



油劑本身的易燃特性，加上煙霧機操作時所產生的高溫及煙霧，不但容易引發火災，也常常造成交通危險[1]。油劑的油煙氣味難聞加上殘留的油漬不易清洗等缺陷，更使得民眾對於熱霧噴灑產生了反感以及抗拒的心態，甚至因而緊閉門窗、拒絕噴藥[3]。上述種種情況不但造成了防疫工作施行的困擾與阻礙，同時也成為公部門與民眾對立的主因之一。

化學防治乃是傳染病疫情緊急時，快速撲殺病媒、有效阻斷病毒本土傳播的主要控制方法之一[4]。登革熱防治的要件為必須同時於戶內、外進行空間噴灑，以撲殺病媒成蚊。然而疫情的發生大多在人口分佈密集的区域，民眾對於防疫人員施噴的殺蟲藥劑，通常會要求除了必須為低毒性、高效能外，更希望兼具有刺激性小、無不良氣味等特性，如此才能最大程度的降低對社區環境及群眾生活的影響，使得住戶容易接受，同時便於防疫工作的順利進行。有鑑於此，為了減少前述施噴油劑所產生的缺點，目前改以施噴水性(液、乳劑型)殺蟲藥劑的方式，遂有逐漸增多的趨勢，成為都市(社區)中實施空間噴灑的另一選擇方案。然而使用手提式煙霧機施噴水性藥劑，往往因為未能形成煙霧效果，導致民眾產生防疫人員噴藥不力的疑慮；加以如果防疫人員本身專業技能又不夠充實，在失去目視評估噴藥進展的情況下，無法確實掌握噴灑藥量，更容易造成防治成效不彰，喪失防疫先機的惡果。最近，遂出現了噴藥人員以手提式煙霧機施噴水性藥劑時，另外予以添加助煙劑以產生煙霧的方式進行防疫工作。如此不但能加強視覺效果，更能滿足住戶預期藥霧瀰漫的心理，同時也有助於提高防疫人員估算噴灑藥量的準確度，因而達到精實用藥、確保防治成效的目的。

目前市面上所使用的助煙劑大多為不同濃度的乙二醇(Ethylene glycol, EG)溶液。乙二醇( $\text{HOCH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$ )為一簡單、穩定的二元醇液態化合物，屬於極性分子，其結構中含有兩個氫氧基，一個乙二醇分子最多可以和四個水分子形成氫鍵，因此能與水以任意比例混合並具有保濕效力。乙二醇本身無色無臭、具甜味及低凝固點( $-12.9^\circ\text{C}$ )及高沸點( $197.3^\circ\text{C}$ )的特性， $400^\circ\text{C}$ 以上始行自燃。乙二醇主要用於屋舍、水管及行車系統的抗凝劑；工業上不但可作為助溶劑、表面活性劑、瀝青乳化塗料、泡沫穩定劑、潤濕劑等用途，同時亦為合成聚酯纖維或塑膠等的材料[5]；實驗室中則常用於標本的低溫保存[6]及蛋白質萃取；除此之外，亦可產生煙霧達到戲劇、教育及娛樂等目的。誤食乙二醇會有意識模糊、步態不穩、口齒不清、高血壓、心跳加速、充血性心衰竭、腰痛、草酸鈣結晶尿、無尿甚至腎衰竭等情形發生[7-8]。

一般說來，殺蟲藥劑添加助劑可能會有加成、拮抗與獨立作用等三種情形發生。混合後效果較單獨使用時增加者，稱為加成作用，例如某些合成除蟲菊酯類的殺蟲劑加上本身並無殺蟲作用的協力克(MGK-264)後，對德國蟑螂的防治效果會增加數倍[9]，或是在添加協力劑(piperonyl butoxide PBO)後會增加對埃及斑蚊的藥效[10-11]。拮抗作用則是二種成分混合後，反而會降低其原來個別單獨使用時的藥效。至於混合後，若互相不會影響或干擾其原有的效能，則稱為獨立作用。助煙劑本身並未列入行政院環境保護署主管的「環境用藥管理法」中對於「環境衛生用殺蟲劑」的規範內，同時殺蟲藥劑添加助煙劑後，對於病媒防治的實際效果亦尚未獲得證實；兼以乙二醇亦為有機物質，於戶內環境中以煙霧方式噴灑後，所產生的細微藥粒會長時間懸浮於空氣中，對於肝、腎功能不佳的住戶或老人、小孩等體弱者的身體健康極具威脅。所以本研究

先行進行不同濃度的乙二醇溶液分別對埃及斑蚊的藥效試驗，確認其本身是否具有殺蟲效力，再以常用的合成除蟲菊酯與低毒性的有機磷成分組成的液、乳劑型的殺蟲劑商品，分別進行有/無添加乙二醇溶液對埃及斑蚊的藥效試驗，以確認乙二醇溶液的協力效能，作為日後乙二醇使用以及添加於殺蟲藥劑中劑量的參考，希望在對人體最小傷害下達到最大的使用效益。另外，同步進行各種藥液噴霧粒徑的測定分析，以探討產生協力作用的可能原因，或許可進而篩選出更不具污染威脅的其它替代溶劑，以取代乙二醇助煙劑。

## 材料與方法

### 一、蚊蟲品系與飼育

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 代左右）。埃及斑蚊幼蟲飼養於塑膠水盆中並以台糖酵母+豬肝粉（1:1）餵食，同時每日刮去水膜。幼蟲化蛹後，逐一挑起置於水杯中，再分別放入養蚊箱中（30×30×20cm）。當蛹羽化成蚊後，以 10%糖水溶液餵食。養蚊室維持 25~28°C，相對溼度 70±5%，光照 12 小時[12]。

### 二、殺蟲藥劑與噴霧機具

#### 1. 殺蟲藥劑

常用的殺蟲藥劑劑型包含液劑、乳劑、油劑和超低容量劑等四種。由於油劑內含煤油等溶劑，以煙霧機施噴時自然會有煙霧產生，不須另外添加助煙劑；而超低容量劑通常不需稀釋即可以原液直接施噴，故此二劑型不必列入試驗。選擇低毒性的有機磷成分—亞特松（pirimiphos-methyl）以及安全性較高而廣為民眾所接受的合成除蟲菊酯成份，先行排除已有抗藥性產生的百滅寧（permethrin）與依芬寧（etofenprox）成份，再挑選劑型為液、乳劑的殺蟲藥劑商品；其中如遇有效成分相同者，則選取濃度最低的組合進行試驗。經篩選後擇定的殺蟲藥劑商品(有效成分)及其依照行政院環保署審核後藥瓶上標示的建議稀釋倍數，分別以英文字母代號列出如下：A 藥(賽滅寧(cypermethrin) 10%，640~1280 倍)；B 藥(治滅寧 tetramethrin 2%、賽滅寧 6%，1400 倍)；C 藥(亞特松 12.5%，50~100 倍)；D 藥(賽滅寧 10.6%，300 倍)；E 藥(亞滅寧(alphacypermethrin) 3.0%、治滅寧 3.0%，75-150 倍)；F 藥(亞特松 25%，100 倍)；G 藥(亞特松 10%、賽滅寧 2%，10~20 倍)。上述藥劑分別使用純水或 50%助煙劑稀釋後備用。

#### 2. 助煙劑

將啓琳化工有限公司生產的 99.8%的乙二醇溶液(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>)，以純水分別稀釋成 5 種濃度（20、35、50、65 及 80%）後供試。

#### 3. 噴霧機具

選擇常用於戶內空間噴灑防治登革熱病媒蚊，同時霧化效能良好(Span < 2, DR ≈ 1)的手提式煙霧機(puls fog K10, Dr. Stahl & Sohn GmbH)，使用口徑 0.8 微米(μm)的噴嘴進行試驗。煙霧機的噴霧原理為利用燃燒室中加熱排出的高熱氣體，將注入的藥液汽化成微小顆粒後，自脈衝共振管末端高速噴出，遇到周遭的冷空氣而凝結成可見煙霧，由於粒子細微使得藥霧得以飄浮停留於空氣中一段時間而伺機觸殺飛行性害蟲。

