

# 為何台灣不採用不孕性昆蟲技術防治東方果實蠅？

文圖 | 許如君・石正人 國立台灣大學昆蟲學系

洪裕堂 動植物防疫檢疫局

## 一. 前言

東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis*) 為台灣最重要的農作物害蟲之一，該蠅之寄主植物多達 38 科 150 餘種；在台灣則約有 32 科 89 種，其中 29 種為非經濟栽培的寄主植物，如欖仁、福木及七里香等；經濟作物包括柑桔、桃、梨、番石榴、芒果、蓮霧、楊桃、印度棗等 30 餘種，每年可造成台灣 40 億台幣的損失。由於東方果實蠅飛行能力強、賴以為食及繁衍之果實終年存在，加上孵化後的幼蟲潛伏在果肉內蛀食危害(圖 1)，致噴藥防治不易，更突顯其危害的嚴重性。

為有效降低東方果實蠅危害，政府多年來皆推動共同防治工作，於 1975 - 1984 年曾使用「鈷 60 照射處理不孕昆蟲技術」來進行果實蠅防除工作，之後並推廣應用含毒甲基丁香油之滅雄法實施共同防治一直到今日。此外，並推薦農民可使用含有馬拉松、三氯松、撲滅松及芬殺松之蛋白質水解產物或賜諾殺濃餌劑，以誘殺果實蠅雌蟲，另亦可於果樹上施用芬化利、賽扶寧及第滅寧等藥劑來防治果實蠅。

果實蠅共同防治由行政院農業委員會

動植物防疫檢疫局規劃擬定年度監測、防治計畫及防治目標，統籌防治資材之購置及發放，並督導考核執行成果。地方由縣市政府協助推動中央之防治計畫，並規劃轄區之防治計畫及編列配合經費，負責地方性共同防治之推動。鄉鎮公所及農會則負責執行轄區之防治資材發放、防治及推廣教育，並由果農確實配合執行共同防治。目前，在全國的果樹主要栽培區推動

約 12 萬公頃的共同防治工作。為提升誘殺資材之分發及使用效率，防治資材按各地區防治面積、歷年果實蠅密度資料及水果產量產值等比重分配，做有效調配分發，全年進行誘殺防治 4 - 6 次。另

依每旬的密度監測資料隨時機動撥發誘殺板，必要時推動緊急防治工作。此工作自 1994 年起已持續 15 年，共同防治已達到密度降低之防治成效，果實蠅密度由每個誘引器之 25.2 隻/天，降至 2008 年約 6.5 隻/天。

邇來有農民疑慮政府為何現今東方果實蠅的防治不再採用 30 多年前曾執行「使用鈷 60 照射處理不孕昆蟲技術」來進行防除，本文介紹當初停止放射性不孕昆蟲之始末，並進一步說明目前以「使用



圖 1. 東方果實蠅幼蟲



圖 2. 含毒甲基丁香油搭配長效型誘蟲盒懸掛於果園內

藉由「60 照射處理不孕昆蟲技術」進行果實蠅滅絕之可行性，及為何採用現行之滅雄法（以含毒甲基丁香油誘殺雄蟲）防治東方果實蠅（圖 2）。

## 二. 不孕性昆蟲技術在防治的應用

不孕性昆蟲技術（sterile insect techniques, SIT）是藉由大量釋放人工飼養的不孕雄蟲降低田間雌蟲的生殖潛能，使其族群快速逐代降低，最終達到滅絕之目的。惟並非每種害蟲都可利用此技術達到防治效果，世界上曾應用此技術防治之害蟲共計有 23 種，其中，果實蠅占 6 種最多，不過其中僅地中海果實蠅、瓜實蠅及墨西哥果實蠅等 3 種果實蠅，曾成功使用此技術達到全區域滅絕之程度，不過至今仍沒有東方果實蠅使用此技術而能成功被滅絕的實例。

利用不孕性昆蟲技術收效的基本原則，為讓 10 倍數量且交尾競爭力不輸給野生雄蟲的不孕性雄蟲隨時在野外活動。因此，野外雌蟲在 10 次交尾中只能得到一次有效的交尾機會，在這樣的情況下，能夠產受精卵的雌蟲只有 10% 以下，如此連續數代，從受精卵孵化之後代數，漸趨近零而得到滅絕之事實。此時，不孕性

雄蟲之競爭力愈大，且在野生雄蟲中所占的比率愈高，效果愈佳，接近滅絕之期間也愈短。換言之，當野生族群發生數量較多時，所需的不孕性雄蟲數量愈多，其所需養蟲設施規模也更龐大。

