



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Droplet Sizing and Vector Control 【Review article】

粒徑分析與病媒防治【綜合論述】

Wei-tai Hsia1*, Wang-jung Lai2, and Yi-chieh Yang1
夏維泰1*、賴婉容2、楊依潔1

*通訊作者E-mail: hsia@cdc.gov.tw

Received: 2008/11/17 Accepted: 2009/02/27 Available online: 2009/05/01

Abstract

This paper presents a new concept of Integrated Pest Management (IPM) for vector control. Whenever an arthropod borne disease outbreak occurs, both the government and the people in the affected areas expect that a chemical control will solve their problem. Insecticides are applied as a "space spray" or a "residue spray". The droplet size of the spray and its distribution can be illustrated by sieving, sedimentation, particle counting, as well as laser, ultrasonic and image analyzer instruments. The atomization by the sprayers, the active ingredient of the insecticide, as well as the viscosity and density of the spray all influence droplet size and the drift of the spray, thereby affecting the efficiency of the control over the spray. Therefore, it is crucial that the effects of droplet drift and the setting of space spray be studied in order to maintain the health of the residents in the area being sprayed.

摘要

雖然病媒防治已逐漸發展出綜合管制的觀念，但當蟲媒疾病問題發生，無論政府、民眾皆仍冀望化學防治，企盼一噴奏效，快速撲殺病媒。化學防治依其施噴殺蟲劑方式，又可分為「空間噴灑」及「殘效噴灑」，影響防治成效的主因之一即為藥劑顆粒的大小。自最早的篩分法、沉降法、粒子計數法到最近的雷射光法、超音波分析法及影像分析法，皆為運用各種粒徑參數來描述粒子大小、分布等性狀的方法。噴霧機具的霧化性能(壓力/功率、口徑/型式)、藥液的成份、黏度及密度等因素皆可影響粒徑的大小，從而左右其沉降速度與覆蓋面積而決定防治的成敗。因此施藥量、濃度、粒徑、藥液沉積分佈與劑型等皆為噴灑作業中重要的技術指標。為維護民眾健康，藥粒的空間飄移與沉降當為近期研究的重要課題之一。

Key words: droplet size, vector control

關鍵詞: 粒徑、病媒防治。

Full Text: [PDF \(0.49 MB\)](#)

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

粒徑分析與病媒防治

夏維泰^{1*}、賴婉容²、楊依潔¹

¹ 行政院衛生署疾病管制局 10050 台北市中正區林森南路 6 號

² 國立台灣大學昆蟲學系 10673 台北市羅斯福路四段 113 巷 27 號

摘要

雖然病媒防治已逐漸發展出綜合管制的觀念，但當蟲媒疾病問題發生，無論政府、民眾皆仍冀望化學防治，企盼一噴奏效，快速撲殺病媒。化學防治依其施噴殺蟲劑方式，又可分為「空間噴灑」及「殘效噴灑」，影響防治成效的主因之一即為藥劑顆粒的大小。自最早的篩分法、沉降法、粒子計數法到最近的雷射光法、超音波分析法及影像分析法，皆為運用各種粒徑參數來描述粒子大小、分布等性狀的方法。噴霧機具的霧化性能（壓力／功率、口徑／型式）、藥液的成份、黏度及密度等因素皆可影響粒徑的大小，從而左右其沉降速度與覆蓋面積而決定防治的成敗。因此施藥量、濃度、粒徑、藥液沉積分佈與劑型等皆為噴灑作業中重要的技術指標。為維護民眾健康，藥粒的空間飄移與沉降當為近期研究的重要課題之一。

關鍵詞：粒徑、病媒防治。

病媒防治

病媒 (vector) 在流行病學上的定義是指：由一宿主將感染源傳播到其它生物的有害生物。經由節肢動物媒介的傳染病則稱為蟲媒疾病 (arthropod disease)。

近年來面對全球氣候暖化現象，人們的生活環境、生物的群落、傳播疾病的昆蟲密度、分布區域等也發生多方面的改變 (Bai *et al.*, 1997)，例如溫度、濕度升高後，蚊蟲的棲群

密度自然也隨之增加 (Xi, 2000)。同時隨著國家經濟文明不斷地發展，民眾對環境衛生的要求日益高張，病媒的防治亦逐漸突顯其重要性。

台灣由於位居亞熱帶，氣候高溫多濕，人口房屋毗鄰集中，極為適合病媒的繁殖分散，其危害不僅騷擾人類安寧生活，影響社區形象甚至吸食人血，傳播疾病致人於死。我國乃以農立國，使用藥劑以防治害蟲幾乎已成爲日常生活的一部分，所以早自民國 37 年起，即已