### 三、生物檢定試驗

#### 1. 煙霧機流量測定

將所選用的煙霧機先行暖機(30 秒)及試噴(15 秒)後，使得輸藥管中確實充滿純水。於清空的藥箱內置入 2000 毫升(ml)的純水，開始噴灑 3 分鐘後，以「消耗法」量測其噴霧量並計算變異係數(coefficient of variance, CV)，本測定重覆 3 次。測定結果該機流量為每分鐘  $196.7 \pm 5.8$  毫升(CV=2.9)。

#### 2. 噴灑時間

以雷射測距儀(Trimble HD150)測量噴藥模擬室的長度(3.3 公尺)、寬度(3.1 公尺)及高度(2.9 公尺)，同時計算出噴藥室空間為 29.7 立方公尺(m<sup>3</sup>)。依煙霧機流量計算出該室應施噴藥劑時間為 9 秒鐘。

#### 3. 網籠試驗

將埃及斑蚊(3~5 日齡，未吸血雌蚊)吸入外套紗網(聚酯纖維材質，16 網目)的折疊式網籠(25X11X11 公分)中，每籠 20 隻。每次試驗使用 5 個網籠，吊掛於噴藥模擬室入門對面的牆壁上(四方角落與正中各一個)。煙霧機放置於噴藥模擬室門口距離地面 145 公分高處，以噴頭仰角 30°方式噴灑供試溶液 9 秒後，全室密閉 30 分鐘。接著取出網籠，觀察並紀錄蚊蟲被擊昏數。再將蚊蟲自網籠中全數吸出，分別置於上附 10%糖水棉花的觀察紙杯中，放置於生長箱中飼育 24 小時後，觀察並紀錄其死亡數。生長箱維持  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ，相對溼度  $70 \pm 5\%$ ，光照 12 小時[13]。

### 四、粒徑分析

以粒徑分析儀(Sizing Master, LaVision Inc.)設定每秒拍攝 2 張照片(0.6cm<sup>2</sup>)的速度，自噴灑開始後同步拍攝並量測距離煙霧機噴頭 3 公尺遠、離地面 2.2 公尺高度處的各项粒徑參數[14]至 2 分鐘為止，每試驗重複 3 次[15]。應用的粒徑參數及其定義如下：粒子數目，試驗期間內所拍攝到的粒子總數目；算術平均值(NMD)，單位面積內所有粒子直徑的總和除以總粒子數；DV10，單位面積內 10%的粒子其體積的直徑值皆小於或相當於此值，用於評估其漂移潛力；體積中量值(VMD)，單位面積內 50%的粒子，其體積的直徑值皆小於或相當於此值；DV90，單位面積內 90%的粒子其體積的直徑值皆小於或相當於此值；擴散係數(DR)， $DR = D10 \div DV50$ ；徑距(Span)， $Span = (DV90 - DV10) \div DV50$ 。

### 五、統計分析

1. 流量測定：煙霧機 3 次流量測定的變異係數若大於 5，則更換機台或進行保養維修以改善。
2. 網籠試驗：藥效試驗中，對照組的死亡率若大於 10%，則實驗重做。
3. T 檢定： $t < 0.05$ ，表示二試驗組間有顯著性差異。
4. 多重變異數分析(ANOVA)：分析比較試驗組之間的差異性( $P < 0.05$ )。事後檢定使用 Tukey (HSD)方法並設定可信賴區間為 95%，因此，當同一行(列)間的數值下標註的英文字母相同時，代表無差異，若為不同時，則表示有顯著性差異( $p < 0.05$ )。以 ab 與 bc 為例，表示二者之間雖有差異但不顯著，未達 95%可信賴區間標準，故可視為同一群組。

## 結果

### 一、乙二醇溶液藥效試驗與粒徑分析

使用煙霧機分別施噴純水及不同濃度(20、35、50、65、80%)的乙二醇溶液分別進行藥效試驗，檢測乙二醇溶液對感受性品系埃及斑蚊的影響。結果顯示，施噴 30 分鐘後的擊昏率分別為  $2.0\pm 0.5$ 、 $5.0\pm 2.2$ 、 $0.0\pm 0.0$ 、 $7.0\pm 1.9$ 、 $1.0\pm 0.4$  及  $2.0\pm 0.5\%$ ；24 小時死亡率則分別為  $0.0\pm 0.0$ 、 $5.0\pm 2.2$ 、 $4.0\pm 1.8$ 、 $6.0\pm 1.1$ 、 $10.0\pm 1.6$  及  $5.0\pm 0.7\%$ 。經過 ANOVA 及 T 檢定分析發現，不論施噴純水或不同濃度的乙二醇溶液對於埃及斑蚊的擊昏率及死亡率皆無顯著性差異( $P>0.05$ )，同時對照組(施噴純水)的擊昏率與死亡率皆小於 5% 且與試驗組間亦無顯著性差異( $t>0.05$ )；由此可見，乙二醇溶液本身不具有殺蚊效力。

使用粒徑分析儀量測煙霧機分別施噴純水及不同濃度(20、35、50、65、80%)乙二醇溶液時的各個噴霧粒徑參數(表一)。結果顯示，乙二醇溶液的濃度會影響噴霧粒子的粒徑參數且有顯著性差異( $P<0.05$ )。其中，噴霧粒子會隨著乙二醇溶液濃度的增加而變大，各個粒徑參數的數值與乙二醇溶液的濃度大多成正相關關係( $D_{10}: y=0.7x+16.1, R^2=0.89$ ； $DV_{10}: y=0.47x+11.6, R^2=0.94$ ； $DV_{50}: y=0.3x+12.8, R^2=0.91$ ； $DV_{90}: y=0.2x+9.9, R^2=0.89$ )；而噴霧粒子的數目則與乙二醇溶液的濃度成負相關關係( $y=-0.9x+161.4, R^2=0.98$ )，亦即粒子的數量會隨著乙二醇溶液濃度的增加而減少。雖然不同濃度的乙二醇溶液其徑距(Span)數值有所差異，但皆小於 2；同時擴散係數(DR)數值均趨近於 1，顯示各濃度乙二醇溶液噴霧粒子的大小皆趨向一致且為常態分布。其中又以濃度 50% 的乙二醇溶液的噴霧粒子霧化情形最為良好(Span=0.6，DR=1)，故而選擇 50% 的乙二醇溶液進行藥效協力試驗。

### 二、乙二醇溶液協力試驗與噴霧粒徑分析

以純水將 7 種殺蟲藥劑(A、B、C、D、E、F、G)分別稀釋成各系列濃度，再以煙霧機施噴，然後進行網籠試驗，以測定出各殺蟲藥劑對埃及斑蚊 24 小時的致死率最接近於 50% 時的濃度(稀釋倍數)，用以接續進行殺蟲藥劑有/無添加 50% 乙二醇溶液的藥效試驗，便於結果分析比較協力效應的產生。依據試驗結果，各殺蟲藥劑的稀釋倍數分別為，A 藥稀釋 25000 倍、B 藥稀釋 28000 倍、C 藥稀釋 1000 倍、D 藥稀釋 40000 倍、E 藥稀釋 10000 倍、F 藥稀釋 2500 倍及 G 藥稀釋 18000 倍。將各殺蟲藥劑分別依前述

表一、乙二醇溶液噴霧粒徑參數

粒徑參數 濃度(%)	粒子數目 <sup>2</sup>	算術平均值 <sup>3</sup> (微米)	DV <sub>10</sub> <sup>4</sup> (微米)	體積中量值 <sup>5</sup> (微米)	DV <sub>90</sub> <sup>6</sup> (微米)	徑距 <sup>7</sup>	擴散係數 <sup>8</sup>
0 <sup>1</sup>	489.0±42.3	15.0±0.3	11.7±0.4	14.9±0.5	23.0±0.7	0.8±0.0	1.0±0.0
20	423.0±32.1	17.7±0.3	14.1±0.5	18.3±0.4	27.8±0.5	0.8±0.1	1.0±0.0
35	378.0±27.3	20.7±5.9	16.3±0.3	22.0±1.4	33.0±1.7	0.7±0.1	0.9±0.3
50	366.0±21.3	29.3±0.6	24.0±0.7	29.9±0.6	41.2±0.5	0.6±0.0	1.0±0.0
65	321.0±21.9	28.6±1.2	22.5±1.3	35.2±1.6	67.9±1.0	1.3±0.0	0.8±0.0
80	258.0±11.1	39.9±2.9	32.6±1.5	46.2±1.1	72.7±1.2	0.9±0.0	0.9±0.1

