-30° upward to spray an enclosure. A fogger using oil-soluble insecticide was found to be the best combination for a space spray. The droplets are tiny, uniform and evenly dispersed, remaining suspended in the air for 2-3 hours. When conducting a space spray in a residence for dengue vector control, the threshold time for safe re-entry was determined to be 3.5 hours after the spraying of insecticide, to ensure the health of the public.

### 摘要

本研究目的在探討各型噴霧機施噴各劑型環藥之藥粒霧化及其隨時間推移在空間中沉降變化的情形，以確認噴霧機型與環藥劑型之最佳噴灑組合及各型噴霧機最適噴灑方式與噴藥後民眾返家入內安全臨界時間。以粒徑分析儀在不同高度處 (2.2、0.5 公尺) 分別量測動力式噴霧機、超低容量機及煙霧機施噴含有相同有效成分 (賽滅寧) 但劑型不同 (液劑、乳劑、油劑及超低容量劑) 的特殊環藥之各項噴霧粒徑參數 (平均粒徑、粒子數目等) 及其隨時間變化的情形。結果發現：環藥各劑型皆可用於動力式噴霧機，其在開始噴灑瞬間所噴出的粒子直徑與數目皆較大，故在噴出後 2~3 分鐘內即完全沉降地面，因此噴頭宜向下以實施殘效噴灑。超低容量機適合施噴水性藥劑，噴灑開始瞬間之粒徑與數目在噴霧範圍內之高處皆大於低處者，故噴頭宜上仰 15~30° 以實施空間噴灑。煙霧機施噴油劑為最佳之空間噴灑組合，其噴霧粒子微細、均勻分布且能長時 (2~3 小時) 飄浮於空氣中，因此吾人只須立於房門外向內噴灑，即可使藥粒自然擴散、充份瀰漫於空間中。由於噴藥人員不需踏入室內噴灑，不但可降低其因長期曝露於藥霧中所導致之中毒機率，亦可避免其與住戶之衝突、消弭民怨。於家戶內實施空間噴灑時，由於噴霧藥粒最長需 3 小時左右始能完全沉降地面，故為維護民眾身體健康，建議民眾最好於噴藥後 3.5 小時再行返家入內較為安全，如此既可使藥劑充份瀰漫空間，達到全面撲殺病媒之目的，亦可減少干擾民眾生活起居、進而保障國人身體健康。

**Key words:** droplet sizing, subsidence, vector control, space spray

**關鍵詞:** 粒徑分析、沉降、病媒防治、空間噴灑。

Full Text: [PDF \(0.6 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

## 不同噴藥器材及環藥劑型對藥粒沉降的影響

夏維泰\*、吳炳輝、楊依潔、林巧

行政院衛生署疾病管制局 10050 台北市中正區林森南路 6 號

### 摘要

本研究目的在探討各型噴霧機施噴各劑型環藥之藥粒霧化及其隨時間推移在空間中沉降變化的情形，以確認噴霧機型與環藥劑型之最佳噴灑組合及各型噴霧機最適噴灑方式與噴藥後民眾返家入內安全臨界時間。以粒徑分析儀在不同高度處 (2.2、0.5 公尺) 分別量測動力式噴霧機、超低容量機及煙霧機施噴含有相同有效成分 (賽滅寧) 但劑型不同 (液劑、乳劑、油劑及超低容量劑) 的特殊環藥之各項噴霧粒徑參數 (平均粒徑、粒子數目等) 及其隨時間變化的情形。結果發現：環藥各劑型皆可用於動力式噴霧機，其在開始噴灑瞬間所噴出的粒子直徑與數目皆較大，故在噴出後 2~3 分鐘內即完全沉降地面，因此噴頭宜向下以實施殘效噴灑。超低容量機適合施噴水性藥劑，噴灑開始瞬間之粒徑與數目在噴霧範圍內之高處皆大於低處者，故噴頭宜上仰 15~30° 以實施空間噴灑。煙霧機施噴油劑為最佳之空間噴灑組合，其噴霧粒子微細、均勻分布且能長時 (2~3 小時) 飄浮於空氣中，因此吾人只須立於房門外向內噴灑，即可使藥粒自然擴散、充份瀰漫於空間中。由於噴藥人員不需踏入室內噴灑，不但可降低其因長期曝露於藥霧中所導致之中毒機率，亦可避免其與住戶之衝突、消弭民怨。於家戶內實施空間噴灑時，由於噴霧藥粒最長需 3 小時左右始能完全沉降地面，故為維護民眾身體健康，建議民眾最好於噴藥後 3.5 小時再行返家入內較為安全，如此既可使藥劑充份瀰漫空間，達到全面撲殺病媒之目的，亦可減少干擾民眾生活起居、進而保障國人身體健康。

**關鍵詞：**粒徑分析、沉降、病媒防治、空間噴灑。

### 前言

登革熱為台灣南部地區經常發生之蟲媒

傳染病，雖然政府平日衛教宣導，總不忘提醒民眾孳生源清除的重要，但只要一有病例發生，懼於民眾、輿情的壓力，必須立即消滅帶

\*論文聯繫人  
Corresponding email: hsia@cdc.gov.tw

病毒之成蚊，最後仍不免於實施大規模噴藥工作，希冀一噴奏效 (Hsia *et al.*, 2008a)。然而，一個成功的化學防治作業，必須仰賴有效的環境衛生用藥、霧化效能穩定的噴霧機具及噴灑技能嫺熟的防疫人員等三個因素的完美整合始能畢竟全功。

目前病媒防治業者執行大規模噴藥作業時，其噴灑方式乃由上而下、由內而外、由隱匿處至空曠處，如此噴藥人員不但進入民眾家中甚至必須踏進各房間實施噴灑，此舉不僅容易污損地面、傢俱甚且妨礙隱私，每每造成民眾強烈的反彈甚至與防疫人員的口角爭執；噴藥人員為徹底執行任務，亦往往身處藥霧瀰漫之中而造成健康威脅。雖然，空間噴灑的目的在於產生微細的藥粒，以增加其穿透性及懸浮性 (Pang *et al.*, 2005; Song *et al.*, 2007)，使藥粒均勻分布於廣大空間內，節省噴灑時間及人力；同時藥粒變小，藥霧密度增加，不但可提高防治成效，更由於施藥量相對減少致降低防治成本及風險 (Anonymous, 2003)。然而，這些微粒可經由呼吸道吸入而直接入侵呼吸系統，甚至會直接沉積於肺泡、氣管甚至肺部而引起過敏性鼻炎、氣喘、慢性阻塞性肺疾等疾病 (Colbeck, 1998)。