*論文聯繫人
e-mail: hsia@cdc.gov.tw

開始利用殺蟲劑來防治病媒，雖然隨著科技的進步與環保意識的抬頭，病媒防治已逐漸發展出綜合管制 (IPM) 的觀念，但是無論政府、民眾，只要遇到蟲媒疾病問題，無不冀望化學防治，期待一噴奏效，快速撲殺病媒，還給民眾健康快樂的生活 (Hsia, 2006)。

化學防治乃是使用化學合成藥劑來撲殺病媒，依其施用殺蟲劑的方式，又可分為「空間噴灑」及「殘效噴灑」二種。「空間噴灑」是指利用煙霧機或超低容量機將油劑或超低容量劑等劑型之殺蟲劑碎裂至直徑小於 50 微米 (μm) 大小的顆粒，使其能長時間飄浮於空中且均勻分布，以增加觸殺飛行性害蟲 (蚊蟲、蒼蠅等) 的機會，優點為操作簡便且不易損傷房舍及傢俱，缺點則是效果短暫，僅能維持不到一天，同時又易為施藥人員吸入而危害健康。「殘效噴灑」是指利用手壓式或動力式噴霧機將懸浮劑、液劑及乳劑等長效之殺蟲劑，先行噴灑 (塗佈) 於物體的表面 (牆壁、傢俱) 或爬行性害蟲 (蟑螂、螞蟻等) 孳息的場所，待其停留或爬行經過時，由於身體的接觸藥劑而殺死害蟲 (Hsia *et al.*, 2008)。

許多學者專家在噴灑技術上皆曾提出低容量和超低容量噴霧技術及精密噴灑技術等理論 (Himel, 1969; Li, 2002)，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 7 類：(1) 煙霧 ($< 15 \mu\text{m}$)，(2) 細氣霧 ($< 25 \mu\text{m}$)，(3) 粗氣霧 ($25 \sim 50 \mu\text{m}$)，(4) 水霧 ($50 \sim 100 \mu\text{m}$)，(5) 細霧 ($100 \sim 200 \mu\text{m}$)，(6) 中霧 ($200 \sim 300 \mu\text{m}$)，(7) 粗霧 ($> 300 \mu\text{m}$)；並建議殺蟲劑最佳粒徑為 $25 \sim 50 \mu\text{m}$ (WHO, 1990)。可見藥劑顆粒的大小可以影響藥效 (Cui and Chou, 1992; Chen, 1995) 及空間沉降速度 (Weiss *et al.*, 1997; Tang *et al.*, 2005)。

行政院衛生署疾病管制局曾對市售 50 多

台各型噴霧機分別進行噴灑性能測定，發現其霧化效能佳者，能將微細藥粒噴佈於空間而撲殺飛行性害蟲；至其效能差者，則藥粒大小分布不均，迅速降落地面而成殘效噴灑，僅適用於防治爬行性害蟲 (Hsia, 2006)。同時，亦對市售 22 種殺蟲劑之殺蚊藥效與噴霧粒徑進行試驗，結果證實最適宜空間噴灑防治蚊蟲之藥粒粒徑應為 $20 \sim 50 \mu\text{m}$ 之間，且殺蟲劑的劑型會影響其殺蚊效果；另外，亦研究藥粒大小、數目及其在空間飄移、沉降對登革熱防治成效的影響，初步發現粒徑大小與噴霧距離呈負相關關係，但在同一水平面相同噴霧距離上各向量點的藥粒粒徑則無顯著差異，可見粒徑大小不受噴灑角度的影響。據以，修正「登革熱防治工作指引」，建議防疫人員於執行室內空間噴灑防治飛行性害蟲時，僅需立於房門外，手持噴藥管於距離地面半人高處、噴頭上仰 $15 \sim 30^\circ$ 並與標的物保持至少 1 公尺的距離，向內施噴藥劑，即可將藥霧充分瀰漫空間完成噴灑任務。由於人員無需踏入室內，不僅避免長時間暴露於藥霧中、降低中毒機率；亦能減少干擾民眾家居生活、消弭民怨 (Hsia *et al.*, 2008)。可見藥劑顆粒的大小是決定噴灑方式進而影響病媒防治成效的主因。所以藥粒大小的量測與控制就成為病媒防治上不可或缺的研究課題之一。