備註：

1. 純水
2. 試驗期間內所拍攝到的粒子總數目
3. 單位面積內所有粒子直徑的總和除以總粒子數
4. 單位面積內 10% 的粒子其體積的直徑值皆小於或相當於此值
5. 單位面積內 50% 的粒子其體積的直徑值皆小於或相當於此值
6. 單位面積內 90% 的粒子其體積的直徑值皆小於或相當於此值
7.  $(DV_{90}-DV_{10})\div DV_{50}$
8.  $D_{10}\div DV_{50}$

稀釋倍數以 50% 乙二醇溶液或純水分別製備後，進行有/無添加乙二醇溶液對埃及斑蚊的藥效試驗，同時記錄其對埃及斑蚊 30 分鐘的擊昏情形及 24 小時的致死情形，並計算其百分率及相對比值(表二)。

結果顯示添加 50% 乙二醇溶液後，各殺蟲藥劑對埃及斑蚊的擊昏率與死亡率，均較未添加者有顯著性的增加( $t < 0.05$ )。自 30 分鐘擊昏率的結果中發現：C 藥增加的比例最多，從原來的 10% 增加為 31% (約 3.1 倍)，其餘藥劑擊昏率的增加則在 1.5 至 2 倍左右。24 小時死亡率的比值同樣以 C 藥為最高，自 30% 增加為 63% (約 2.1 倍)；D、E、F 及 G 藥次之，大約為 1.9 倍；而 A 與 B 藥則增加約 1.4 倍。可見，添加乙二醇溶液的確會增加殺蟲藥劑對埃及斑蚊的擊昏及致死的效力。

粒徑分析儀分別測定分析，煙霧機施噴 7 種殺蟲藥劑有/無添加乙二醇溶液時的各個噴霧粒徑參數(表三)。結果發現各殺蟲藥劑於添加 50% 的乙二醇溶液後，各個噴霧粒徑參數皆有顯著的改變( $p < 0.05$ )。所有殺蟲藥劑於添加乙二醇溶液後，其噴霧粒子的數目均較未添加者有顯著的減少( $t < 0.05$ )。A、C、D 及 G 等四種殺蟲藥劑噴霧粒徑的算術平均值與 DV10 的數值，在添加乙二醇後皆有顯著的增大( $t < 0.05$ )；B、E 及 F 藥劑，雖然也有升高的趨勢但卻未達統計上的顯著標準( $t > 0.05$ )。至於噴霧粒徑的體積中量值，則除了 E 藥在未添加乙二醇溶液與添加者之間無顯著性差異( $t > 0.05$ )外，其餘藥劑皆有顯著的差異( $t < 0.05$ )；同時各藥劑 DV90 的數值，在添加乙二醇後亦皆有顯著的增加 ( $t > 0.05$ )。由此可見，殺蟲藥劑在添加乙二醇溶液後，會產生較大型的噴霧粒子，導致粒徑的平均值增大而粒子的數量減少[16]。

添加乙二醇溶液後，除了 C 與 G 藥外，其餘藥劑的徑距數值雖然均有顯著的增加( $t < 0.05$ )，但依然位於理想霧化的範圍之內( $\text{Span} < 2$ )[17]，藥液噴霧粒子的大小仍呈現常態分布的情形。擴散係數數值只有 A 與 C 藥在添加乙二醇溶液後，有顯著性的增加( $t < 0.05$ )，其餘藥劑皆無明顯的差異( $t > 0.05$ )。各藥劑在有/無加入乙二醇時的擴散係數數值均趨近於 1，顯示無論添加乙二醇溶液與否，各藥劑噴霧粒子的大小仍然維持均一性。綜合前述，乙二醇溶液的添加會造成殺蟲藥劑噴霧粒子的變大，使得噴出的粒子數量減少，但霧化效能依舊良好、粒子大小仍在理想範圍之內且均勻分布。

表二、殺蟲藥劑添加乙二醇溶液<sup>1</sup>對埃及斑蚊<sup>2</sup>的藥效

殺蟲藥劑 代號	劑型	擊昏率 <sup>4</sup> (%)			死亡率 <sup>5</sup> (%)		
		未添加	添加	比值 <sup>6</sup>	未添加	添加	比值 <sup>6</sup>
A	液劑	51.0±7.5	74.0±12.0*	1.5±0.2 <sub>b</sub>	65.0±8.0	95.0±6.0*	1.5±0.2 <sub>b</sub>
B	液劑	40.0±8.0	55.0±3.5*	1.4±0.2 <sub>b</sub>	43.0±10.5	60.0±11.0*	1.4±0.1 <sub>b</sub>
C	液劑	10.0±3.5	31.0±6.5*	3.1±1.2 <sub>a</sub>	30.0±8.0	63.0±13.5*	2.1±0.4 <sub>a</sub>
D	乳劑	40.0±8.0	70.0±8.0*	1.8±0.2 <sub>b</sub>	42.0±5.5	81.0±6.5*	1.9±0.2 <sub>ab</sub>
E	乳劑	44.0±4.0	85.0±9.5*	1.9±0.1 <sub>b</sub>	53.0±12.0	93.0±5.5*	1.8±0.3 <sub>ab</sub>
F	乳劑	6.0±2.0	10.0±3.5*	1.7±0.4 <sub>b</sub>	22.0±5.5	42.0±11.5*	1.9±0.1 <sub>ab</sub>
G	乳劑	38.0±4.5	65.0±8.0*	1.7±0.2 <sub>b</sub>	39.0±14.0	72.0±11.5*	1.8±0.7 <sub>ab</sub>

備註：

1. 50% 2. 感受性品系，3~5 日齡，未吸血雌蚊 3. 液劑或乳劑 4. 30 分鐘 5. 24 小時 6. 比值=添加乙二醇溶液÷未添加乙二醇溶液 \*：表示添加乙二醇溶液與未添加者之間做 T 檢定分析，有顯著性差異 ( $t < 0.05$ ) a,b：不同英文字母表示以 ANOVA 分析，不同殺蟲藥劑之間有顯著性差異 ( $P < 0.05$ )

## 討論

添加乙二醇溶液對於殺蟲藥劑的藥效具有加成的作用，不論藥劑的濃度、劑型或有效成分類別的差異，均能明顯的增加其對埃及斑蚊的擊昏及致死的效力。試驗得知，同一藥劑的擊昏和致死率的加成比值極為相近(A(1.5, 1.5)、B(1.4, 1.4)、C(3.1, 2.1)、D(1.8, 1.9)、E(1.9, 1.8)、F(1.7, 1.9)、G(1.7, 1.8))，表示乙二醇溶液提升殺蟲藥劑對埃及斑蚊的擊昏及致死的作用機制相同。經由粒徑分析發現，添加乙二醇溶液會使得殺蟲藥劑噴霧粒子的各項粒徑參數的數值增加，表示添加後會使得噴霧粒子趨向大型，但仍然維持在最適合空間噴灑的範圍以內(20-50  $\mu\text{m}$ , Span<2, DR $\approx$ 1)[17]。

乙二醇溶液對於殺蟲藥劑加成作用的原因，或許在於其分子結構為一雙碳鏈兩端各連接一個氫氧基，就如同單一氫氧基的醇類，具有極性、高活性及高溶解力等特性。分子中的雙醇結構使得乙二醇容易與空氣中的水分子形成氫鍵，因而同時具有吸水性與保濕性。對於觸殺型殺蟲藥劑而言，噴霧粒子的體積是影響藥效的重要因素之一[18]；乙二醇的保濕作用，不但會減緩藥粒在空氣中蒸發逸失因而降低藥效的速度[19]；更由於其親水作用使得噴霧粒子的體積增加[20, 21]，造成單一粒子攜帶的有效成分相對增多而增強了觸殺的效力。小型的噴霧粒子由於容易產生飄移作用而黏附於周圍固體的表面[20]；乙二醇溶液的添加使得小型粒子的數量減少，因而也降低了因漂移作用所產生的環境污染問題[22]。

