

抗藥性小菜蛾綜合防治

農試所應用動物系研究員／鄭 允



抗藥性小菜蛾噴藥後，全身沾滿藥粉仍不死亡。



小菜蛾成虫



小菜蛾蛹



小菜蛾卵

自 1945年爪哇報導小菜蛾可對DDT及其他有機磷劑產生抗性起就陸續有報告指出，小菜蛾對有機磷、氨基甲酸鹽、合成除虫菊精劑，甚至數年前才引入本省的昆虫生長調節劑，均可產生嚴重的抗藥性，此一現象，廣見於世界各地。以亞洲各國小菜蛾對合成除虫菊精劑產生抗性為例，一般約在使用後1~4年，合成除虫菊精劑就失去效能。小菜蛾的抗藥性問題已於1986年國際學術界在農藥抗性的報導中被列舉，「世界農藥工業聯合會」的「殺虫劑抗藥性工作委員會」在1988年報告中，也將抗藥性小菜蛾列為園藝作物中首要害虫，近年來，從東南亞至日本均極重視此一問題，而進行多項研究。

小菜蛾抗藥性之特質

1. 有機磷劑

目前使用的農藥中，種類最多的是有機磷類殺虫劑，小菜蛾對各種不同的有機磷劑有不同反應，部份有機磷劑能迅速引起強烈抗藥性。在室內的研究中，佈飛松可在12代內引起32倍之抗性，而美文松則在連續使用20代後，僅能誘發5~8倍之抗性，並且抗美文松的能力很容易消退。

小菜蛾對有機磷類之抗藥性可依停止用藥後，抗性強度逐代消退之能力而區分為3大類：(1)不穩定型，此型抗性消退很快，如美文松、賽達松及滅大松的抗性消退為所有有機磷劑中最快者。(2)抗性穩定度為中間型者，如佈飛松及普硫松。(3)穩定型抗性，如達馬松、美福松及拜裕松所引起者，小菜蛾對第3類藥劑之抗性消退極為緩慢，甚至不消退。以上的區分與田間偵測的結果極為吻合，本省一般抗性問題強烈之蔬菜專業區中，小菜蛾對美文松、賽達松及滅大松的抗性較低且不穩定，但卻對達馬松及美福松等有強烈之抗性，此特質就是屬不穩定抗性型之有機磷劑仍可在部份田間發揮防治效果之主

因。

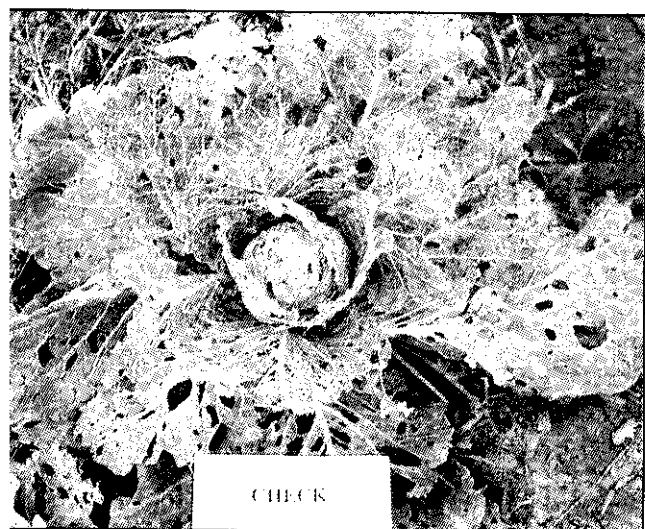
美文松是農林廳推荐於蔬菜使用的安全藥劑，因為它在蔬菜上殘留時間最短，而且在農試所測得資料中也顯示出，所有有機磷劑中，以美文松所遭遇的抗藥性問題最低。一般農民常誤認為美文松殘效短，所以效果不佳，實際上，美文松的特性即效果快而殘效短，噴灑藥劑時採用較細的噴嘴，除了葉面以外，葉背及隱密的部位均需噴到，方能直接殺死害虫。美文松雖然消退快，安全採收期短，為較安全之藥劑，但此一定義係僅對消費者而言。因為美文松之急毒性高，對施用藥劑之農民而言，卻是極為危險之藥劑，因此農民施用美文松時須格外注意防護措施，千萬不可把對消費者之安全定義誤認為對施藥者之安全定義而將兩者混為一談。

