

農藥抗藥性管理指引 — 基礎篇



許如君 編著

農藥抗藥性管理指引 基礎篇

編著：許如君



目錄

序言	4
名詞定義	6
第一章 抗藥性介紹	8
1.1 抗藥性問題及其原因	8
1.2 抗藥性管理的目標及挑戰	9
1.3 農民的教育訓練	10
1.4 業者的責任	10
第二章 抗藥性風險 評估	12
2.1 抗藥性基本介紹	12
2.2 抗藥性機制	16
2.3 抗藥性產生的主要因素	19
第三章 抗藥性之預防及管理	32
3.1 抗藥性管理計畫之制定	32
3.2 一般原則	32
3.3 所有類型農藥 - 抗性管理策略	35
第四章 抗藥性的檢測及驗證	40
4.1 抗藥性檢測及監之目標	40
4.2 抗藥性驗證之方法	42
4.3 測試流程	47
附件	48



序言

「農藥抗藥性管理指引」是一本介紹抗藥性管理的專書並兼具農藥使用的工具書，重點節錄了聯合國糧農組織在 2012 年出版的「Guidelines on Prevention and Management of Pesticide Resistance」文件，介紹國際上防止及管理抗藥性的相關觀念與作法。

抗藥性管理是晚近十年來才開始發展的科學，除了喊了數十年輪替用藥的口號外，應要有更積極的用藥指導，如抗藥性基本原理的認識，輪替的原則及如何選擇用藥等，才能真正落實抗藥性管理。有鑑於此，本書介紹抗藥性問題及其發生的原因、抗藥性管理的目標及挑戰、抗藥性的風險評估、抗藥性之預防及管理以及抗藥性的檢測及驗證。

國內近年來開始著重抗藥性管理，目前在動植物防疫檢疫局的網頁 (<https://www.baphiq.gov.tw/>) 有相關的抗藥性管理宣傳頁可供下載，如 2015 年公告的十字花科小菜蛾的雙窗口防治策略的建議，針對十字花科蔬菜的蟲害及病害用藥及水稻雜草防治用藥建議的單張宣傳頁。邇後更打算更新水稻蟲害及豆科作物如豆菜、小葉菜及根菜類的蟲害用藥管理的宣傳頁，以供農民用藥時參考。使用農藥時，請依下列建議進行害物的抗藥性管理：

1. 農藥是進行植物保護工作時，眾多防治工具中的最後選擇，不到非不得已時，絕不輕易用藥。
2. 不以農藥為主要及唯一的防治手段。使用農藥時，輪替不同作用機制，不亂混用藥劑。
3. 用藥前需尋求專家的建議，如各地區試驗改良場所及大專院校相關科技之農業推廣及植物保護專家。

4. 取得最新的正確用藥及防治資訊：行政院農業委員會動植物防疫檢疫局農藥資訊服務網 <http://pesticide.baphiq.gov.tw/>。
5. 可參照農業藥物毒物試驗所編列的植物保護手冊用藥。
6. <http://www.tactri.gov.tw/wSite/ct?xItem=3691&ctNode=333&mp=11>
7. 選擇適當的防治時機用藥，如害物發生之初，或害物出現之時。
8. 依農藥標籤用藥，不隨意增減藥劑的劑量或單位面積使用量。
9. 懷疑害物對農藥產生抗藥性時，請向農藥產品登記業者反映或將相關資訊提供農政單位追蹤。

重要資訊來源：

- 動植物防疫檢疫局農藥資訊服務網 <http://pesticide.baphiq.gov.tw/>
- 植物保護手冊 <http://www.tactri.gov.tw/wSite/ct?xItem=3691&ctNode=333&mp=11>
- 節肢動物抗藥性資料庫 <http://www.pesticideresistance.org/>
- 殺菌劑抗藥性行動委員會 <http://www.frac.info/>
- 殺蟲劑抗藥性行動委員會 <http://www.irac-online.org/>
- 除草劑抗藥性行動委員會 <http://www.hracglobal.com/>
- 殺鼠劑抗藥性行動委員會 <http://www.rrac.info/>
- Guidelines on Prevention and Management of Pesticide Resistance. FAO. 2012. http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Code/FAO_RMG_Sept_12.pdf



名詞定義

抗藥性 (Resistance)

學理上，指生物在農藥選汰下所產生之遺傳特性改變，結果可能會造成田間防治失效。實務上，則指有害生物族群遺傳特性改變而對農藥的感受性變差，在排除農藥產品變質、施用不當或施用時異常天候或環境等其他影響防治效果的因子，且農藥依正確的使用方式仍然發生多次低於預期的防治效果。