不同劑型或有效成分的殺蟲藥劑，其作用機制與成分本身的化性、物性都不盡相同。乳劑型殺蟲藥劑(Emulsifiable concentrate)是將有效成分溶解於有機溶媒中，並加入乳化劑；液劑型殺蟲藥劑(Solution)則直接為液體狀。不同劑型的殺蟲藥劑之間，受到乙二醇溶液添加的影響對埃及斑蚊所造成的死亡率增加的比例亦有所差異；乳劑的 D、E、F、G 藥增加的比例較液劑的 A、B 藥有相當的提升 (A、B 藥為 1.4~1.5, D、E、F、G 藥為 1.8~1.9)，但 C 藥(液劑)的增加比例(2.1 $\pm$ 0.4)則又明顯高於上述兩者。相同的有效成分間，賽滅寧成份者在添加乙二醇溶液後對埃及斑蚊死亡率的加成比值，為液劑(A, 1.5 $\pm$ 0.2)小於乳劑(D, 1.9 $\pm$ 0.2)；但在亞特松成份者則為液劑(C, 2.1 $\pm$ 0.4)大於乳劑(F, 1.9 $\pm$ 0.1)。

表三、殺蟲藥劑添加乙二醇溶液<sup>1</sup>的噴霧粒徑參數

殺蟲藥劑代號	粒子數目 <sup>2</sup>		算術平均值 <sup>3</sup> (微米)		DV10 <sup>4</sup> (微米)		體積中量值 <sup>5</sup> (微米)		DV90 <sup>6</sup> (微米)		徑距 <sup>7</sup>		擴散係數 <sup>8</sup>	
	未添加	添加	未添加	添加	未添加	添加	未添加	添加	未添加	添加	未添加	添加	未添加	添加
A	565.0 $\pm$ 1.6	401.0 $\pm$ 1.5 <sup>*</sup>	22.1 $\pm$ 2.8	29.9 $\pm$ 6.7 <sup>*</sup>	18.0 $\pm$ 2.8	24.2 $\pm$ 7.2 <sup>*</sup>	22.4 $\pm$ 3.2	31.9 $\pm$ 7.2 <sup>*</sup>	29.8 $\pm$ 5.2	48.8 $\pm$ 8.1 <sup>*</sup>	0.5 $\pm$ 0.2	0.8 $\pm$ 0.2 <sup>*</sup>	0.9 $\pm$ 0.1 <sup>*</sup>	1.0 $\pm$ 0.1
B	527.0 $\pm$ 1.5	410.0 $\pm$ 1.2 <sup>*</sup>	23.9 $\pm$ 2.5	29.4 $\pm$ 5.3	19.9 $\pm$ 2.2	23.7 $\pm$ 5.5	24.0 $\pm$ 3.1	31.0 $\pm$ 6.3 <sup>*</sup>	32.1 $\pm$ 7.2	45.3 $\pm$ 7.8 <sup>*</sup>	0.5 $\pm$ 0.3	0.7 $\pm$ 0.3 <sup>*</sup>	1.0 $\pm$ 0.1	1.0 $\pm$ 0.1
C	588.0 $\pm$ 1.9	441.0 $\pm$ 5.8 <sup>*</sup>	18.3 $\pm$ 3.1	28.6 $\pm$ 5.1 <sup>*</sup>	14.5 $\pm$ 2.6	23.0 $\pm$ 5.4 <sup>*</sup>	18.6 $\pm$ 3.7	30.5 $\pm$ 5.6 <sup>*</sup>	30.8 $\pm$ 7.2	50.0 $\pm$ 8.1 <sup>*</sup>	0.9 $\pm$ 0.4	0.9 $\pm$ 0.3	0.9 $\pm$ 0.1 <sup>*</sup>	1.0 $\pm$ 0.1
D	534.0 $\pm$ 1.3	423.0 $\pm$ 1.8 <sup>*</sup>	20.6 $\pm$ 2.7	31.1 $\pm$ 4.2 <sup>*</sup>	16.7 $\pm$ 2.8	25.8 $\pm$ 4.1 <sup>*</sup>	20.6 $\pm$ 3.4	32.2 $\pm$ 4.8 <sup>*</sup>	27.1 $\pm$ 3.9	50.5 $\pm$ 6.8 <sup>*</sup>	0.5 $\pm$ 0.2	0.8 $\pm$ 0.2 <sup>*</sup>	1.0 $\pm$ 0.1	1.0 $\pm$ 0.1
E	574.0 $\pm$ 1.5	491.0 $\pm$ 1.4 <sup>*</sup>	21.4 $\pm$ 2.6	26.2 $\pm$ 3.9	17.5 $\pm$ 2.4	21.4 $\pm$ 3.9	21.3 $\pm$ 3.4	26.8 $\pm$ 4.4	27.8 $\pm$ 4.2	38.2 $\pm$ 6.4 <sup>*</sup>	0.5 $\pm$ 0.2	0.6 $\pm$ 0.3 <sup>*</sup>	1.0 $\pm$ 0.1	1.0 $\pm$ 0.1
F	491.0 $\pm$ 1.3	410.0 $\pm$ 1.3 <sup>*</sup>	22.4 $\pm$ 2.9	29.4 $\pm$ 4.7	18.4 $\pm$ 2.9	23.7 $\pm$ 4.7	22.6 $\pm$ 3.5	31.0 $\pm$ 5.4 <sup>*</sup>	29.5 $\pm$ 4.3	45.3 $\pm$ 9.5 <sup>*</sup>	0.5 $\pm$ 0.2	0.7 $\pm$ 0.2 <sup>*</sup>	1.0 $\pm$ 0.1	1.0 $\pm$ 0.1
G	537.0 $\pm$ 1.8	441.0 $\pm$ 3.3 <sup>*</sup>	20.0 $\pm$ 2.1	30.1 $\pm$ 4.8 <sup>*</sup>	16.2 $\pm$ 1.8	24.4 $\pm$ 4.9 <sup>*</sup>	19.8 $\pm$ 2.7	31.5 $\pm$ 5.8 <sup>*</sup>	29.3 $\pm$ 4.7	46.6 $\pm$ 7.1 <sup>*</sup>	0.7 $\pm$ 0.2	0.7 $\pm$ 0.2	1.0 $\pm$ 0.1	1.0 $\pm$ 0.1

備註：

1. 50% 2. 試驗期間內所拍攝到的粒子總數目 3. 單位面積內所有粒子直徑的總和除以總粒子數 4. 單位面積內 10%的粒子其體積的直徑值皆小於或相當於此值 5. 單位面積內 50%的粒子其體積的直徑值皆小於或相當於此值 6. 單位面積內 90%的粒子其體積的直徑值皆小於或相當於此值 7. (DV90-DV10) $\div$ DV50 8. D10 $\div$ DV50

\*：表示添加乙二醇溶液與未添加者之間做 T 檢定分析，有顯著性差異 (t<0.05)

至於不同類別有效成分的加成作用，則似乎是有機磷類的成分對埃及斑蚊致死率的增加比值(C, 2.1 與 F, 1.9)略微高於其它合成除蟲菊者(1.4~1.9)，但趨勢並不明顯；可能是因為有機磷成分通常不具有擊昏功能，同時 C 與 F 藥在試驗時所選擇的濃度又較為偏低，故而致死力較差，導致乙二醇溶液的加成效果反較為突顯所致。另外，C 藥的各個噴霧粒徑參數的數值，在添加乙二醇溶液前後的變化差異較大，或許也是藥效增加的比值最高的原因之一。E 藥添加乙二醇溶液後，對於粒子體積增加的影響最小，各項參數的數值也都和其餘藥劑有所差距，然而其霧化效果最好(Span=0.6, DR=1)，同時擊昏率與死亡率也都有顯著的增加(比值 1.9、1.8)，或許與其為合成除蟲菊複方成分(亞滅寧、治滅寧)有關。除此之外，各殺蟲藥劑在添加乙二醇溶液後，噴霧粒子的體積變得十分相近(算術平均值為 26.2~30.1、DV10 為 23.0~25.8、體積中量值為 30.5~32.2、DV90 為 45.3~50.5)，顯示乙二醇溶液對各種殺蟲藥劑的作用機制相同且效力相當。本研究中，由於各個殺蟲藥劑進行試驗時皆使用極低的濃度，因此有效成份的含量相對的極為微量，所以添加乙二醇溶液對於不同劑型、濃度甚至有效成分(種類、單、複方)的殺蟲藥劑的影響，尚需進行更多的研究才能予以確認。