環境衛生用藥依其有效成分一般可分為有機磷、合成除蟲菊及氨基甲酸鹽殺蟲劑等三類。其中合成除蟲菊對害蟲的擊昏及致死效果較佳、安全性及民眾接受度較高，故常用於蟲媒傳染病疫情緊急防治施藥作業上。同時學者曾抽樣訪問調查高雄市居家病媒防治之殺蟲劑使用情形，發現一般家戶多使用合成除蟲菊類殺蟲劑 (Pai, 1997)。近年來研究發現不同種類之合成除蟲菊其毒性也有顯著的不同 (Schetten *et al.*, 2002)，某些除蟲菊精成份對動物有致癌 (Shukla *et al.*, 2002) 與潛在基因毒性的風險 (Chauhan *et al.*, 1997)，急性

中毒會有嘔吐、運動失調或癱瘓等現象，嚴重時甚至會導致死亡 (Leng *et al.*, 1996)。因此選擇合成除蟲菊類殺蟲劑進行本次研究。

根據現場觀察發現，噴藥後三十分鐘屋內仍然充滿藥霧，此時民眾若貿然進入屋內開啓門窗通風，或許會對身體健康產生不良影響。為了兼顧藥劑在空間中的長時瀰漫效應進而達到良好的防治成效以及避免噴藥人員因深陷藥霧瀰漫的空間中與民眾由於過早進入噴藥範圍內致吸入藥粒而中毒受害等因素，對於各類型噴霧機施噴各劑型藥劑時，其噴霧藥粒大小、沉降情形及噴灑技術與最佳噴灑組合 (機型+劑型) 等實有必要加以研究探討，以提供噴藥時之參考，企盼不但可以提升防疫人員的空間噴灑技術與個人防護裝備的完備，更可確認民眾於噴藥後返家入內的安全臨界時間，以維護國人健康、保障生命財產安全並減少民眾對防疫工作的反彈與對政府的怨懟。

## 材料與方法

### 一、噴霧機具的選用

噴霧機一般可分為手壓式噴霧機、動力式噴霧機、煙霧機及超低容量機等四類型。選擇流量穩定 ( $CV < 5$ )、霧化效能較佳 ( $Span < 2$ ,  $DR \approx 1$ ) (Prokop and Kejklíček, 2002; Hsia *et al.*, 2009) 且常被使用於登革熱化學防治噴藥作業之動力式噴霧機：SOLO 423 (擴散噴頭，粒徑調節鈕第四段，5 馬力)，煙霧機：puls Fog k10 (噴頭口徑  $0.8 \mu m$ ，最大流量，24.1 馬力) 及超低容量機：Dynafog 2794 (最大流量，110 V) 等三台噴霧機及其最佳霧化組合，進行噴霧藥粒在空間中的垂直沉降試驗。

各噴霧機具於試驗前，須先檢查各部零組件並分別添加適量的燃油與受測環藥後進行

試噴作業，使輸藥管中確實充滿藥劑，以確保施噴藥量無誤。試驗完畢，以清水清洗後，再放置於陰涼通風處備用。

## 二、環境衛生用藥的選用

自行政院環境保護署核准的合成除蟲菊 25 種有效成分中，選擇台灣南部地區登革熱緊急防治時較常使用且皆含有賽滅寧 (cypermethrin) 有效成分之四個環藥商品：乳劑 (正百寧 5% 乳劑, 5%, 160 X)、液劑 (加力寶水性液劑, 10%, 100 X)、油劑 (淨百蟲, 1%, 400 X)、超低容量劑 (勝百寧 1% 超低容量劑, 1%, 不稀釋) 進行噴霧藥粒垂直沉降試驗。各受測環藥商品於試驗前，分別依行政院環保署推薦之濃度及方法以水或煤油稀釋備用。

## 三、粒徑測定與分析

粒徑分析室平日保持潔淨，於實驗前後皆以丙酮拭淨四周牆面及步進軌道，再分別進行抽氣作業 30 分鐘，既將化學氣體排出且又可避免空氣雜質干擾量測結果。測定期間室內保持密閉、黑暗狀態，溫度維持  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ，相對濕度  $60 \pm 5\%$ 。

粒徑分析儀 (Sizing Master, LaVision Inc.) (Hsia and Lin, 2008) 置於壓克力箱中避免化學藥劑污染且每日校正乙次。試驗前後皆以丙酮拭淨壓克力保護箱，先以吹球清除鏡頭前方壓克力箱上平光透鏡之灰塵，再以拭鏡紙沾取丙酮擦拭鏡頭平光透鏡並隨時保持潔淨。

將各台噴霧機分別置於距離地面 145 公分高處，以噴頭仰角  $30^\circ$ 、噴霧時間 2 分鐘方式，分別施噴含賽滅寧 (cypermethrin) 成分之四種不同劑型環藥商品。同時以粒徑分析儀自噴灑開始瞬間至噴霧藥粒完全消逝期

間，以每分鐘拍攝 1 張相片 (0.6 平方公分) 的方式，分別量測距離噴頭 3 公尺遠 (一般房間深度)、高度分別為 0.5 (人體小腿易受蚊叮處) 及 2.2 公尺 (考量身高最高者) 處之粒徑參數，每試驗重複三次。依單位面積 (0.6 平方公分) 內之粒子數目與平均粒徑 (DV50)，分析比較機具型式與環藥劑型對噴灑方式的影響。另依不同高度處測得之粒子數目與平均粒徑隨時間變化的情形及各項粒徑參數 (Skinner, 2000; Dong *et al.*, 2004; Raadnui, 2005; Nuyttens *et al.*, 2007)，評估最適合空間噴灑的機具型式、環藥劑型與粒子大小。

## 結 果

### 一、單位面積內藥粒數目隨時間變化之情形

#### (一) 噴霧高度的影響

將各型噴霧機施噴相同有效成分 (cypermethrin) 不同劑型環藥在不同高度 (2.2、0.5 公尺) 處測得之單位面積 (0.6 平方公分) 內噴霧粒子數目隨時間變化的情形繪於圖一。由圖中可見，各型噴霧機無論施噴何種劑型環藥，在不同高度處量測之藥粒數目皆會隨時間的推移而遞減。圖一 A 顯示超低容量機無論施噴何種劑型環藥，在噴灑開始瞬間即可測得藥粒出現，隨後 25 分鐘內藥粒數目快速減少，其後速率趨緩至 1.5 小時左右則迅速消逝。圖一 B 則顯示煙霧機施噴各劑型環藥，在噴灑後瞬間即有粒子出現，其後 15 分鐘內快速減少，接著緩慢減少至 30 分鐘後保持穩定，至 1.5~2 小時後則迅速消逝。圖一 C 之動力式噴霧機，其粒子數目在噴出瞬間即隨時間推演而急遽減少並於 3 分鐘內完全消逝。結果顯示各型噴霧機於噴灑開始瞬間，在 3 公尺遠處之 2.2 與 0.5 公尺的二個高處皆可立即測得噴霧粒子，可見在距離噴頭 3 公