粒子量測

由於顆粒體的性狀與病媒防治的成效息息相關，因此量測的方法也就更形重要。不同種類的粒子其檢測方法亦有所不同。人類的肉眼只能看到 $> 200 \mu\text{m}$ 的物體，利用放大鏡也只能觀察到 $> 25 \mu\text{m}$ 的物體，因此只有藉助儀器來量測微粒的大小。市售的各型儀器各有其理論依據、優缺點及適用量測範圍。從最早

的篩分法、沉降法、粒子計數法 (Lee, 1968)、雷射光阻斷法 (Lai, 1985) 及影像分析法 (Chang and Shao, 1994)，雖然各個方法各異，但其目的皆是要分析顆粒體的大小、形狀、分布、剖面深度等物理性狀。在各項指標中，粒徑分布是最為人所關注的一項。所謂「粒徑」，就是顆粒的直徑、大小或尺寸。然而，大多數的顆粒形狀皆不規則，因此粒徑甚難規範。目前大多數的量測儀器都是用顆粒與圓球比較的方法來測定其大小；因此「粒徑」的科學定義如下：當受測顆粒的某種物理特性或物理行為與某同質球體（或其組合）最相近時，就把球體（或其組合）的直徑當作受測顆粒的等效粒徑（或粒度分布）(Dai *et al.*, 1995)。「粒徑」通常用來描述單一顆粒的大小，而一種粉粒樣品的各個顆粒大小未盡相同，此時就要用「粒度分布」才能較為全觀地描述樣品顆粒的大小情形；所以「粒度分布」是指各種大小顆粒佔顆粒總數的比例，可用數據列表顯示（粒度分布表）或以圖示曲線表示之。一般常用的粒徑參數有算術平均值 (NMD)，體積中量值 (VMD) 及沙德平均值 (SMD) 等，茲列附表一於後 (Skinner, 2000; Raadnui, 2005; Wang and Chen 2005; Nuyttens *et al.*, 2007)。

各項測定方法略述如下：

一、篩分 (析) 法 (Sieving)：

為最古老分類粒子的方法，既簡單又能廣泛應用且分析迅速，可測量大範圍的粒子 (125 nm~20 μ m)。利用不同孔徑大小的篩網，將篩網依孔徑開口大小相疊，並將最大孔徑的篩網置於最上層，可測定乾狀及泥狀粉粒。先將待測物放置於最上層篩網，經過一陣搖晃之後，粉粒體向下分別留置在各遞減孔徑的篩網上。最後秤取不同篩網上的粉粒體重

量，即得此粉粒體其不同粒徑所占的重量百分率，亦即得到以重量為統計基礎的粒徑分析。過往乾篩多使用人手震動篩子，現今試驗數量多時可以機械振盪器取代，特殊的機器振動可以同時製造篩網的上升氣流及負壓，使其空氣流動，讓小顆粒可以順利往細篩流動，且不會堵塞篩網開孔並減少篩分時間；機械濕篩的基本原理和乾篩一樣，用振動控制其黏度與表面張力，使受測物順利篩分。使用標準篩分析，設備便宜，不需要精細的操作技術，試驗方法也相當快速。

篩網依照美國材料與試驗協會 (ASTM) 的標準，可區分成 3 種類型。

- (1) E323-80：篩板由金屬板打孔而成，孔徑為圓形或方形，可測定 1~125 mm 較大的粒子。
- (2) E11-95：由不鏽鋼、銅等金屬線編織成四方形孔徑的篩網。
- (3) E161-96：在金屬表面鍍上可感光物質，此感光層會曝露在篩出粒子的分布型式下，而感光物質會選擇性受光氧化，因此沒有接觸到粒子的感光層將被光解。

二、沉降法 (Sedimentation techniques)

沉降法是在靜止液體中測定顆粒沉降的速率。可以從顆粒留存在浮懸劑中的量、沉積出的量或顆粒的沉積速度推導其粒子大小。同材質的沉降速度依粒徑大小而異，粒徑大則沉降速度快，粒徑小則反之。雖然在下降過程中會受到流體阻力影響導致沉降速度降低，但可配合史托克 (Stoke) 定理和平衡時粒子之終端速度 (terminal velocity) 而計算出理想的粒徑大小。這樣的沉降分析法，可以在氣體中或液體中進行。小顆粒通常很難在氣體中散佈，即使散佈，也很難用熱或靜電效應測量，所以通常使用沉積法進行分析，並以氣動直徑