2. 氨基甲酸鹽類

多數氨基甲酸鹽類殺虫劑對小菜蛾的致死能力不佳，以感性品系測試多種藥劑時，效果最低的3種藥劑即為加保利、安丹及納乃得。其主因係源自小菜蛾與生俱來的多功能氧化酵素對氨基甲酸鹽類有高分解能力。類似的現象亦見於感性家蠅，其與生俱來的多功能氧化酵素之高活性使家蠅對氨基甲酸鹽有天然的耐藥力。氨基甲酸鹽除易引起極高的抗藥性外，對小菜蛾之天敵及非目標生物之毒性亦高，最好避免使用。

3. 合成除虫菊精

小菜蛾對多種合成除虫菊精之抗藥機制主要均為同一種多功能氧化酶，因此各種除虫菊精藥劑間的強烈交互抗性關係至為明顯。此一後天所引起之多功能氧化酵素，僅存在抗合成除虫菊精的小菜蛾品系中，不能分解氨基甲酸鹽，因此在此兩類藥劑間並無交互抗性，其證據為：(1)當1970年代氨基甲酸鹽已失效多時，再引入合成除虫菊精防治小菜蛾卻仍極為有效。(2)使用加保扶汰選出之抗性品系並未對合成除虫菊精產生交互抗性



甘藍菜遭小菜蛾危害情形

→ (3)感性之宜蘭品系用協力劑可增加加保利效果47倍，但卻無法增加加保扶及合成除虫菊精之藥效。

一旦消除合成除虫菊精藥劑汰選之壓力，抗藥性立即發生消退現象，但其消退速率依小菜蛾品系之不同稍有差別；若再恢復使用合成除虫菊精時抗藥性重現之速率很快。

4. 有機氫劑

無論日本或台灣長期使用培丹以後，都僅在田間產生中等程度之抗性，但在室內經汰選及馬來西亞之Cameron高地可測得較高之抗性。對培丹之交互抗性在美文松或賽達松汰選之抗性品系中曾被發現；經由芬化利汰選之抗性品系亦曾引起對培丹之少許抗性。培丹抗性機制迄今原因不明，然最近測試具多重高抗性品系與感性品系雜交出之子代，對培丹反而有較抗性母系更高之耐藥力，同時此一雜交子代體內酯酶之活性無論在種類或活性均較父系及母系有增加情形。是否由於子代體內之廣效性酯酶活性升高³，可分解培丹之Thio-ester鍵造成此耐藥力，也曾被提出是抗性之可能來源之一。應用上田間使用培丹時，對小菜蛾初效極佳，但田間之降水或夜間低溫凝結之露水有沖刷作用，

可使此一水溶性極高之藥劑持效降低，因此使用培丹宜在晨間，避免在黃昏時噴藥，以減少隔夜露水之影響，並且施藥後如遇驟雨應於第二日補噴。

5. 昆虫生長調節劑

就字義而言，昆虫生長調節劑涵括所有有關昆虫生長激素及能造成昆虫生長干擾的藥劑。迄今在小菜蛾上達實用階段的昆虫生長調節劑僅有benzoylphenyl urea (BPU) 一類的teflubenzuron (得福隆) 及chlorfluazuron (克福隆) 兩種而已，但在本省田間推廣使用僅一年，即已造成超過2,000倍之抗藥性，因而失去應用價值。其抗性機制可能源自小菜蛾體內新誘發之多功能氧化酵素，更由此可見多功能氧化酵素之多變性與高解毒能力。但此抗性對其他藥劑並無交互抗性。

在停用該類藥劑後小菜蛾對昆虫生長調節劑之抗性消退極為迅速，但歷經11代後也尚無法消退至原有感度。

6. 蘇力菌

蘇力菌屬生物性殺虫劑，迄今小菜蛾似乎也有產生抗藥性的跡象，而新發展的蘇力菌產品效果比較優良，然蘇力菌易受自然環境的影響以致防治效果不穩定，故農民常在使用時另行摻用1~2種殺虫劑。就小菜蛾而言，由於各類化學藥劑均可能造成抗性，使用蘇力菌仍不失為一可行之防治方法。此外，為減少蘇力菌易被陽光中紫外線破壞的情形，施藥宜於黃昏前進行，以延長施藥後蘇力菌與害虫接觸的時間，此一操作要點恰好與培丹相反。在接近採收時若仍需施藥，亦以採用蘇力菌為宜，可減少農藥殘留問題。