尺處，各型噴霧機之噴霧範圍直徑應大於 1.7 公尺 (2.2 減 0.5)。同時噴灑開始瞬間，超低容量機施噴各劑型環藥在 2.2 公尺高處測得之藥粒數目皆明顯多於 0.5 公尺處，足見其噴霧範圍係以噴頭仰角為中心線向周圍擴散；而動力式噴霧機則相反，2.2 公尺高處之粒子數目明顯少於 0.5 公尺處者，顯示其藥粒噴出後即迅速沉降。煙霧機則為不同高度處之粒子數目相近，可見其噴霧粒子擴散不受噴頭角度影響 (表一)。此外，超低容量機與煙霧機施噴不同劑型環藥的噴霧粒子消逝時間在不同高度處均有顯著差異 ( $p < 0.05$ )，2.2 公尺高處皆短於 0.5 公尺處者，可見此二機型之噴霧粒子能長期懸浮空中，適合空間噴灑；而動力式噴霧機者則在 3 分鐘內即完全沉降，故僅適用於殘效噴灑方式。

## (二) 環藥劑型的影響

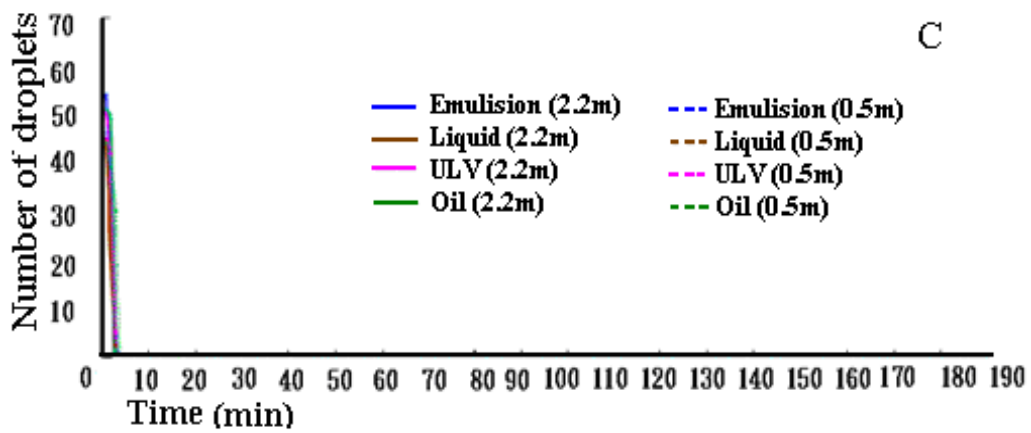
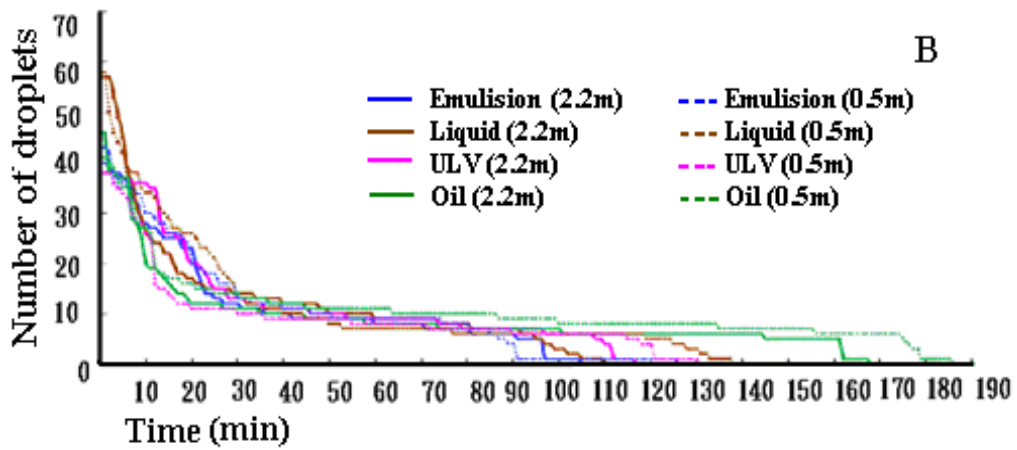
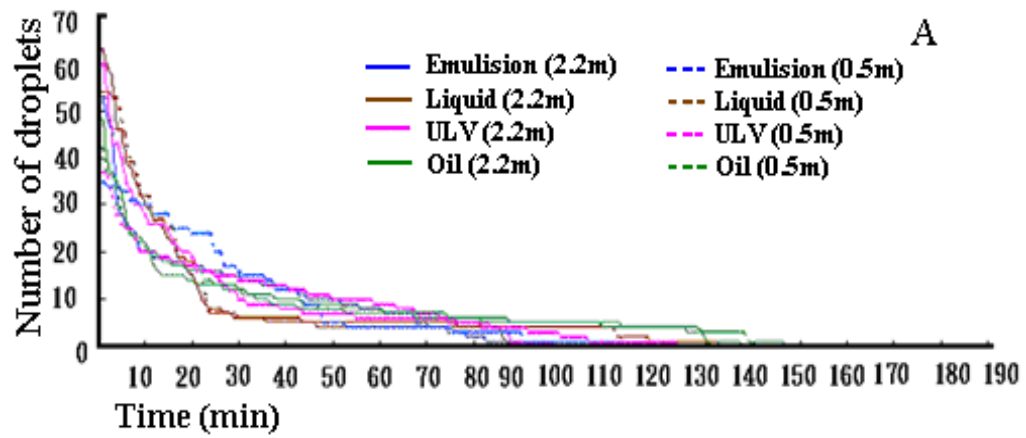
超低容量機施噴環藥時，在不同高度處測得各劑型環藥噴霧粒子數目隨時間的推演而減少的趨勢皆類似，但粒子完全消逝的時間會有所不同 (圖一 A)。施噴乳劑時，於噴灑後 10 分鐘內粒子數目皆快速減少，其後至 50 分鐘內皆緩慢遞減，接著保持相當的數目至完全消逝為止；在 2.2 公尺處消逝時間為 91 分鐘，0.5 公尺處則為 112 分鐘。施噴液劑時，噴藥後 20 分鐘內，粒子數目皆快速減少，其後即保持穩定至完全消逝為止；在 2.2 公尺處之消逝時間為 93 分鐘，0.5 公尺處則為 133 分鐘。施噴油劑時，前 10 分鐘內粒子數目皆快速減少接著緩慢遞減至完全消逝為止；在 2.2 公尺處之消逝時間為 139 分鐘，0.5 公尺處則為 148 分鐘。將煙霧機之噴霧粒子數目隨時間變化情形繪於圖一 B。結果顯示，煙霧機無論施噴何種劑型環藥，其噴霧粒子數目在不同高度處的遞減趨勢皆相似，前段均在 30 分鐘內急遽減少，其後則保持穩定達