除了乙二醇本身的化學性質，大氣中常見影響水滴大小及成形的曲率效應(curvature effect)和溶解效應(solution effect)，亦與噴霧粒子體積的增加有關。穩定狀態下，水平液面的表面蒸發作用較球形液面為弱，但凝結作用則較強。粒徑越小的水滴(曲率高)越容易蒸發，蒸發後的水分子經由擴散作用會與其它的水分子凝結，而產生了水滴變大的現象[23]。如果水中含有其它物質，這些物質的分子會阻擋水分子自液面離開，因而減緩了液滴的蒸發作用[21, 24]。乙二醇溶液的表面張力會隨著濃度的增加而降低[25]；表面張力越大，液體越容易聚集形成球狀液滴，反之則不易凝聚。因此，在溶液中添加乙二醇，將使得小型液滴由於表面張力的減弱而加速蒸發，蒸發後的分子再經由擴散作用而快速凝結，累積於仍留存於空氣中的液滴中，造成整體噴霧粒子的粒徑增加而粒子數量卻減少的現象。同時，體積大的液滴(曲率低)的凝結作用高於體積小者；短時間內，原本體積較大的液滴的增加程度當較為明顯。所以，殺蟲藥劑噴霧粒子內如果含有乙二醇分子，其保水性將有助於大型噴霧粒子吸收環境中的水分子並加速其凝結速度，導致殺蟲藥劑添加乙二醇後 DV90 的變化較 DV10 更為顯著(DV10 只有 A、C、D、G 藥有顯著增加，但所有藥劑的 DV90 皆顯著增加)，同時徑距的數值亦因而增加。

在噴灑殺蟲藥劑進行病媒蚊化學防治時，藥劑粒子的大小及霧化情形是影響防治效果的重要因素之一。殺蟲藥劑添加乙二醇溶液，除了能使藥霧明顯便於人員觀察外，更能在不超過理想的霧化範圍下，增加噴霧粒子的大小，提升其殺蟲效力。然而乙二醇對人體具有毒性，在空氣中的半衰期約為 8.3 至 83 小時，作為殺蟲藥劑的添加劑使用時，可能會產生民眾及噴藥人員安全和空氣污染的顧慮。因此施噴殺蟲藥劑時，防疫人員的個人防護裝備及民眾的安全措施務須完備。市售的保養品中，常見加入同樣具有雙醇結構-為乙二醇聚合物之一，同時能輕易吸收空氣中的水份而達到保濕作用的聚乙二醇(Polyethylene glycol PEG)，作為保濕劑使用[26]；由於其毒性較低，安全性較高，故而可以研究考慮作為殺蟲藥劑添加助煙劑時的另一選擇方案。

## 參考文獻

1. Anonymous: Space spray application of insecticides for vector and public health pest control-a practitioner's guide 2003. WHOPEs 2003;43.
2. 周留坤、周擘：增效胺及增效作用的研究。中華衛生殺蟲藥械 2007;13(6):468-9。
3. 夏維泰：噴藥器材技術與成效評估。環境用藥及病媒防治技術研討會論文集 2007;64-72。
4. 鄒欽：消毒殺蟲藥械使用中存在的兩大誤區。中華衛生殺蟲藥械 2006;12(5):360-1。
5. 劉定華、劉曉勤、華強等：乙二醇合成技術進展及應用前景。南京工業大學學報 2002;24(6):95-8。
6. Liu XH, Pan H, Mazur P. Permeation and toxicity of ethylene glycol and methanol in larvae of *Anopheles gambiae*. Expe Bio 2003;206:2221-8.
7. Amy S, Church MD, Michael D, et al. Laboratory testing in ethanol, methanol, ethylene glycol, and isopropanol toxicities. Emer Medi 1997;15(5):687-92.
8. LaKind JS, McKenna EA, Hubner RP, et al. A review of the comparative mammalian toxicity of ethylene glycol and propylene glycol. WHOPEs Crit Rev Toxi 1999;29(4):331-65.
9. 張雪輝、江文鋒、戚曉龍：一種冷熱霧兩用殺蟲劑的研製。中華衛生殺蟲藥械 2007;13(5):336-39。
10. Paul A, Harrington LC, Scott JG. Evaluation of novel insecticides for control of dengue vector *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). J Med Ent 2006;43(1):55-60.
11. Chaskopoulou A, Pereira RM, Scharf ME, et al. Vapor toxicity of three prototype volatile insecticidal compounds to house fly (Diptera: Muscidae). J Med Entomol 2009;46(6):1400-6.
12. 吳懷慧、張念台：埃及斑蚊與白線斑蚊取食率之比較。中華昆蟲 1990;10:433-42。
13. 夏維泰、陳昶勳、潘炤穎等：2006年高雄市登革熱緊急防治成效評估。疫情報導 2008;24(1):21-35。
14. Matthews GA, Hislop EC. Application technology for crop protection. CABI Int 1993;35-54.
15. 夏維泰、吳炳輝、羅林巧等：不同噴藥器材及環藥劑型對藥粒沉降的影響。台灣昆蟲 2010;30(1):1-13。
16. Reed P, Hall FR, Reichard DL. Influence of atomizers upon efficacy of tridiphane plus atrazine applied postemergence. Weed Tech 1990;4:92-6.
17. 夏維泰、林懿薇、羅林巧：2008 殺蟲劑劑型與藥粒大小對登革熱防治的影響。疫情報導;24(8):513-32。
18. Prokop M, Veverka K. Influence of droplet size on efficiency of contact and contact+systemic fungicides. Plant Protect Sci 2003;49:75-80.
19. 賈家祥：殺蟲劑助劑及其應用。中華衛生殺蟲藥械 2001;7(3):15-20。
20. Prokop M, Kejkliček R. Effect of adjuvants on spray droplet size of water. Res Agr Engineering 2002;48(4):144-8.

21. Sundaram A, Sundaram KMS, Robinson AG, et al. Drop size spectra and deposit from aerial spraying with and without a polymeric adjuvant. *Soci Agr Eng* 1992;35:387-94.
22. Hanks JE. Effect of drift retardant adjuvants on spray droplet size of water and paraffinic oil at ultralow volume. *Weed Tech* 1995;9:380-4.
23. Berry EX. Cloud droplet growth by collection. *Journal of Atmospheric Sciences* 1967;24(6):688-701.
24. Cooper WA. Effects of variable droplet growth histories on droplet size distributions. Part I: Theory. *Journal of Atmospheric Sciences* 1989;46(10):1301-11.
25. Yong SW, Dong KC, Mills AF. Density, viscosity, surface tension, and carbon dioxide solubility and diffusivity of methanol, ethanol, aqueous propanol, and aqueous ethylene glycol at 25.degree.C. *J Chem Eng* 1981;26 (2):140 - 1.
26. 張應闊、司袁仁、閻炳申：衛生殺蟲劑複配的選擇及應用。醫學動物防制 2003;19(9):516-20。

## 疫調快報

### 養禽場清場工作紀實

魏嵩璽<sup>1</sup>、吳聰賢<sup>2</sup>、林杜凌<sup>1</sup>、涂志宗<sup>1</sup>、黃昭媚<sup>2</sup>、林芳娥<sup>2</sup>、  
趙雁南<sup>3</sup>、張朝卿<sup>4</sup>、林明誠<sup>1</sup>

1.衛生署疾病管制局第三分局

2.彰化縣衛生局

3.衛生署疾病管制局第二組

4.衛生署疾病管制局第五分局

#### 摘要

2012年初，行政院農業委員會在中部地區的南投縣和彰化縣的四家養禽場發現感染 H5N2 流感病毒的禽類。其中位於彰化縣的三家經檢驗皆是高病原性 H5N2 禽流感病毒所引起的疫情。本文描述疾病管制局（以下簡稱疾管局）及彰化衛生局在其中兩家養禽場禽流感清場工作中，對於清場人員的健康防護作業及檢討。其中一家的清場作業，農業單位獨力完成清場作業，為確保清場人員健康，衛生單位除對清場人員進行自主健康管理外，另進行人員採檢及季節流感、H5N1 流感病毒疫苗接種。一位清場人員於清場作業後出現呼吸道感染症狀，經檢驗後排除 H5N2 流感病毒感染。三位養禽場工作人員血球凝集抑制檢驗陽性，但皆無呼吸道感染症狀。另一家清場作業則由農業單位及衛生單位共同完成，清場人員於作業後進行自主健康管理。自主健康管理期間皆無呼吸道感染症狀。本次防疫工作可作為未來類似事件處理模式參考。