表一 粒徑參數定義表

Table 1. Definition of droplet sizing parameters

參數	定義
算術平均值 (NMD)	所有粒子粒徑的總和除以粒子數目
沙德平均值 (SMD)	所有粒子的總體積除以總表面積後之值，用以表示粒子表面的細緻度
體積中量值 (VMD)	表示 50% 的粒子其體積之直徑小於此值
DV10	10% 的粒子其體積之直徑值皆小於或相當於此值，用於評估其飄移潛力
DV90	90% 的粒子其體積之直徑值皆小於或相當於此值
投影面積直徑 (Projected area diameter)	與投影面積相等的圓球直徑
氣動直徑 (Aerodynamic diameter)	將微粒由一單位密度 (1 g/cm^3) 而且具有相同沉降速度的圓球來代表
菲爾特直徑 (Feret's diameter)	投影面積的一端到另一端之最長距離
馬丁直徑 (Martin's diameter)	將投影面積平分爲二的直線長度

(Aerodynamic diameter) 表示 (表一)。

(1) 重力沉積法 (Gravity sedimentation techniques) :

沉積分析法係假定顆粒會在層流 (laminar flow) 情形下沉積。依照史托克定律，分析方法可以分爲：間段分析法 (Incremental analysis) 和累計分析法 (Cumulative analysis)。間段分析法又有比重計法 (Hydrometer method)、Divers 法 (一種比重計技術改良法) 及 X-射線法 (X-ray method)。累計分析法則是從顆粒沉積底部的積聚速率得出下降速率，又分壓力計法 (Monometric method) 和天平法 (Balance method) 二種。本法的量測範圍爲 $5 \sim 40 \mu\text{m}$ ，依顆粒的密度和沉積設備的情況而定。

(2) 離心沉積法 (Centrifugal sedimentation)

小於 $0.05 \mu\text{m}$ 的微細顆粒爲了使沉積更快，故加以離心輔助裝置，是爲離心沉積法。不論爲重力沉積法或離心沉積法，常用的沉積方式有兩種：(a) 均勻相技術 (Homogeneous techniques)，把一容積的均勻散佈液引進入沉積器；(b) 線段起始 (或兩層) 技術 (Line-start or Two-layer technique)，在一層沉積液體 (sedimentation fluid) 表面上，加入一薄層散佈液，其密度比溶劑大，但比顆粒密度

小。在這兩種方法中，「線段起始法」一般要比「均勻相法」要精確得多。由於測定沉降速度比測定顆粒的幾何大小，似乎更能反映基本動力學的特性，因此此法較它法更符合自然狀況。

三、粒子計數法 (Particle counting)

簡單來說，粒子計數法是依粒子的物理特性來計算單位體積液體或氣體內的顆粒數量。

(1) 粒徑分析計數儀 (Particle sizing and counting analyzer) :

依照庫爾特原理 (Coulter Principle) 計算液體中微粒數目，將懸浮在電解液中的顆粒隨電解液通過小孔，導入分離電極所形成的感覺區域 (sensing zone) 中，由於顆粒取代相同體積的電解液，導致小孔管內外兩電極間電阻產生瞬間變化而生電位脈衝。分析這些脈衝可獲得粒徑分布及其體積 ($\mu\text{m}^3/\text{L}$) 和直徑 (μm)。它的特點爲測量中不受顆粒顏色、折射率及形狀的影響，不但可以測到顆粒的粒度分布，還能計算不同粒徑大小的顆粒數目，是目前具備最高分辨率的粒徑測量方法及儀器。

(2) 顯微鏡量測法 (Microscopy) :

各項量測技術中最基本的儀器爲光學顯微鏡。將粉粒體放大，不僅可量測粒徑，還可

以觀察形狀，常被用來鑑定標準樣品的大小。常用的粒徑參數有三：投影面積直徑 (Projected area diameter)、菲爾特直徑 (Feret's diameter) 及馬丁直徑 (Martin's diameter) (表一)。由於其放大倍數受到使用光波波長的限制，因此利用電子顯微鏡可增強量測粒徑小至 1 nm 的物體。雖然本法簡單而直接，但由於必須逐一量測，致耗時費力；同時觀測數量有限，代表性不足，常受人為因素而影響其正確性，再者，電子顯微鏡的價格也過於昂貴，故不常使用。

(a) 光學顯微鏡 (Light microscopy) :

最簡單直接，測定亦較為正確的方法，利用目鏡標準尺規 (Filareyepiece scale) 來對照測定，量測範圍約為 0.2~150 μm 。

(b) 掃描式電子顯微鏡 (SEM)

以高能電子射線掃描樣品表面，電子入射撞擊樣品表面 (深度 50~500 \AA) 後所釋放出的二次電子 (secondary electron)，經偵測器測得其數量。由於電子數量會受到樣品表面凹凸起伏的影響，因此藉由二次電子影像 (SEI, secondary electron image) 可觀察到樣品表面形態 (Bai and Tian, 1988)，量測範圍約為 0.1~100 μm ，樣品製備較為簡單，但校正不易。