2 小時左右至最後迅速消逝為止。各種劑型環藥粒子消逝時間在不同高度處，除油劑最長分別達 187 及 169 分鐘外，其餘劑型皆約為 2 小時。圖一 C 則顯示動力式噴霧機無論施噴何種劑型環藥，在不同高度處皆無顯著差異 ( $p > 0.05$ )，其噴霧粒子的數目在噴灑開始瞬間即急遽減少至消逝為止，時間僅為 3 分鐘 (表一)。表一顯示，超低容量機施噴各劑型環藥時，無論在 2.2 或 0.5 公尺高處量測，噴灑瞬間單位面積內之藥粒數目皆以液劑、超低容量劑最多，乳劑次之，油劑最少。煙霧機在不同高度處測得之噴霧粒子數目以液劑最多，其餘劑型則相近。動力式噴霧機則在不同高度處測得之藥粒數目在各劑型間無顯著差異 ( $p > 0.05$ )。可見超低容量機較適合使用水性藥劑，動力式噴霧機與煙霧機則可適用於各種劑型環藥。

## 二、單位面積內藥粒平均粒徑隨時間變化之情形

### (一) 噴霧高度的影響

表二顯示，開始噴灑瞬間在不同高度處所測得單位面積內之噴霧平均粒徑，除了煙霧機沒有顯著差異外，超低容量機與動力式噴霧機幾乎皆有顯著差異 ( $t < 0.05$ )。一般而言，0.5 公尺高處所測得之噴霧平均粒徑皆大於 2.2 公尺者。在粒子完全消逝前，最後測得各型噴霧機之噴霧平均粒徑在不同高度處皆無顯著差異 ( $p > 0.05$ )。圖二顯示，超低容量機與煙霧機無論施噴何種劑型環藥，其噴霧平均粒徑在不同高度處隨時間推演而變化之情形大致相似，皆為前 5~10 分鐘內之藥粒快速變小，其後則保持穩定達 2 小時左右，通常 0.5 公尺高處較 2.2 公尺高處之時間為長，而後迅速消逝。動力式噴霧機則自噴灑開始瞬間，噴霧粒徑即直線下降變小，短時間 (2~3 分



圖一 不同劑型環藥之噴霧粒子數目隨時間變化情形。A、超低容量機；B、煙霧機；C、動力式噴霧機。  
 Fig. 1. The number of different kinds of insecticide droplets fluctuate with time. A. ULV, B. Fog, and C. Knapsack-motorized mistblower.

表一 含賽滅寧成份不同劑型環藥之噴霧粒子數目<sup>1)</sup>及消逝時間<sup>2)</sup>

Table 1. The initial number<sup>1)</sup> and the time to disappear<sup>2)</sup> of droplets for the different kinds of cypermethrin formulation

Spray type	ULV				FOG				Knapsack-motorized mistblower			
	Initial number of droplets		Time to disappear		Initial number of droplets		Time to disappear		Initial number of droplets		Time to disappear	
Height <sup>3)</sup>												
Formulation	0.5	2.2	0.5	2.2	0.5	2.2	0.5	2.2	0.5	2.2	0.5	2.2
Emulsion	35 ± 2.8 <sup>4)</sup> b	53 ± 4.2 <sup>5)</sup> ab	112 ± 8.9 <sup>5)</sup>	91 ± 7.2b	43 ± 3.4b	40 ± 3.2b	126 ± 10.0 <sup>5)</sup> b	106 ± 8.4b	54 ± 4.3 <sup>5)</sup>	46 ± 3.6	3 ± 0.2	2 ± 0.2
Liquid	54 ± 4.3 <sup>5)</sup> a	63 ± 5.0a	133 ± 10.5 <sup>5)</sup>	93 ± 7.4b	58 ± 4.6a	57 ± 4.5a	138 ± 10.9 <sup>5)</sup> b	111 ± 8.8b	45 ± 3.6	43 ± 3.4	3 ± 0.2	2 ± 0.2
Oil	42 ± 3.3 <sup>5)</sup> b	48 ± 3.8b	148 ± 11.7 <sup>5)</sup>	139 ± 11.0a	38 ± 3.0b	38 ± 3.0b	187 ± 14.8 <sup>5)</sup> a	169 ± 13.4a	51 ± 4.0 <sup>5)</sup>	45 ± 3.6	3 ± 0.2	2 ± 0.2
ULV	37 ± 2.9 <sup>5)</sup> b	60 ± 4.7ab	124 ± 9.8 <sup>5)</sup>	100 ± 7.9b	41 ± 3.2b	46 ± 3.6b	131 ± 10.4 <sup>5)</sup> b	118 ± 9.3b	51 ± 4.0 <sup>5)</sup>	44 ± 3.5	3 ± 0.2	2 ± 0.2

<sup>1)</sup> initial number of droplets per 0.6 cm<sup>2</sup> measured by Sizing Master.

<sup>2)</sup> time for droplet subsidence to disappear measured by Sizing Master (min).

<sup>3)</sup> distance from measuring point to ground (m).

<sup>4)</sup> \*shows significant difference ( $t < 0.05$ ) between each other.

<sup>5)</sup> Different letter shows significant difference ( $p < 0.05$ ) in the same line.

表二 不同劑型環藥<sup>1)</sup>之噴霧粒徑 (DV50)

Table 2. The initial and final diameter (DV50) of the different kinds of insecticide<sup>1)</sup> droplets

Spray type	ULV				FOG				Knapsack-motorized mistblower			
	Initial droplet diameter		Final droplet diameter		Initial droplet diameter		Final droplet diameter		Initial droplet diameter		Final droplet diameter	
Height <sup>2)</sup>												
Formulation	0.5	2.2	0.5	2.2	0.5	2.2	0.5	2.2	0.5	2.2	0.5	2.2
Emulsion	53.0 ± 4.2	52.3 ± 2.5 <sup>3)</sup> a	34.4 ± 2.7a	32.1 ± 2.5a	37.9 ± 3.0ab	36.7 ± 2.9a	24.2 ± 1.9b	24.9 ± 2.0a	99.2 ± 7.8 <sup>3)</sup> a	69.1 ± 5.5	33.2 ± 2.6	62.3 ± 4.9a
Liquid	66.2 ± 5.2 <sup>3)</sup> b	41.5 ± 2.6ab	26.7 ± 2.1b	32.6 ± 2.6a	31.7 ± 2.5b	28.2 ± 2.2b	19.1 ± 1.5b	19.7 ± 1.6ab	79.0 ± 6.2ab	79.6 ± 6.3	41.6 ± 3.3	23.1 ± 1.8c
Oil	63.5 ± 5.0 <sup>3)</sup>	37.6 ± 1.6b	20.4 ± 1.6b	20.7 ± 1.6b	29.9 ± 2.4b	28.5 ± 2.3b	18.3 ± 1.4b	17.9 ± 1.4b	68.2 ± 5.4 <sup>3)</sup> b	81.6 ± 6.5	35.2 ± 2.8	53.1 ± 4.2a
ULV	54.8 ± 4.3 <sup>3)</sup>	40.3 ± 2.2b	21.9 ± 1.7b	28.0 ± 2.2ab	47.0 ± 3.7 <sup>3)</sup> a	30.6 ± 2.4b	31.0 ± 2.5 <sup>3)</sup> a	18.1 ± 1.4b	84.3 ± 6.7 <sup>3)</sup> ab	62.7 ± 5.0	35.9 ± 2.8	39.1 ± 3.1b

<sup>1)</sup> cypermethrin

<sup>2)</sup> distance from measuring point to ground (m).