## 事件緣起

H5N2 禽流感自 2003 年開始在台灣現蹤，引起衛生署和農業委員會(農委會)的高度重視。當時對於禽類 H5N2 流感疫情，農委會除了通報世界動物衛生組織外，對出現疫情的養禽場都進行清場(撲殺及消毒)以避免進一步的 H5N2 流感病毒的擴散[1]。當時分離出的 H5N2 流感病毒經基因序列分析及臨床試驗，皆證實為低病原性禽流感病毒。出現禽流感群聚的養禽場週圍三公里範圍內其它養禽場經監測後，亦未發現禽流感蹤跡。隨後的數年間，台灣亦曾多次出現養禽場 H5N2 禽流感群聚，進一步的檢驗分析後，皆判定為低病原性禽流感疫情。

2012 年初，農委會在南部及中部地區的養禽場再度發現感染 H5N2 的禽類。中部地區包含一處位於南投縣、三處位於彰化縣的養禽場內的動物被分離出 H5N2 流感病毒。經 HA0 切點的胺基酸序列分析及致病性的臨床試驗，除位於南投縣的養禽場外，其餘彰化縣三家養禽場皆是高病原性 H5N2 流感病毒所引起的疫情，分別是位於彰化縣芳苑鄉 A 村、B 村及竹塘鄉。對於出現高病原性禽流感疫情的養禽場，農業單位決定進行清場工作；其中，位於芳苑鄉 A 村的養雞場清場作業由農業單位獨力完成，芳苑鄉 B 村及竹塘鄉養雞場之清場工作，農業單位於事前聯繫衛生單位共同進行，衛生單位的職責為在清場作業前及進行中，協助清場人員避免遭受不當暴露，並於作業完成後協助清場人員及養雞場工作人員進行自主健康管理。本文分別以農業單位獨力完成之清場作業(芳苑鄉 A 村)及衛生單位協助進行清場作業(芳苑鄉 B 村)為例，描述疾管局及彰化衛生局在養禽場禽流感清場工作中，對於清場人員的健康防護，並討論本次清場工作的相關議題，期能提供未來禽流感防疫工作進一步的參考資料。

## 疫情描述及防治作為

### 一、彰化縣芳苑鄉 A 村養雞場 H5N2 禽流感群聚

2012 年 1 月 6 日疾管局接獲農委會通知，芳苑鄉有一養雞場雞隻檢出 H5N2 病毒。這座養雞場有雞隻約 5 萬 3 千隻，工作人員共有 3 名，採全自動化工作方式經營。該養雞場於 2011 年 12 月間進行強制換羽，當時在四至五天內約有 250 隻雞隻死亡，因而引起農業單位注意並進行採檢以研判其原因。1 月 8 日彰化衛生局防疫人員至養雞場進行疫情調查，該養雞場共三名工作人員，當時均無上呼吸道感染症狀，衛生局人員採集三名工作人員咽喉拭子及血清檢體送驗。檢驗結果咽喉拭子病毒分離為陰性、血清紅血球凝集抑制試驗(針對 H5N2 流感病毒)亦為陰性。

經家畜衛生試驗所針對雞隻分離之 H5N2 流感病毒進一步分析，比對 HA0 切點的胺基酸序列並進行致病性的臨床試驗，證實此禽流感病毒為高病原性。彰化縣動物防疫所(動防所)於 3 月 2 日晚間開始進行養雞場的清場工作。因雞隻數目眾多，清場工作持續進行至 3 月 3 日清晨，農業單位於 3 月 3 日上午通知衛生單位。清場人員作業時著上下兩截式的防護衣及一般外科口罩進行。清場工作完成後，為確保清場人員健康，衛生單位除對清場人員進行總計七日的自主健康管理外，另於 3 月 5 日進行清場人員的咽喉及血清採檢，並進行季節性流感疫苗及 H5N1 流感疫苗接種。計有 43 名彰化縣動防所工作人員、24 位清場臨時工作人員、11 位雲林縣家畜疾病防治所工作人員、3 名養雞場工作人員及 1 名芳苑鄉公所獸醫師接受採檢並接種疫苗。

自主健康管理追蹤期間，一名彰化縣動防所工作人員自述出現發燒症狀。她是一位 31 歲的女性獸醫師，於 3 月 2 日至 3 月 3 日清晨間參加芳苑鄉 A 村養雞場清場工作，並接種 H5N1 流感疫苗。她於 3 月 5 日下午開始出現輕微喉嚨痛症狀，晚間喉嚨痛症狀加劇。3 月 6 日上午她自覺出現發燒症狀，且出現輕微鼻塞及流鼻水症狀。至 3 月 7 日下午，發燒情況已改善。彰化縣衛生局人員為這名獸醫師量測體溫為 36.2°C。她同住的家屬僅先生一人，先生無上呼吸道感染症狀或發燒情況。疾管局及彰化縣衛生局人員訪視這名獸醫師後，為她採集病毒咽喉拭子三支、病毒鼻咽拭子一支、細菌咽喉拭子一支及血液檢體送驗，並開立抗流感病毒藥物使用。她在 3 月 5 日清場工作結束後採檢的咽喉拭子，經檢驗 H5N2 流感病毒聚合酶鏈鎖反應(PCR)為陰性，血清血球凝集抑制檢驗亦為陰性。於 3 月 7 日採檢檢體經檢驗也都呈陰性，因此經傳染病防治醫療網王指揮官任賢決定停用抗流感病毒藥物。

血球凝集試驗的研判標準依世界衛生組織建議，若單次血清稀釋 160 倍以上仍具有血球凝集能力，或第二次的血清相較於第一次血清的凝集試驗效價有四倍以上上升，且稀釋 80 倍以上仍具有血球凝集能力，研判為陽性。上述清場作業人員於第一次採檢三週後，由疾管局及彰化衛生局進行第二次血清採檢及 H5N1 疫苗接種。綜合兩次的檢驗結果，共有三人的血清 H5N2 流感病毒抗體研判為陽性。其中一人為清場臨時工作人員，第一次檢驗效價為 20 倍，第二次則為 80 倍；另一人亦為清場臨時工作人員，前一次檢驗效價為 40 倍，第二次則為 320 倍；第三人是養雞場工作人員，第一次檢驗效價是 40 倍，第二次則為 160 倍。這三位人員皆在清場工作完成後接種 H5N1 流感疫苗，其中兩位並同時接種季節流感疫苗，另一位於本次清場工作前五個月已完成季節流感疫苗接種。這三位人員在清場工作後皆無發燒或呼吸道感染症狀。

## 二、彰化縣芳苑鄉 B 村養雞場 H5N2 禽流感病毒疫情。

農委會於民國 100 年 3 月 2 日通知疾管局，彰化縣芳苑鄉 B 村某養雞場雞隻分離出禽類高病原性 H5N2 流感病毒。這座養雞場因為所賣的雞隻活力不佳，經屠宰場人員通報後檢驗得知。疾管局得知此疫情後，在當日下午會同彰化縣衛生局防疫人員至養雞場採集二名雞場工作人員咽喉拭子及血清檢體送驗並進行疫情調查。該養雞場共畜養雞隻約 9 千隻，工作人員（含老闆）共有 2 名，在本次疫情前皆無呼吸道感染症狀。該養雞場採全自動化工作方式經營。這 2 名採集的咽喉拭子檢體經檢驗，病毒分離及血清 H5N2 流感病毒血球凝集試驗結果皆為陰性。

農業單位通知衛生單位於 3 月 9 日進行該養雞場之清場工作。清場工作開始前一天，彰化縣動防所工作人員於養雞場給水水塔加入鎮靜劑提供雞隻飲用。清場工作當日下午於彰化縣動防所召開行前準備會議，參加者包含清場工作人員及衛生單位人員。會議討論清場工作分配、清場注意事項及工作人員健康防護等。