不孕性昆蟲技術能成功除了昆蟲本身之特質外，亦有下列的幾點先決條件：

（一）必須要有完全密閉且大規模之飼養設施，若飼養設施不夠密封，會造成未經不孕化處理之果實蠅逃逸外界，使飼養果實蠅設施附近之果園遭受嚴重危害。

（二）只適用於速戰速決之防治，昆蟲在室內經累代飼養後，會逐漸失去與野生雄蟲競爭交尾的能力。

（三）東方果實蠅滅絕後仍可能再次入侵並立足，田間偵測系統需要繼續運作，不孕性昆蟲亦需持續釋放。

（四）必須要有充足的預算（每年至少需 173 億元）。

## 三. 台灣釋放不孕性雄蟲防治東方果實蠅之實例和檢討

台灣從 1975 年開始至 1984 年止共 9 年，曾實施東方果實蠅不孕性雄蟲之釋放；釋放前之被害果率為 6.7 - 32.8%，實施期間，每年約編列 3,000 萬元經費進行該工作。由於當時養蟲設備簡陋，1 年之總釋放蟲數於 3,550 萬隻至 5.7 億隻之間（1975 - 1984 年），由於受到飼養蟲數之限制，只能在果園集中地區實施“點”的釋放，未能全面實施。在日本沖繩本島農耕地較多的中南部（面積是台灣的 1/90），1 周釋放的不孕性瓜實蠅雄蟲數目即達台灣 1 年釋放不孕性果實蠅之數量。再者，在沖繩縣釋放不孕性雄蟲前，

已先將野生族群的密度降低到 0.050 - 0.1 隻雄蟲／誘殺器／天之程度，才使所釋放之不孕性雄蟲與野生雄蟲能夠競爭，且能與野生雌蟲交尾。

比較台灣和日本沖繩縣實施不孕性昆蟲技術時之各項條件，台灣面積為沖繩縣之 25.7 倍，釋放前的被害率為 67 - 328 倍，理論上台灣釋放不孕性東方果實蠅數量應為沖繩群島釋放量之 1,742 - 8,200 倍。惟當年台灣每年僅釋放 5 - 6 億隻，為日本每年釋放量的 6.4%，且理論釋放蟲數和實際釋放蟲數之差距達 2.7 - 13 萬倍。因此造成當年停止不孕性昆蟲釋放工作的原因，包含防治效果不佳、經費不足及相關配套研究不夠等。又，當時若

要在台灣實施以不孕性昆蟲技術滅絕東方果實蠅，必須進行全面性的釋放。台灣面積 360 萬公頃，滿足所需釋放蟲數的經費約為 6,620 - 31,162 億元。此經費遠超過台灣水果之產值，亦超過國民之總所得，因此不適用此技術來防治東方果實蠅。

#### 四. 利用不孕性昆蟲技術防治東方果實蠅可行性再評估

台灣現今東方果實蠅的密度遠低於 30 年前的密度，田間僅誘到 6.5 隻／誘引器／天。如政府要實施不孕性昆蟲技術防治東方果實蠅，以當時日本在沖繩縣成功滅絕瓜實蠅案例（所需經費如表 1），我們需先花費 44 億元及 5 年時間建立養蟲

表 1. 1984 - 1993 年間沖繩縣各群島之瓜實蠅不孕性雄蟲防治費用  
(改自沖繩縣病蟲害防除技術中心網路資料)

| 項目                        | 沖繩群島                      | 宮古群島                   | 八重山群島                  | 總計                        |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| 防治面積 (公頃)                 | 137,920                   | 22,714                 | 58,612                 | 219,246                   |
| 累積防治面積 (公頃)<br>(密度減低防治面積) | 23,415,441<br>(1,163,766) | 4,736,241<br>(215,968) | 9,703,677<br>(114,542) | 37,855,359<br>(1,494,276) |
| 釋放數量 (萬隻)                 | 3,094,104                 | 634,197                | 1,543,771              | 5,272,072                 |
| 經費 (新台幣億元)                | 15.2                      | 5.2                    | 9.25                   | 29.65                     |
| 動員人次                      | 135,250                   | 70,516                 | 82,098                 | 287,864                   |