<sup>3)</sup> \*shows significant difference ( $t < 0.05$ ) between each other.

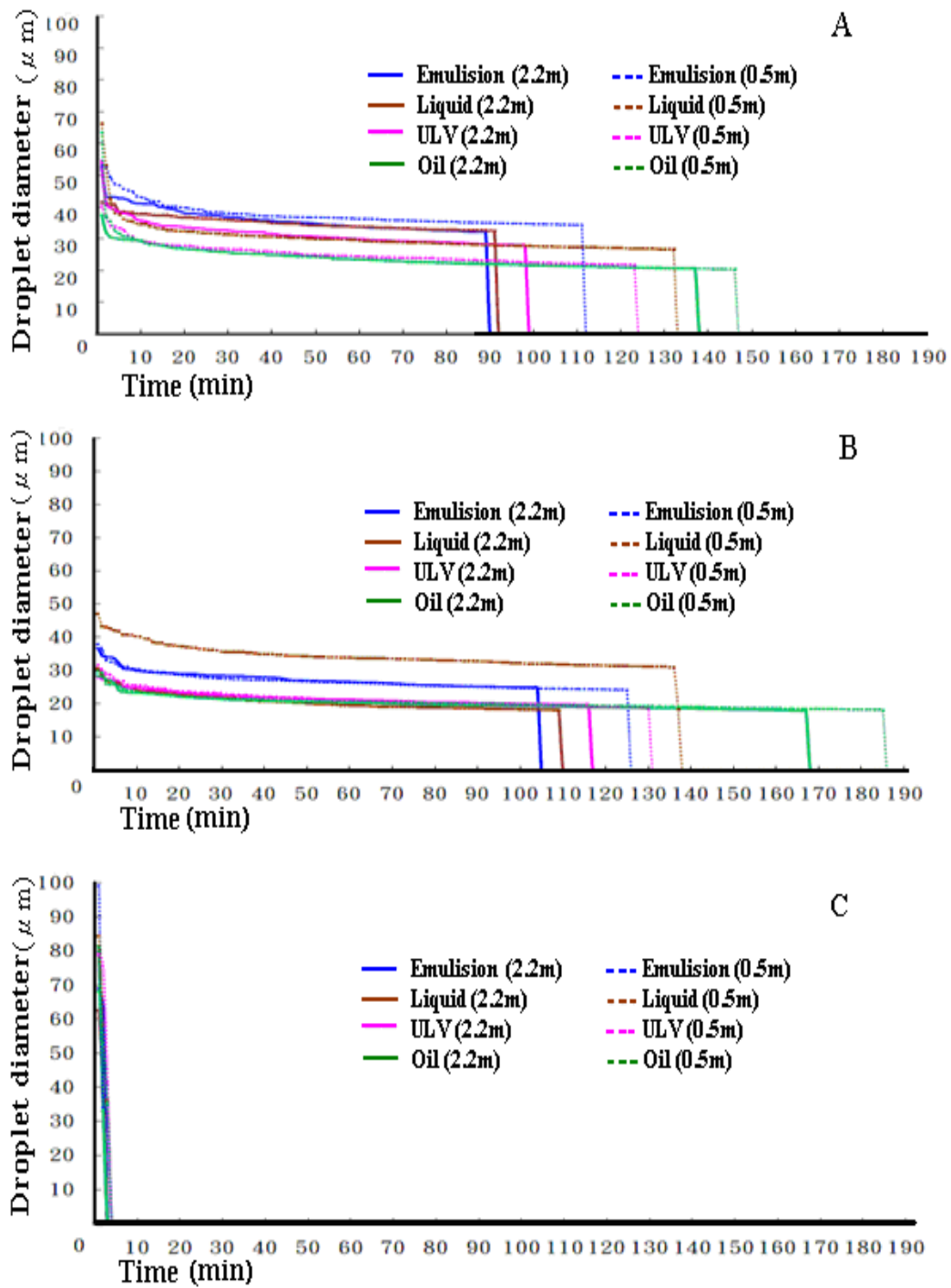
<sup>4)</sup> Different letters shows significant difference ( $p < 0.05$ ) in the same line.

鐘)內即消逝為0。

## (二) 環藥劑型的影響

由圖二中可見，在不同高度處測得各型噴霧機之噴霧平均粒徑在各劑型環藥間隨時間推演而變小的趨勢皆相似。超低容量機無論施噴何種劑型環藥，藥粒在噴灑開始後2分鐘內即逐漸變小，其後保持穩定大小直至完全消逝為止(圖二A)。煙霧機藥粒係在噴灑開始10分鐘內快速變小，而後保持穩定大小至完全消逝為止(圖二B)。動力式噴霧機則更為快

速，自噴灑後藥粒即急速變小至2~3分鐘內消逝為止(圖二C)。表四所列數據顯示，開始噴灑瞬間，超低容量機之噴霧粒徑在不同高度處各劑型間皆無差異( $p > 0.05$ )，大約在40~65微米(μm)之間；其最終粒徑在不同高度處各劑型間亦無顯著差異，大約在20~35微米之間。煙霧機之噴霧粒徑在不同高度處各劑型間皆無差異( $p > 0.05$ )，但噴灑瞬間與最終之粒徑則相當，大約在20~40微米之間。動力式噴霧機在噴灑瞬間與消逝前之噴霧粒



圖二 不同劑型環藥之噴霧粒徑隨時間變化情形。A、超低容量機；B、煙霧機；C、動力式噴霧機。

Fig. 2. The diameter of different kinds of insecticide droplets fluctuate with time. A. ULV, B. Fog, and C. Knapsack-motorized mistblower.