7. Avermectin

Avermectin為macrocyclic lactones，係由土壤微生物Streptomyces avermitilis醱酵分離而來，效果極佳但價格亦很高。是否會產生抗藥性仍有待觀察。

交互抗性

另外一項嚴重影響藥劑選擇與淘汰的是交互抗性之有無。如果兩種藥劑間有交互抗性之關係存在，即使其中一種藥劑從未使用過，也因對第一種藥劑之抗性，使第二種藥劑失效。在選用更新藥劑時，一定得避免選到有交互抗性關係的藥劑，如：第滅寧與芬化利、百滅寧與賽滅寧間，均有強烈之交互抗性；有機磷類之殺虫劑種類太多，構造各異，交互抗性的問題亦極為複雜，如佈飛松與拜裕松、施力松間均有強烈之交互抗性。目前，對小菜蛾最有效之有機磷劑——美文松，是誘發抗藥性能力較低的一種藥劑。

就不同類型藥劑間之交互抗性而言，小菜蛾對加保扶之抗藥性極為獨特，與其各類型之藥劑間幾乎沒有交互抗性關係存在；培丹可誘發小菜蛾對其他類型藥劑產生輕微的交互抗性。

對抗抗藥性之策略

1. 撤銷無效農藥登記及使用

無效農藥之繼續使用只會造成農藥之浪費、殘毒問題之增加以及抗性之持續上升，因此就合理之防治策略而言，應及早撤銷其登記並勸導農民停止使用。如在泰國，小菜蛾已對芬化利及百滅寧發生抗性在先，但於1978年又推廣賽滅寧、第滅寧，以致防治效果極差，即為一實例。一般而言，已註銷使用之農藥在未經鑑定抗性消退情形前，絕不可再使用，因對同一農藥之抗性再發生速率要較第一次為快，即使屬於不穩定抗性之藥劑如美文松之再使用，也應在極嚴密之監視體系下進行。

2. 抗性之稀釋

一旦停止農藥使用，許多抗藥性有自然下降現象，在遺傳上此類抗藥性屬隱性因子，感性個體反而屬顯性，兩者雜交之後代抗

藥性有明顯下降情形，因此在特殊之低虫口密度季節，或使用強烈化學防治處理後所殘存少量小菜蛾密度時，可引入感性品系（必需無害於當時蔬菜生產），以急驟降低田間抗性強度而重新規劃合理用藥；長期停用某類藥劑，亦可因遺傳雜交之稀釋而降低小菜蛾對該類藥劑之抗性，而達到重新合理管理小菜蛾防治技術之目的。

3. 建立殺虫劑之輪用制度

目前最合理可行之克服抗藥性技術即為輪用無交互抗性關係之藥劑，此種理性化之防治策略有3項基本要件：

(1)所使用之殺虫劑間完全無或甚少有交互抗性。

(2)須能正確評估經濟防治界限，以便決定何時開始輪用有效劑。

(3)必須能敏銳的偵測出小菜蛾對所用藥劑抗藥的變化。

依此施用藥劑可避免急速的產生抗性。目前台灣在蔬菜栽培期，僅有少數藥劑可供5~7天的施藥頻度使用，故一種藥劑最好在一個栽培期中只使用兩次，最後兩次的施藥可以蘇力菌混合美文松使用以兼顧殘毒安全問題。藥劑的輪用次序可取決於每兩年在各地區對芬化利、拜裕松、美文松、培丹及加保扶等藥劑之抗強度追蹤。有機磷劑間的交替由於涉及交互抗性，可根據檢測美文松、賽達松、滅大松及亞特松的結果而決定。

4. 使用協力劑

使用協力劑的實際效果尚未被完整地評估，PB雖然可以減慢對芬化利抗性發展的效率，但小菜蛾亦可對PB產生抗性。

5. 使用生物性製劑

本省目前唯一廣被應用於小菜蛾防治的生物製劑僅有蘇力菌 (*Bacillus thuringiensis*)。以往由於其效果緩慢，作用機制不明顯，目前已有新代之蘇力菌製劑出現，效果不錯。