(c) 穿透式電子顯微鏡 (TEM) :

利用穿透電子經後段電磁透鏡聚集於螢光板成像，再由擋板選擇明暗視野，並配合繞射電子所形成的圖形比對，可觀測粒徑大小、分布及形態等特性，其樣品製備困難，但可量測 0.01 μm 的物體。

四、表面分析法 (Surface-area analysis) :

利用多分子層模型，依顆粒表面氣體吸收的程度，作為測定顆粒體表面積的方法 (Brunauer *et al.*, 1938)。其推導出單層吸附

量 (V_m) 與多層吸附量 (V) 之間的方程式「BET」，廣泛應用於分割粒子表面與多孔材料表面的測定。由於 BET 方程式是建立在多層吸附的理論基礎上，與物質實際吸附過程更為接近，因此測定結果較為準確 (Adamson and Gast, 1997)。

五、表面分析儀 (Surface area analyzer) :

以固定體積的氣體 (通常是氮氣) 添加到顆粒表面，微弱的分子吸引力會將氣體分子附著在固體物料表面而後量測其壓力。被吸附的氣體體積可由減少的壓力量測而得，此體積和壓力關係可作為吸附等溫線，顆粒實際的表面積可由吸附氣體分子的大子和體積求得。

六、雷射光法 :

雷射光具有高功率及單一波長的特徵，利用光與顆粒體的作用來分析粒徑，其特性為分析時間短，再現性佳，操作容易，可適用於膠態溶液、懸浮液、乾粉及氣霧樣品。依照光的散射原理，又可分為動態及靜態二類。「動態光散射法」又可稱為「光子相關法」(PCS) 或「類彈性光散射法」(QELS)，是描述分子或粒子運動與光散射訊號改變二者之間的關係。其利用雷射光射入含有粒子的溶液或氣體中，當雷射光撞擊到粒子後會產生散射光，而散射光會隨時間而產生波動 (fluctuation) 變化，因此量測散射光即可計算出粒子的粒徑分布與數量等性狀。主要是由於粒子本身具有動能而產生不規則的布朗運動 (Brownian motion)，粒子的大小可影響其擴散速度與布朗運動。在雷射光照射區域中，粒子數量和位置的不同，會使得訊號到達偵測器時產生光程差，因而影響光線強度；同時粒子位置會隨時間改變，因此散射光亦會隨時間改變，故要配合理論才可計算出平均粒徑。

「靜態光散射法」是描述以不同角度接收不同的光散射訊號，其訊號的改變與散射角度有關，但與分子或粒子的運動無關。原理為利用入射光受顆粒表面阻擋而產生不同的光波路徑 (path length)，這些不同路徑導致光波的不同繞射形態，而繞射的光波則依粒子的大小產生不同的散射角，藉由收集各角度的光強度來計算粒徑大小及分布的百分比。其優點為不具破壞性且可在高溫、低溫、低壓、真空等不同特殊環境下進行分析研究；但缺點為測定數據有限、準確度較差且儀器成本昂貴。設計原理為利用白光光源經濾光後，選定特定波長用來判定各種特定粒子的數目，最後再經由一道藍雷射進行粒徑量測，以完成粒徑分布量測。當樣品粒徑較小時，雷射光繞射圖形較為明顯。

依粒徑 (d) 和光波長 (λ) 的關係，可用不同理論及儀器分析：

(1) $D \gg \lambda$ 時：

「夫朗和斐繞射理論」(Fraunhofer diffraction theory) 係假設粒子經過照射後，其所收集的光子全為繞射所產生。然而此方法未將現實粒子的吸收、反射等狀況考慮進去，因此偵測到的顆粒並非全是由繞射所產生的。此法可用於量測較大型的粉粒體顆粒 ($> 100 \mu\text{m}$)。

(2) $D \ll \lambda$ 時：

依「瑞立散射理論」(Rayleigh scattering theory)，經過光波照射粒子在角度及距離上有相對應的關係，當入射光子與分子作用後，電子會由基態躍進到一個激態 (virtual state)，但分子不吸收該能量，隨即以散射 (scattering) 方式釋出能量。此釋出能量若恰等於入射光子的能量，則此散射光稱為瑞立散射，若散射光能量不等於入射光子的能量，則為「拉曼散射」(Raman scattering)。