表三 不同劑型環藥<sup>1)</sup>之噴霧粒徑參數

Table 3. Indexes of the different kinds of insecticide<sup>1)</sup> droplets

Sprayer type	Formulations	Number of droplets <sup>2)</sup>		D10 <sup>3)</sup>		DV10 <sup>4)</sup>		DV50 <sup>5)</sup>		DV90 <sup>6)</sup>		Span <sup>7)</sup>		DR <sup>8)</sup>	
		0.5 <sup>9)</sup>	2.2 <sup>9)</sup>	0.5	2.2	0.5	2.2	0.5	2.2	0.5	2.2	0.5	2.2	0.5	2.2
ULV	Emulsion	1188.0 ± 93.9	1094.0 ± 86.5	31.5 ± 2.5 <sup>10)a</sup>	30.8 ± 2.4a	26.1 ± 2.1a	25.5 ± 2.0a	32.7 ± 2.6	31.8 ± 2.5	47.1 ± 3.7b	44.2 ± 3.5ab	0.6	0.6	1	1
	Liquid	1183.0 ± 93.5	1203.0 ± 95.1	24.7 ± 2.0b	25.7 ± 2.0ab	20.8 ± 1.6ab	20.7 ± 1.6ab	30.0 ± 2.4 <sup>†</sup>	26.7 ± 2.1	99.4 ± 7.9 <sup>a</sup>	35.6 ± 2.8b	2.6	0.6	0.8	1
	Oil	1290.0 ± 102.0	1203.0 ± 95.1	22.3 ± 1.8b	22.3 ± 1.8b	17.4 ± 1.4b	17.6 ± 1.4b	26.4 ± 2.1	25.7 ± 2.0	57.1 ± 4.5b	51.1 ± 4.0a	1.5	1.3	0.8	0.9
	ULV	1206.0 ± 95.3	1135.0 ± 89.7	26.5 ± 2.1 <sup>11)ab</sup>	22.5 ± 1.8b	21.4 ± 1.7 <sup>ab</sup>	17.8 ± 1.4b	29.5 ± 2.3 <sup>†</sup>	26.1 ± 2.1	58.8 ± 4.5 <sup>b</sup>	46.3 ± 3.7ab	1.3	1.1	0.9	0.9
FOG	Emulsion	1376.0 ± 108.8b	1268 ± 100.2	25.2 ± 2.0a	24.4 ± 1.9a	20.3 ± 1.6a	19.9 ± 1.6a	26.4 ± 2.1a	25.1 ± 2.0a	35.8 ± 2.8a	32.9 ± 2.6	0.6	0.5	1	1
	Liquid	1344.0 ± 106.3b	1374 ± 108.6	17.9 ± 1.4b	18.2 ± 1.4b	14.6 ± 1.2b	14.1 ± 1.1b	17.8 ± 1.4b	19.1 ± 1.5b	25.8 ± 2.0 <sup>b</sup>	30.9 ± 2.4	0.6	0.9	1	1
	Oil	1935.0 ± 153.0 <sup>a</sup>	1510 ± 119.4	19.4 ± 1.5b	19.0 ± 1.5b	15.3 ± 1.2b	14.9 ± 1.2b	20.2 ± 1.6b	19.6 ± 1.5ab	30.6 ± 2.4ab	30.4 ± 2.4	0.8	0.8	1	1
	ULV	1152.0 ± 91.2 <sup>b</sup>	1480 ± 117.0	19.4 ± 1.5b	20.0 ± 1.6ab	15.2 ± 1.2b	16.1 ± 1.3ab	20.2 ± 1.6b	20.4 ± 1.6ab	29.4 ± 2.3ab	28.7 ± 2.3	0.7	0.6	1	1
Knapsack-motorized mistblower	Emulsion	88.0 ± 7.0b	85.0 ± 6.7ab	25.7 ± 2.0 <sup>b</sup>	39.7 ± 3.1ab	23.3 ± 1.8 <sup>bc</sup>	36.9 ± 2.9b	88.5 ± 7.0 <sup>†</sup>	68.6 ± 5.4ab	89.7 ± 7.1 <sup>†</sup>	69.7 ± 5.5	0.8	0.5	0.3	0.6
	Liquid	73.0 ± 5.8 <sup>b</sup>	65.0 ± 5.1b	29.1 ± 2.3b	30.6 ± 2.4b	26.6 ± 2.1b	26.9 ± 2.1b	78.4 ± 6.2	78.5 ± 6.2a	79.7 ± 6.3	79.7 ± 6.3	0.7	0.7	0.4	0.4
	Oil	113.0 ± 8.9 <sup>a</sup>	100.0 ± 7.9a	21.6 ± 1.7 <sup>b</sup>	41.6 ± 3.3a	18.3 ± 1.4 <sup>c</sup>	33.0 ± 2.6b	84.1 ± 6.6 <sup>†</sup>	56.8 ± 4.5b	85.6 ± 6.8	79.3 ± 6.3	0.8	0.8	0.3	0.7
	ULV	92.0 ± 7.3ab	89.0 ± 7.0a	43.6 ± 3.4 <sup>a</sup>	50.1 ± 4.0a	42.3 ± 3.3 <sup>a</sup>	52.9 ± 4.2a	84.7 ± 6.7 <sup>†</sup>	68.8 ± 5.4ab	85.7 ± 6.8 <sup>†</sup>	69.8 ± 5.5	0.5	0.2	0.5	0.7

1) cypermethrin

2) total number of droplets measured during the test.

3) NMD: number median diameter (µm).

4) 10% of the droplets have a diameter less than this value (µm).

5) VMD: volume median diameter (µm).

6) 90% of the droplets diameter is less than this value (µm).

7) Span = (DV90 - DV10)/DV50

8) DR = D10/DV50

9) distance from measuring point to ground (m).

10) Different letters shows significant difference ( $p < 0.05$ ) in the same line.

11) \*shows significant difference ( $t < 0.05$ ) between each other.

徑在各劑型間皆無顯著差異，噴出瞬間之噴霧平均粒徑為 60~100 微米左右，噴出後即急劇沉降至消逝前減小為 40~60 微米左右。

### 三、各型噴霧機施噴各劑型環藥之霧化情形

將各型噴霧機施噴各劑型環藥並於不同高度處測定之粒徑參數列於表三。結果顯示，超低容量機除了在 0.5 公尺高處測得施噴液劑時之 Span 值大於 2 之外，其餘劑型皆小於 2，同時 DR 值皆趨近於 1，可見超低容量機之霧化效能不錯；但施噴液劑時其偶然會出現大型粒子（約 100 微米），故宜向上噴灑，以增加粒子飄浮效應。煙霧機則無論施噴何種

劑型，其噴霧粒子霧化情形皆佳 (Span < 2, DR ≈ 1)。動力式噴霧機則霧化效果稍差，雖然 Span < 2 但 DR 值未能趨近於 1，可見大型粒子頗多。