會議結束後，彰化縣動防所人員及疾管局、彰化縣衛生局人員於傍晚六點半左右抵達該養雞場。本次清場作業工作人員不含衛生單位人員共 58 人(彰化縣動防所 27 人、臨時人員 31 人)。清場作業現場由警方封鎖養雞場外圍約百公尺處的道路出入口。抵達時，臨時工作人員已到達雞場週圍並已穿戴由動防所提供的防護裝，包含上下兩截式的防護衣及一般外科口罩。經討論後，為求更適切的個人防護，改著疾管局提供的全身式防護衣，並配戴疾管局提供的護目鏡及 N95 口罩。所有清場人

員逐一由衛生單位人員協助著裝及檢測口罩密合度。疾管局及彰化衛生局工作人員於清場工作開始前，進行量測體溫及造冊工作。所有的著裝及造冊工作都在養雞場旁的馬路上進行。

有的雞隻未完全麻醉，因此在清場工作進行時奮力掙扎；作業現場悶熱，部分清場人員不自主取下口罩，經衛生單位人員協助維持適當防護。該清場作業於晚間十點三十分完成，所有人員自主健康管理至 3 月 16 日止，無人出現發燒或呼吸道感染症狀。

## 討論與建議

H5N2 流感的防疫工作需要農業單位及衛生單位的緊密合作，農業單位的使命在監測及防止動物流感病毒感染，衛生單位的職責則是保護人民生命健康，特別是確保養禽場及農業單位工作人員在進行動物防疫工作時有適當的防護措施，不受到流感病毒的不當暴露。本次農政及衛生人員的合作防疫，可作為未來類似事件處理模式的參考。

A 村清場作業由農業單位獨力完成，為確保清場人員的健康，除了依「禽流感疫情發生場所相關人員防治工作指引」進行工作人員自主健康管理外，並進行清場工作人員咽喉拭子及血清檢驗。而 B 村清場作業則由農業單位及衛生單位協力進行清場作業，衛生單位於清場前提供防護裝備，並逐一協助工作人員著裝。清場工作完成後，由衛生單位追蹤工作人員自主健康管理的結果，不須進行咽喉拭子及血清採檢。

B 村養雞場工作人員在自主健康管理七日間，無人出現類流感或是發燒症狀，為本次清場工作順利劃下句點。然而實際參與 B 村養雞場清場工作，仍有一些細節值得省思：第一、不論是農政或是衛生單位，清場工作現場應有明確的指揮體系。清場工作需數十人協力合作，明確的指揮體系可以讓工作更有效率地完成。第二、現場應有明確的熱區、暖區及冷區規畫。疫情中心點的雞舍及清場作業區(運送、捆綁等區)為熱區，工作人員著裝及卸裝則應於上述區域外圍之暖區進行。熱區應自養禽場移動管制開始後即指派專人進行管理，人員應有適當防護裝備才能進入熱區。第三、應準備適當、足夠的裝備，如防護衣、口罩、目鏡、等，不同大小的數量應足夠工作人員使用。清場的準備工作都在養禽場旁的戶外進行，昏暗的燈光和戶外的風沙可能造成妨礙，人員造冊或體溫量測等都不易進行。準備適當的照明、工作檯、甚至是大型帳篷可以讓工作進行更加順利。第四、應注意工作人員的全程防護。清場作業非常耗費體力，工作人員著密實的防護裝備在通風不良的雞舍工作，更須確保全程適當的防護。

清場工作前對禽類進行深度鎮靜是很重要的。常用的鎮靜方式是在養禽場給水水塔加入鎮靜劑給雞隻飲用，但雞隻若未飲用足量的水，將因此而鎮靜不足。對鎮靜不足的雞隻進行撲殺，一方面有違人道，另一方面雞隻奮力掙扎中，可能將含有流感病毒的呼吸道分泌物散佈於空中，對清場人員造成健康的威脅。

在 A 村的清場工作完成後，衛生單位人員為工作人員接種季節流感疫苗及 H5N1 流感疫苗。所接種的 H5N1 流感疫苗是疾管局於民國 100 年及 101 年提供國內高風險對象接種的疫苗。先前已有文獻描述了本 H5N1 流感疫苗可以在健康兒童、成年人及老年人產生對疫苗株良好的保護力，亦可對不同型別的 H5N1 病毒產

生良好的交叉保護力[2-4]。但 H5N1 流感疫苗或是季節流感疫苗是否可以對造成本次疫情的 H5N2 流感病毒產生足夠的交叉保護力則仍無定論[5]。接種者若在後續的健康自主管理中出現發燒等症狀，或是血清 H5N2 流感病毒血球凝集抑制試驗呈現陽性，亦無法排除接種疫苗的影響。因此，在禽流感清場工作後為工作人員接種季節流感或是 H5N1 流感疫苗應權衡接種可能降低的感染風險與對防疫工作造成的負面衝擊，才能作出適當的決策。

在 A 村進行的 H5N2 流感病毒血球凝集抑制測試中，發現有三人呈現陽性反應。導致 H5N2 流感病毒血球凝集抑制測試陽性的可能原因包含：第一、無症狀感染。迄今全球尚無 H5N2 流感病毒造成人類有症狀感染之報告，僅有養雞場工作人員 H5N2 血清學陽性報告。然而，現有的文獻資料仍無法排除 H5N2 流感病毒感染造成人類輕微症狀的可能性[5]。第二、受到接種季節性流感疫苗或 H5N1 流感疫苗產生的抗體交叉反應；第三、受到先前季節流感感染產生的抗體交叉反應。日本在 2005-06 年時，出現了養禽場的 H5N2 流感病毒感染[6]。當時進行養禽場 257 位工作人員的兩次血清 H5N2 流感病毒血球凝集抑制測試，共 11 人符合世界衛生組織血球凝集試驗陽性的標準。進一步的分析發現，在檢驗前 12 個月內曾接種季節流感疫苗的人，和血球凝集抑制效價  $>1:40$  有顯著相關[5]。因工作人員都接種了季節流感疫苗，本次的血球凝集抑制效價評估無法排除季節流感疫苗的影響。

依據咽喉拭子病毒聚合酶連鎖反應和血清凝集抑制效價檢驗的結果，獸醫師出現上呼吸道感染症狀及發燒的原因，應與 H5N2 流感病毒感染無關，但無法排除與 H5N1 流感疫苗或季節流感疫苗接種相關。依疾管局在 2011 年提供 H5N1 流感疫苗的接種經驗，從未接種 H5N1 流感疫苗者在接種第一劑疫苗後有 6% 出現發燒症狀(未發表資料)。雖然無法明確釐清這位獸醫師的發燒原因，所幸她的症狀只持續一天後，即完全恢復。

本文強調在清場作業中，農業單位和衛生單位協力進行的重要性。本次工作可作為未來清場作業的參考。清場工作進行中，應有良好的指揮體系，清場工作現場應有明確的熱區、暖區及冷區畫分，應有足夠的防護裝備及設施，工作人員應在清場作業全程維持良好的防護措施，雞隻應在清場作業前進行足夠的鎮靜，工作人員接種季節流感或 H5N1 流感疫苗可能影響自主健康管理或是血球凝集抑制試驗的結果，應權衡接種可能降低的感染風險與對防疫工作造成的負面衝擊，才能作出適當的決策。

## 參考文獻

1. Cheng MC, Soda K, Lee MS, et al. Isolation and characterization of potentially pathogenic H5N2 influenza virus from a chicken in Taiwan in 2008. *Avian Dis* 2010,54:885-93.
2. Vesikari T, Karvonen A, Tilman S, et al. Immunogenicity and safety of MF59-adjuvanted H5N1 influenza vaccine from infancy to adolescence. *Pediatrics* 2010,126:e762-70.
3. Banzhoff A, Gasparini R, Laghi-Pasini F, et al. MF59-adjuvanted H5N1 vaccine induces immunologic memory and heterotypic antibody responses in non-elderly and elderly adults. *PLoS One* 2009,4:e4384.