拉曼光譜 (Raman Spectrum) 與分子的振動 (vibration energy) 有關，由直接量測分子結構的振動光譜可對粒子進行分析。物質結構的任何微小變化會非常敏感的反映在拉曼光譜，因而可用來研究物質的物理、化學等各方面性質與結構的變化。

(3) $D < \lambda$ 時：

「米氏散射理論」(Mie scattering theory) 係將光的折射、穿透、反射、吸收等現象考慮進去，使得繞射理論更加完善；可推導出任何已知折射率的球型粒子被一固定波長及偏極性的光源照射後，其所在位置的光譜。此法可用於量測奈米級的粉粒體。相位多普勒粒子分析儀 (Phase Doppler Particle Analyzer, PDPA) 係利用多普勒效應來測量運動子的相關特性。此粒子分析儀所依據的基本光學原理是米氏散射理論，以運動顆粒的散射光與入射光之間的頻差來獲得速度信息，透過受測球形粒子的反射或折射的散射光所產生的相位移動來分析粒子的大小。

七、超音波分析法 (Ultrasonics)：

將超音波通過特定濃度和粒徑的溶液中，由於超音波會與溶液中的粉體產生穿透、反射、吸收、散射等交互作用，減低超音波的速度與強度，因此偵測超音波最終速度和頻率後即可得到樣品的粒徑分布。

超音波衰減粒徑分析儀 (Ultrasonic attenuation particle size analyzer) 係利用超音波的非破壞及非接觸方式，適用於高濃度 (10~15% (W/V)) 樣品，對於不透明溶液亦可進行量測，因而降低取樣上的誤差。對於高於 50% (W/V) 濃度的樣品則須小心考慮超音波與樣品粒子間的交互作用，同時小於 1% (W/V) 濃度的溶液因為吸收效果不明顯，故不適用此法。此類儀器量測範圍為 10~100 μm 。

八、影像分析法

基於脈衝背光照明的高解析度影像，透過粒徑分析儀系統之影相法技術（背光處理），可用來看清來自液體裡的水花、泡沫等小滴之粒子，進而獲得粒子大小、位置、外型、分布之統計。其影像分析原理是將影像來源，如照片、圖片、顯微鏡等，以相機攝取，把影像訊號送入 PC 和監視器。藉由特殊影像分析軟體的功能，選取影像並以不同程度的灰度來表現，經過影像處理後增強其對比來突顯影像，再經分析、統計得到量測的分析參數資料 (Chang and Shao, 1994)。未來將可升級至粒子影像測速 (Particle Image Velocimetry, PIV) 以及微粒子影像測速 (Micro PIV)。

未來展望

「粒子控制應用」 (Controlled Droplet Application CDA)，此項觀念最早是由英國 John Fryer 所提出，利用旋轉噴霧產生大小較均勻的霧化粒子，可增加害蟲防治的成效 (Bals, 1969)。目前，此技術由於其人工成本低，防治成效增加，同時減少操作員的污染危害，因此已被普遍應用於農業的施肥，除草及噴藥上 (Rhind, 2000; Matthews, 2002)。

近年來，吾人亦發現噴霧機具的霧化性能與殺蟲效果關係密切，甚而影響大規模的防疫噴藥成效 (Chi and Fu, 1990; Hsia, 2006; Hsia and Lin, 2008)。同時各項試驗研究也證實，藥液的成份、黏度與密度甚至環境因素都會影響藥粒的大小 (Chi *et al.*, 2002; Tang *et al.*, 2004; Pang *et al.*, 2005; Zande *et al.*, 2005)。因此，施藥量與濃度、藥粒大小、藥液沉積分布及藥劑劑型等，皆是噴灑技術中極為重要的技術指標 (Yan and Liang, 2001; Hsia *et al.*, 2008)。

空氣中存在的細小微粒，可經由呼吸道直接侵入呼吸系統，粒徑為 10~100 微米者會沉積至人體鼻腔，危害較低；粒徑小於 10 微米者，則大多會沉積至肺泡和氣管內；至於粒徑少於 2.5 微米者，則會沉積在人體的肺部，阻礙呼吸機能，造成呼吸道及肺部疾病 (Etkin, 1994)。

使用不同的噴霧機施噴殺蟲藥劑，其噴霧粒子往往受到壓力 (功率) 及噴頭型式 (口徑) 的影響而大小不一。就殘效噴灑而言，藥霧的覆蓋密度 (沉積的藥粒數量/單位面積) 可影響防治成效；藥粒越小則密度越大，成效亦越好。在空間噴灑方面，藥粒越小，其穿透性及懸浮性越高。以噴霧機施噴微小藥粒，不但分布均勻且範圍廣大，故可節省噴灑時間及人力，同時藥粒變小，所需施噴之藥量相對減少，因此可降低防治成本及風險 (WHO, 2003)。