表 2. 台灣施行不孕性昆蟲技術防治東方果實蠅預估經費說明 (單位：新台幣)

| 項 目               | 費 用                                                                                                                                                                         |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 設施及建設費            | 44 億元 (台灣面積為沖繩縣之 16 倍，經費暫估一致) (1970 年為 27 億，依目前物價指數估算)                                                                                                                      |
| 飼養費及工資<br>(每年)    | ◎ 6.5 (全年平均密度) × 549 (監測點) × 20,000 倍 = 0.71 億隻 (每日全台之野生雄蠅總數)<br>◎ 0.71 億隻 × 7 天 × 10 倍 × 52 周 = 2,584 億隻 (每年總釋放蟲數)<br>◎ 2,584 億 (台灣每年釋放數) × 0.056 元／隻 (估算沖繩縣養蟲費用) = 145 億元 |
| 後續監測藥劑耗材費<br>(每年) | 16 元／片 × 4 片／公頃 × 3,600,000 公頃 × 12 月 = 27.6 億元                                                                                                                             |
| 總計                | 173 億元／年 (尚不包括建設費用)                                                                                                                                                         |

設備，每年再花費 173 億元來釋放不孕性雄蟲（如表 2）。而且至少需防治 5 年，所需總經費為 700 億元以上，還不一定能將台灣的東方果實蠅滅絕。因為有效的不孕性雄蟲必須具有旺盛之飛翔尋偶能力，在與野生雄蟲競爭下，才能搶先和野生雌蟲交尾。台灣高山及野生寄主植物林立，不孕蟲不一定會停留在果園，對棲息於目標果園內之野生雌蟲繁殖力的抑制效果極為有限，另外其亦不易找到野生雌蟲。此也是不孕性昆蟲技術只適用於完全隔離區（平地較易達成）才能收效之主因。

## 五. 結論

目前尚無任何國家實施大面積的區域全部執行不孕性昆蟲技術措施。以沖繩縣應用不孕性昆蟲技術撲滅瓜實蠅為例，其為日本面積最小的一個縣，日本中央政府將經費集中於最小的一個縣，才能夠達成不孕性昆蟲技術的防治目標。假設現在建議日本政府要以不孕性昆蟲技術進行全國性防治工作，日本政府也不敢去執行；同樣的，若以目前所監測到東方果實蠅密度的狀況，台灣要採行不孕性昆蟲技術防治全國的東方果實蠅，甚至是投入全國農業的總預算，也未必能予以成功撲滅。

政府目前採用之滅雄法（以含毒甲基丁香油誘殺雄蟲）進行的共同防治計畫已有很好的經濟效益，使東方果實蠅密度由 1994 年每個誘捕器之 25.2 隻／天，逐年降至 2008 年 6.5 隻／天。

雖然果農普遍反應以前釋放不孕性雄蟲時，東方果實蠅的危害較少，而現在未釋放不孕性雄蟲，危害較先前嚴重。我們認為現在東方果實蠅問題較嚴重的原因如下：

（一）當時於進行釋放不孕性雄蟲工作之後幾年，同時也採用滅雄法，即以直升機進行含毒甲基丁香油之棉繩及甘蔗板之投放，其效果為此兩種防治方法之共同成果。至於現行採用之共同防治方法，須果農配合於果園懸掛誘殺資材，惟部分果農疏於使用或對其防治效果信心不足而未全力配合，進而影響防治效果。

（二）果農因評估收益比，只採收較高單價的一期果品，致使在某段期間對果園缺乏管理，亦未清除落果，造成蟲源孳生。相較於早期農民均將所有果實採收，亦回收落果製作加工品，有效減少其孳生源，故以前的東方果實蠅問題較少。

（三）廢棄果園數量增加，且粗放管理果園，落果亦多而無人清理，使東方果實蠅問題比以往嚴重。

東方果實蠅已有很強的誘引劑，應該妥為運用才是。以目前我國東方果實蠅之發生量，若要釋放比野外族群更多 10 倍的不孕性雄蟲，所花費的預算必是天文數字。全域防治（area-wide control）在東方果實蠅防治上，已成為世界共通的概念，規劃防治工作時，對於族群擴散能力應審慎評估，確實掌握族群動態，精確規劃防治工作範圍及指導農民採用最適合的防治方法。未來我國宜加強相關的研究，以滅雄法為主，滅雌法為輔，以更有效降低東方果實蠅族群密度及偵測田間族群狀況；同時宣導農民注意田間管理，清除落果，降低孳生源；在危害嚴重果園，採用套袋及噴灑化學藥劑，降低果實受害率。此外，推廣種植經濟價值較高水果，加強教育宣導等，亦為重要的防治策略。 