4. Fragapane E, Gasparini R, Schioppa F, et al. A heterologous MF59-adjuvanted H5N1 prepandemic influenza booster vaccine induces a robust, cross-reactive immune response in adults and the elderly. *Clin Vaccine Immunol* 2010,17:1817-9.
5. Ogata T, Yamazaki Y, Okabe N, et al. Human H5N2 avian influenza infection in Japan and the factors associated with high H5N2-neutralizing antibody titer. *J Epidemiol* 2008,18:160-6.
6. Okamatsu M, Saito T, Yamamoto Y, et al. Low pathogenicity H5N2 avian influenza outbreak in Japan during the 2005-2006. *Vet Microbiol* 2007,124:35-46.

## 生安專欄

### 感染性生物材料研究之生物安全權責

吳文超、曾淑慧、林立人

衛生署疾病管制局第五組

本(2012)年2月歐洲疾病預防及管制中心(European Centre for Disease Prevention and Control, ECDC)公布一份由實驗室製造之A型H5N1流感病毒在雪貂間傳播的風險評估報告[1]。主要是去(2011)年9月有荷蘭研究團隊實驗室成功培育出可在雪貂間傳播的H5N1變異病毒，並且準備在國際知名「科學」及「自然」期刊發表該項研究成果。同樣的，在另一美國研究團隊也有類似的研究發現。由於該H5N1變異病毒在雪貂間的傳播模式，已近似人類間的傳播模式，消息一出引發各國輿論譁然。大家所擔憂的是一旦這種H5N1變異病毒不慎從實驗室外洩或是遭有心人士蓄意釋出，恐怕造成人類莫大浩劫。由於研究報告內容爭議性頗高，該等期刊為求慎重遂交由美國國家生物保全科學顧問委員會(National Science Advisory Board for Biosecurity, NSABB)進行審查。經該委員會於去年12月審查結果，要求期刊不宜完整刊登報告內容，以免資訊落入恐怖份子手中，進而引爆疫情。世界衛生組織(WHO)為衡量該研究的利弊得失，於本年2月邀集多國流感與公衛專家、荷蘭及美國研究團隊，以及期刊代表等開會研商。會中除達成延後發表該研究成果的共識，並決議暫時禁止使用實驗室新開發的H5N1變異病毒進行相關研究，同時認為必須針對自然發生的H5N1流感病毒持續進行研究，以保障公眾健康[2]。

使用感染性生物材料從事分子生物實驗研究，不外乎藉由變異病毒發展出新的診斷技術及疫苗製劑。但如果研究的材料具有高度的危害風險，就不能單從實驗室生物安全及生物保全角度思考，必須提升到公共衛生與安全的層面來看待。因此，實驗室工作人員、實驗室主管(或計畫主持人)、單位生物安全委員會、研究計畫補助單位與衛生主管機關(目前是衛生署疾病管制局，以下簡稱疾管局)等相關人員及組織，有清楚所扮演的角色以及應負起的責任，才能確保個人及社會大眾之安全。

實驗室工作人員是操作感染性生物材料的當事人，身處於可能暴露在感染風險的環境中。因此，工作人員本身需具備應有的實驗室生物安全知能，熟悉所要操作病原體之特性，正確使用適當的個人防護裝備。其次，具有熟練的優良微生物操作技術，避免或減少操作過程中與病原體的接觸或逸散。最後，在完成實驗操作後，應確實做好個人防護裝備與安全設備之清消，並落實感染性廢棄物之滅菌作業，以阻絕任何可能造成人員感染的機會。一旦發生意外事故時，應沉著冷靜的正確應變及處置。並立即向實驗室主管（或計畫主持人）通報，在處理完事故後，做成紀錄，以免一時輕忽，造成事故演變成實驗室感染事件。

實驗室主管（或計畫主持人）是負責管理及監督實驗工作人員安全的守護者。本身除具備應有之實驗室生物安全知能，更有責任確認實驗室工作人員具備相關實驗操作知能，隨時關心實驗室工作人員健康狀況。對於實驗室所有設施及設備等硬體之功能，應能掌握是否依規定期限進行功能確效檢測，以維持實驗室正常之運作。對於實驗室所使用之病原體，應有能力進行相關風險評估，以規範實驗室工作人員所需之個人防護裝備項目，以及硬體設施及設備之安全等級，避免因防護等級之不足，造成實驗室工作人員發生感染意外。其次，實驗室主管（或計畫主持人）應知悉有關感染性生物材料管理之法規，對於感染性生物材料之持有、異動（新增、銷毀、分讓與寄存）及輸出（入）等事項，皆應依法提報單位生物安全委員會審議，必要時應向疾管局進行核備。如果接獲實驗室工作人員通報意外事故，應進行了解及評估其危害風險。必要時，應向單位生物安全委員會報告，切勿隱匿感染意外，以免造成意外事件之擴散。

各設置單位的生物安全委員會是掌管單位內部生物安全管理組織，對所屬持有感染性生物材料之實驗室應進行管理及監督。除了掌握該等實驗室所持有感染性生物材料之種類及數量外，對於實驗室進行相關實驗研究，亦應善盡審查職責。確保實驗室具有適當之安全防護能力，足以執行相關實驗操作。每年依法應對該等實驗室進行生物安全內部稽核活動，以確保實驗室之相關軟、硬體皆符合規定。一旦接獲實驗室通報可能的實驗室感染事件，除主動進行了解及調查外，發現人員有感染或傳染疑慮時，應向疾病管制局通報。

研究計畫補助單位主要是實驗室進行實驗研究經費來源的提供者，對於受理研究計畫之申請案，應保持十分嚴謹之審查態度。除要求申請單位依實際研究需求，提報單位醫學倫理委員會或是生物安全委員會等同意文件，才能進行其他專業技術性細節的審查。對於涉及基因重組或改造之研究計畫，應確實遵守國家科學委員會訂定之「基因重組實驗守則」相關規定，以確保研究計畫之安全性。

疾管局是全國感染性生物材料管理之決策主管機關，對於國內持有感染性生物材料之設置單位，負有監督與管理之責。在有限人力及資源下，藉由不定期進行設置單位生物安全委員會運作以及實驗室生物安全與感染性生物材料管理之查核，督促各設置單位應落實單位內部之實驗室生物安全管理。並掌握國際上最新實驗室生物安全管理進展或作為，適時分析評估，以決定是否擬定因應的生物安全政策，並進行宣導及推廣。此外，疾管局一旦接獲設置單位通報疑似實驗室感染事件，將儘速展開調查，了解可能發生之原因，進而提醒相關設置單位小心謹慎，避免類似意外再度重演。

隨著時代科技日新月異，基因工程技術進步神速，科學家已經可以改造甚至合成多種致命病原體。當然科學家從事這樣的研究工作，主要目的，還是希望藉由相關研究，可以增進人類的福祉。但這類使用感染性生物材料的實驗研究，宛如雙面刃，如果使用得當，可以抵禦疫病造福人類，倘若遭有心人士蓄意利用，則可能導致反噬人類的惡果。所以相關實驗研究人員對於製造新型的變種病原，有著更重大的社會責任。對其生物安全管理，更應嚴格執行。至於生物安全管理組織，則應做好監督及審查的把關工作，以免當實驗室製造出新型或變種病原，才大費周章檢討可能的利弊得失，恐怕為時已晚。因此，在從事感染性生物材料研究的領域中，唯有相關人員及管理組織皆能堅守分際、各司其職，才能做出為民眾謀求最大福利的貢獻。

### 參考文獻

1. ECDC. Laboratory-created A (H5N1) viruses transmissible between ferrets. Available at: <http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/TER-RA-120229-Laboratory-created-A-H5N1-viruses-transmissible-between-ferrets.pdf>
2. WHO. Public health, influenza experts agree H5N1 research critical, but extend delay. Available at: [http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2012/h5n1\\_research\\_20120217/en/index.html](http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2012/h5n1_research_20120217/en/index.html)

創刊日期：1984年12月15日

發行人：張峰義

出版機關：行政院衛生署疾病管制局

總編輯：吳怡君

地址：台北市中正區林森南路6號

執行編輯：吳麗琴、劉繡蘭

電話：(02) 2395-9825

網址：<http://teb.cdc.gov.tw/>

文獻引用：[Author].[Article title].Taiwan Epidemiol Bull 2012;28:[inclusive page numbers].