為使藥霧能瀰漫室內空間充份發揮燻殺病媒的效用時，往往希望藥粒儘量微細以增加其空間飄移與沉降因素 (Pang *et al.*, 2005; Song *et al.*, 2007)。一般民眾以往皆被告知在施藥後一段時間 (約 30 分鐘)，即可進入家內正常活動，但疾管局目前研究發現噴霧藥粒在空間沉降的時間與粒徑大小會因使用的噴霧機機型與殺蟲劑劑型的不同而異，其中又以煙霧機施噴油劑時，其藥霧沉降至地面之時間最長 (約 3.5 小時) 且粒徑最小；因此為了兼顧藥劑的防治成效及避免民眾過早進入家中吸入藥粒危及健康，對於各種殺蟲劑劑型與藥粒大小在空間中飄移與沉降的情形實為當前重要的研究課題之一，此舉不但可改進目前噴灑技術、增加防治成效、節省人物力、降低環境污染，更可律定民眾返家入內臨界時間，確保國人身體健康，維護生命財產安全。

引用文獻

- Adamson, A. W., and A. P. Gast.** 1997. Physical Chemistry of Surface, 6th ed. Wiley-Interscience Pub., New York, USA.
- Bai, C. L., and F. Tian.** 1988. Scanning microscope. *Mod. Sci. Inst.* 1-2: 79-83. (in Chinese)
- Bai, S. P., C. S. Yu, and L. Y. Hao.** 1997. Climate warming and mosquito-borne disease trend. *Chin. J. Vector Biol. Control* 8: 476. (in Chinese)
- Bals, E. J.** 1969. The principles of and new developments in Ultra Low Volume spraying. pp. 189-193. *In: A. W. Billitt, ed. Proceedings of the 5th. British Insecticide and Fungicide Conference.* Brighton, England.
- Brunauer, S., P. H. Emmett, and E. Teller.** 1938. Absorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.* 60: 309-319.
- Chang, T. C., and H. Shao.** 1994. Image analyzer application in anti-oxygen sludge particle size determination. *Chem. Inf. Monthly Pub.* 8: 30-36. (in Chinese)
- Chen, F. L.** 1995. Pesticide atomization physical property and control efficiency. *Pestic. Sci. Adm.* 4: 26-28. (in Chinese)
- Chi, L. C., and C. T. Fu.** 1990. Experimental study on spray deposition uniformity. *Transac. Chin. Soc. Agric. Eng.* 15: 107-111. (in Chinese)
- Chi, L. C., C. T. Fu, and C. C. Kao.** 2002. Spray pattern and drift potential of a spinning disk. *J. China Agric. Univ.* 7: 47-52. (in Chinese)
- Cui, A. I., and K. P. Chou.** 1992. Pesticide fog grain size and drug efficacy relations. *The Med. Anim. Prev. Controls* 8: 47-48. (in Chinese)
- Dai, Y. D., and C. P. Hsu.** 2003. Nanometer-particle size measurement. *Chem. Technol.* 11: 144-158. (in Chinese)
- Dai, Y. D., C. P. Hsu, and W. H. Li.** 1995. Particle size measuring technology. *Chem. Ind.* 42: 30-38. (in Chinese)
- Etkin, D. S.** 1994. Particulars in Indoor Environment: Characterization and Health Effects. Cutter Inf. Corp., Arlington, USA.
- Himel, C. M.** 1969. The optimum size for insecticide spray droplets. *J. Econ. Entomol.* 62: 912-916.
- Hsia, W. T.** 2006. Vector control spraying equipment. *Environ. Med. Vector Control Tech. Seminar Collection:* 107-120. (in Chinese)
- Hsia, W. T., and Y. W. Lin.** 2008. Assessment of efficacy of dengue fever emergency control task carried out in Kaohsiung city in 2006. *Taiwan Epidem. Bull.* 24: 21-35. (in Chinese)
- Hsia, W. T., Y. W. Lin, and L. C. Luo.** 2008. The influence of insecticide formulation and droplet size on the efficiency of dengue vector control. *Taiwan Epidem. Bull.* 24: 550-562. (in Chinese)
- Jillavaenkatesa, A., S. J. Dapkunas, and L. H. Lum.** 2001. Particle Size