綜合前述試驗結果，考量單位面積粒子大小、數目及藥粒隨時間消逝的情形，可見超低容量機與煙霧機適合用於空間噴灑。超低容量機使用超低容量劑及煙霧機使用油劑時，其噴霧粒子微小可在空氣中飄浮達 2~3 小時，充分瀰漫空間，完全撲殺病媒，故為極佳的噴灑組合。另外，動力式噴霧機可適用各種劑型環藥來作殘效噴灑，其噴霧粒子較大，可沉積分布地面，增加觸殺爬行性害蟲機率。以噴灑瞬

間藥粒平均粒徑及最終粒徑而論，粒徑小於 20 微米之藥粒能長時 (2~3 小時) 飄浮於空中，而大於 50 微米者則會迅速沉降 (< 5 分鐘)，因此最適合空間噴灑之藥粒粒徑為 20~50 微米之間 (Hsia *et al.*, 2008b)，大於 50 微米者僅適用於殘效噴灑。超低容量機於開始噴灑瞬間之噴霧粒子稍大，故噴頭宜上仰 15~30°，以利藥粒飄浮及均勻分布於空間中。煙霧機則無須考慮噴頭角度，其藥粒微細且大小一致，可長期飄浮、瀰漫空間。動力式噴霧機則自噴灑開始至結束，其噴霧粒子均屬大型，故宜向下噴灑，增加灑布平面及觸殺病媒機率並避免藥劑浪費、減少環境污染。

## 討 論

各型噴霧機施噴環藥，其單位面積內噴霧粒子數目與平均粒徑隨時間推移而逐漸減少的趨勢受劑型的影響不大，其因或在於本試驗所使用之環藥商品經稀釋後其有效成分濃度皆極微 (< 1%)，當已去除成份、濃度、黏度、密度等干擾因子 (Lin *et al.*, 2005; Hsia *et al.*, 2007)。隨著時間的推移，在不同高度處所量測到的藥粒數目與平均粒徑皆會越來越少，係因原先飄浮在空氣中的粒子陸續沉降以致在同層平面上的噴霧濃度越來越稀薄 (Tang *et al.*, 2001)。不同高度處藥粒沉降情形的差異或許是與噴灑開始瞬間的藥粒大小及在沉降過程中粒子的相互碰撞結合有關，通常在 2.2 公尺高處之藥粒粒徑與數目會小於 0.5 公尺處。

除了前述二種原因所產生的大型粒子受地心引力影響致快速沉降地面外 (Chen, 1995; Song *et al.*, 2007)，也會因各型噴霧機噴霧原理 (Tang *et al.*, 2008) 及各劑型環藥之製造方法不同而異。藥粒自噴嘴噴出後會沿

拋物線飛行軌道飄移，由於各型噴霧機具功率的不同使得其中部分大型粒子動能逐漸喪失而依序沉降地面。煙霧機由於其機具引擎功率強大兼以高熱氣流汽化原理使藥粒微小，故可適用於各種劑型環藥來做空間噴灑。在施噴油劑時，由於配方內含煤油或以油性溶劑稀釋，其油滴內聚力使其不易受環境、溫溼度等因素的影響，致能保持其輕、圓特性而均勻分布、自然瀰漫並長時飄浮於空氣中，故為空間噴灑防治飛行性害蟲之最佳利器。動力式噴霧機與超低容量機皆為利用動力吹送高速氣流，破碎藥劑後噴出，但動力式噴霧機之引擎功率較強，致其快速吹出之噴霧粒子數目與粒徑皆較大且不易受到劑型的影響，故可適用於各種劑型環藥，然而考量其殘效噴灑功能，當以使用液、乳劑者較佳。超低容量機則因馬達 (電力) 功率較弱，並非直接破碎而係利用離心力原理切細藥粒，故對於含界面活性劑之乳劑影響較小，因此其噴灑開始瞬間粒子數目較多且粒徑較大。水性藥劑如液劑、超低容量劑等由於其易與空氣中之水分子相互撞擊結合成大分子，故使用超低容量機時，噴頭宜上仰 15~30° 以擴大藥粒空間飄浮效應，增加撲殺病媒機率。乳劑由於具腐蝕性，倘以空間噴灑方式施噴，其細微粒子易由口、鼻、眼、皮膚等部位侵入，危害人體健康，故不適用於戶內噴灑防治飛行性害蟲。

疾病管制局近年來的緊急藥效評估研究證實了噴霧機的流量、人員的噴灑技術等皆會影響防治的成效 (Hsia *et al.*, 2007)，另也以室內的噴藥塔試驗證實了最適宜空間噴灑的藥粒粒徑應位於 20~50 微米之間 (Hsia *et al.*, 2008b)，同時噴霧粒徑會受到噴霧機具的壓力 (功率) 及噴嘴型式 (口徑) 的影響 (Hsia *et al.*, 2008b)。許多專家學者曾就藥劑噴霧理論 (Himel, 1969) 與技術 (Li, 2002)

等進行研究，發現藥液的特性（成分、黏度、密度等）(Lin *et al.*, 2005; Hsia *et al.*, 2007) 以及環境因素 (Tang *et al.*, 2004) 都會影響粒徑，從而左右其在空間飄移、沉降的情形 (Huang *et al.*, 2008)；可見施藥量與濃度、粒徑與藥液沉積分佈皆為噴灑技術中極為重要的技術指標 (Cui and Zhou, 1992; Yan and Liang, 2001; Hwang, 2004)。本研究係以粒徑分析儀直接量測飄浮在空間中各種噴霧粒子的各項粒徑參數與其隨時間變化的情形。研究成果除可確認噴霧機具與環衛藥劑的最佳噴灑組合以提升防疫人員之噴灑技術、增強防治成效外，更可確認噴藥後民眾返家入內的安全臨界時間，以維護民眾身體健康、避免間接受害。未來如能繼續研究藥粒水平飄移及其在空間中分布的情形，當能更為精準用藥、減少藥量，降低環境污染及消弭民怨。