- Characterization. Natl. Inst. Standards Technol. Special Pub. 960-1.
- Lai, B. C.** 1985. Manufacture of the laser analyzers. Taipei Technol. Inst. J. 28: 163-196. (in Chinese)
- Lee, C. W.** 1968. A simple method for the field evaluation of droplet size of sprays. WHO/VBC/68.107: 1-3.
- Li, Y. C.** 2002. Contrast experiment on the drop size and spatial distribution of ultra-low volume ground spray with three pesticides. For. Pest Dis. 21: 31-32. (in Chinese)
- Li, Z. D., S. H. Wang, X. M. Wang, and L. Yan.** 2007. Atomized particle size spatial distribution of flue gas wet desulfurization swirl nozzle. J. Chem. Ind. Eng. 58: 1007-1012. (in Chinese)
- Matthews, G. A.** 2002. Controlled droplet application. pp. 148-154. *In*: D. Pimentel, ed. Encyclopedia of Pest Management. CRC Press, New York, USA.
- Nuytens, 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.
- Pang, H. Y., C. Hung, C. Ma, and F. P. Du.** 2005. Studies on relation of droplet contact angle to droplet volume and measuring time. J. Henan Agric. Sci. 12: 51-54. (in Chinese)
- Rhind, D.** 2000. The role of controlled droplet application (CDA) in plantation agriculture-appropriate technology for a changing market. Planter 76: 117-122.
- Raadnui, S.** 2005. Wear particle analysis—utilization of quantitative computer image analysis: A review. Tribology Int. 38: 871-878.
- 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. C. Chi, C. H. Sun, J. Wang, and C. Liu.** 2007. Study on flying time and distributing characteristic of droplet from sprayer. Trans. Chin. Soc. Agric. Mach. 38: 54-57. (in Chinese)
- Tang, B. M., C. Liang, H. C. Chang, and P. C. Chiu.** 2005. The airtight spatial agricultural chemicals density of distribution and subsides the rule initially to search. Chin. J. Hygienic Insecticides Equip. 11: 387-389. (in Chinese)
- Tang, B. M., D. S. Yang, E. L. Chang, C. Liang, and G. W. Lin.** 2004. Distribution of droplet deposition in plastic greenhouses. Transac. Chin. Soc. Agric. Mach. 35: 72-75. (in Chinese)
- van de Zande, J. C., H. Stallinga, J. M. G. P. Michielsen, and P. van Velde.** 2005. Effect of sprayer speed on spray drift. Ann. Rev. Agric. Eng. 4: 129-142.
- Wang, C. S., and S. H. Chen.** 2005. Aerosol Technology. New Wun Ching Pub., Jhonghe, ROC. (in Chinese)
- Weiss, M., P. J. T. Verheijen, J. C. M.**

- Marijnissen, and B. Scarlett.** 1997. On the performance of an on-line time-of-flight mass spectrometer for aerosols. *J. Aerosol Sci.* 28: 159-171.
- WHO.** 1990. Library Cataloguing in Publication Data Equipment for Vector Control. Third Edition. Geneva World Health Org., Geneva 27, Switzerland.
- WHO.** 2003. Space Spray Application of Insecticides for Vector and Public Health Pest Control- A Practitioner's Guide. WHOPES, Geneva 27, Switzerland.
- Xi, G. L.** 2000. Study on the influence of meteorological factors upon density of mosquito. *Chin. J. Vector Biol. Control* 11: 24-26. (in Chinese)
- Yan, F. G., and G. J. Liang.** 2001. Factors of insecticide aerosol sprayer efficacy. *Aerosol Communic.* 3: 9-14. (in Chinese)

收件日期：2008年11月17日

接受日期：2009年2月27日

Droplet Sizing and Vector Control

Wei-tai Hsia^{1*}, Wang-jung Lai², and Yi-chieh Yang¹

¹ Centers for Research and Diagnostics, CDC, Taipei, Taiwan

² Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

ABSTRACT

This paper presents a new concept of Integrated Pest Management (IPM) for vector control. Whenever an arthropod borne disease outbreak occurs, both the government and the people in the affected areas expect that a chemical control will solve their problem. Insecticides are applied as a “space spray” or a “residue spray”. The droplet size of the spray and its distribution can be illustrated by sieving, sedimentation, particle counting, as well as laser, ultrasonic and image analyzer instruments. The atomization by the sprayers, the active ingredient of the insecticide, as well as the viscosity and density of the spray all influence droplet size and the drift of the spray, thereby affecting the efficiency of the control over the spray. Therefore, it is crucial that the effects of droplet drift and the setting of space spray be studied in order to maintain the health of the residents in the area being sprayed.

Key words: droplet size, vector control

*Correspondence address
e-mail: hsia@cdc.gov.tw