## 引用文獻

- Anonymous.** 2003. Space Spray Application of Insecticides for Vector and Public Health Pest Control-a Practitioner's Guide 2003. WHOPEs.
- Chauhan, L. K., D. K. Agarwal, and V. Sundararaman.** 1997. In vivo induction of sister chromatid exchange in mouse bone marrow following oral exposure to commercial formulations of alpha-cyano pyrethroids. *Toxicol. Lett.* 93: 153-153.
- Chen, F. L.** 1995. Physical character and control efficiency of insecticide droplet. *Pesti. Sci. Admini.* 4: 26-28. (in Chinese)
- Colbeck, I.** 1998. Physical and Chemical Properties of Aerosols. Blackie A & P, London.
- Cui, A., and G. P. Zhou.** 1992. The relationship between drop size of insecticide and control efficacy. *Chin. Pest Con.* 8: 47-48. (in Chinese)
- Dong, H. M., Z. P. Zhu, S. P. Tao, L. Jhao, and H. R. Yan.** 2004. Distribution characteristics of fog droplets from air-cooling fan. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 20: 118-121. (in Chinese)
- Himel, C. M.** 1969. The optimum size for insecticide spray droplets. *J. Econ. Entomol.* 62: 919-925.
- Hsia, W. T., E. W. Lin, and C.Y. Pan.** 2007. Bioassay of pirimiphos-methyl 25% W/W (Actellic E.C.) to *Aedes ggypti* (L.). *Chin. Pest Con. Assoc. News.* 88: 1-4. (in Chinese)
- Hsia, W. T., C. S. Chan, C. Y. Pan, and E. W. Lin.** 2008. Evaluation of the efficacy of dengue emergent control at Kaohsiung City, Taiwan, 2006. *Taiwan Epidem. Bull.* 24: 22-37. (in Chinese)
- Hsia, W. T., and E. W. Lin.** 2008. Droplet Size. *Sci. Mon.* 426: 55-59. (in Chinese)
- Hsia, W. T., E. W. Lin, and L. C. Lo.** 2008. The influence of insecticide formulation and droplet size on the efficiency of dengue vector control. *Taiwan Epidem. Bull.* 24: 513-532. (in Chinese)
- Hsia, W. T., W. J. Lai, and Y. C. Yang.** 2009. Droplet sizing and vector control. *Formosan Entomol.* 29: 1-11. (in Chinese)
- Huang, C. J., L. Gu, C. Fu, J. Ma, and H. Li.**

2008. Factors for influencing efficacy of insecticides. *Chinese Hygienic Insecticides & Equipments* 14: 2-4. (in Chinese)
- Hwang, J. S.** 2004. Sprayer operation and selection. *Taipei Pest Con. Assoc. Cong.* 6: 85-99. (in Chinese)
- Leng, G. K., H. Kühn, and H. Idel.** 1996. Biological monitoring of pyrethroid metabolites in urine of pest control operators. *Toxicol. Lett.* 88: 215-220.
- Li, Y. J.** 2002. Contrast experiment on the drop size and spatial distribution of ultra-low volume ground spray with three pesticides. *For. Pest Dis.* 21: 31-2. (in Chinese)
- Lin, S. C., S. M. Cuei, H. Ren, and C. H. Chen.** 2005. Techniques of ULV spray of DCPV oil miscible liquid in the forest. *For. Pest Dis.* 24: 33-35. (in Chinese)
- Nuyttens, D., K. Baetens, M. De Schampheleire, and B. Sonck.** 2007. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. *Bio. Eng.* 97: 333-345.
- Pai, H. H.** 1997. Pesticide usage, exposure and health hazard for house-pest control. 9th Pest Con. *Techno. Con.* 311-338. (in Chinese)
- Pang, H. Y., C. Huang, C. Ma, and F. P. Du.** 2005. Studies on relation of droplet contact angle to droplet volume and measuring time. *Henan Agric. Sci.* 12: 51-54. (in Chinese)
- Prokop, M., and R. Kejklíček.** 2002. Effect of adjuvants on spray droplet size of water. *Res. Agric. Eng.* 48: 144-148.
- Raadnui, S.** 2005. Wear particle analysis-utilization of quantitative computer image analysis: a review. *Tribology Int.* 38: 871-878.
- Schetten, T., U. Heudrof, H. Dexler, and J. Angerer.** 2002. Pyrethroid exposure of the general population-is this due to diet. *Toxicol. Lett.* 134: 141-145.
- Shukla Y., A. Yadav, and A. Arora.** 2002. Carcinogenic and cocarcinogenic potential of cypermethrin on mouse skin. *Can. Lett.* 182: 33-41.
- Skinner, J.** 2000. Pipet and X-ray Grain-size Analyzers: Comparison of Methods and Basic Data. Federal Interagency Sedimentation Project Report. Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, USA.
- Song, J. L., L. J. Ci, S. H. Sun, J. Wang, and C. Liou.** 2007. Study on flying time and distributing characteristic of droplet from sprayer. *Trans. Chin. Soc. Agric. Mach.* 4: 54-57. (in Chinese)
- Tang, B. M., G. W. Lin, C. Y. Gao, J. Liang, and S. W. Pan.** 2001. Study on two-phase flow spraying technique. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 17: 59-62. (in Chinese)
- Tang, B. M., J. Liang, D. H. Yang, G. W. Lin, and E. L. Chang.** 2004. Distribution of droplet deposition in plastic greenhouses. *Trans. Chin. Soc. Agric. Mach.* 35: 72-75. (in Chinese)
- Tang, B. M., B. J. Ciou, J. Liang, H. Wu,**

**and J. S. Jhou.** 2008. Distribution and deposition of fog in the plastic greenhouse of protected agriculture. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 24: 225-227. (in Chinese)

**Yan, F. G., and G. J. Liang.** 2001. The influential factor of aerosol insecticide efficacy. *Aerosol Commun.* 3: 9-14. (in Chinese)

收件日期：2009年10月6日

接受日期：2009年12月15日

# The Influence of Sprayers and Formulations on Insecticide Droplet Subsidence

Wei-Tai Hsia\*, Ping-Fuai Wu, Cheo Lin, and Yi-Chieh Yang

Centers for Research and Diagnostics, CDC, Taipei City 10050, Taiwan

## ABSTRACT

The objective of this research was to study the influence of sprayers and formulations on insecticide droplet subsidence. The correct combinations of sprayer type and insecticide formulation were investigated to determine the safe re-entry time for the residents. Different formulations of cypermethrin (e.g. Liquid, Emulsion, ULV and Oil) were sprayed, using three types of sprayer (knapsack-motorized mistblower, ULV and fogger) to conduct the experiments. The droplet parameters (size and quantity) were measured with Sizing Master (LaVision Inc.). The time fluctuations were also recorded. The results showed that the knapsack-motorized mistblower could be filled with any kind of insecticide formulations. Both the initial and the final average quantity and size of the droplets were large, so they descended within 2-3 minutes and the preferred nozzle position was facing downward for creating the residue spray. Only water-soluble insecticides are suitable for ULV. Both the droplet quantity and size measured in the upper space of the enclosure were larger than in the lower space. Consequently, the nozzle should be adjusted 15-30° upward to spray an enclosure. A fogger using oil-soluble insecticide was found to be the best combination for a space spray. The droplets are tiny, uniform and evenly dispersed, remaining suspended in the air for 2-3 hours. When conducting a space spray in a residence for dengue vector control, the threshold time for safe re-entry was determined to be 3.5 hours after the spraying of insecticide, to ensure the health of the public.

**Key words:** droplet sizing, subsidence, vector control, space spray

\* Corresponding email: hsia@cdc.gov.tw