交互抗性 (Cross-resistance)

當有害生物對某一農藥產生抗藥性時，對另一個沒有接觸過的農藥亦產生抗性。交互抗性通常發生在具有相同作用機制的農藥，但不一定發生在具有相同化學官能結構的農藥。

多重抗性 (Multiple resistance)

同一生物體中存在很多不同的抗性機制，導致可以對抗很多不同作用機制的農藥。在田間，多重抗性及交互抗性可同時存在，但前者由不同的選汰累積，後者是由相同抗性機制農藥選汰而導致。

抗性機制 (Resistance mechanism)

害物避免被農藥殺死的生物性反應。抗性生物可能具一種以上的抗性機制。

抗性選汰 (Resistance selection)

農藥處理族群後，感性個體被汰除但抗性個體存活下來能夠產生後代的過程。如一直存在農藥選汰壓力下，害物族群會變得對農藥越來越不敏感。選汰過程可以快如數季或慢如數年，端賴害物接受農藥的劑量及對特定農藥的遺傳特性。

作用機制 (Mode of Action (MOA))

農藥造成有害生物死亡的生化過程。通常指的是作用標的位置或

生物反應過程。

代謝抗性 (Metabolic resistance)

農藥成分的代謝速率影響其致死表現。如抗性蟲能比感性蟲更快解毒或分解藥物。昆蟲利用它們的酵素系統分解殺蟲劑，抗性品系有較多的酵素能有效解毒，或是有較高的分解效率。

穿透抗性 (Penetration resistance)

昆蟲具有的抗性機制，表皮構造造成農藥進入體內的快慢影響其致死表現。通常和其它種抗性機制同時發生。

標的抗性 (Target site resistance)

農藥因在標的部位的作用機制造成害物死亡，害物對農藥作用的標的部位產生改變，不再對農藥具敏感性，稱為標的抗性。

行為抗性 (Behavioural resistance)

有害生物改變行為以避免農藥的致死效果。生物仍對農藥具有感受性，如強迫接觸藥劑時，仍對致死劑量敏感。行為趨避的個體存活及繁殖，發展出行為抗性品系。

多作用部位化合物 (Multisite compound)

一種化合物可影響多個標的部位。因需多個標的部位同時發生才會產生抗性，故較單一作用部位的化合物更不易產生抗性。

診斷劑量 (Diagnostic dose)

決定害物是否產生抗藥性的劑量，如診斷產生抗性通常代表田間防治用藥失效。

區分劑量 (Discriminating dose)

決定個體對農藥反應為抗性或感性的劑量，和田間防治效力無直接關係。





第一章 抗藥性介紹



1.1 抗藥性問題及其原因

抗藥性的產生具有遺傳性，這些抗性的基因原本就因自然突變存在有害生物（害物）族群中，當有害生物暴露於致死的農藥劑量時，帶有抗性基因的個體生存下來，不具抗性基因的個體即遭到淘汰。帶有抗性基因的個體存活下來，並經由遺傳方式將抗性的性狀傳給後代，持續的使用農藥會對害物產生持續的選汰壓力，此過程使得抗性基因在有害生物族群中散播開來。如果持續使用農藥，帶有抗性基因的害物之族群存活率將會代代提高，且其對農藥的感受性則代代降低，最後農藥不再具有理想的防治效果。

有些防治作法會加速族群產生抗藥性，包括：

- 持續且頻繁地對害物族群使用單一種或作用機制相同的農藥
- 田間使用的農藥稀釋倍數低於或高於推薦稀釋倍數
- 一個區域中農藥噴灑的覆蓋率不佳
- 對於族群量大且世代短的害物頻繁地使用農藥
- 沒有儘可能地配合非農藥資材及方法進行防治

- 同時使用單一或類似的化合物處理害蟲的幼蟲及成蟲階段

此外，如未能遵守優良農業操作方式，未採用作物輪作及未維持田間衛生管理、維持農場設施設備的清潔，針對雜草種子及病原菌孢子傳播沒有預防措施，皆可能加重抗藥性有害生物的蔓延。

1.2 抗藥性管理的目標及挑戰

抗藥性管理的目的為防止或至少減緩害物族群中的抗性個體擴大增殖，以維持農藥初上市的防治效果。抗藥性管理亦稱為感受性管理，其目標為維持感性基因在害物族群中的高頻度。然而，如何在提供必要程度的植物保護下，尚能降低農藥對害物的選汰壓力是我們面臨的挑戰。瞭解抗藥性管理的原則相對簡單，但實際應用在作物或害物上則很困難。很不幸的，沒有任何一個抗藥性管理的法規或作法可以應用在全球的農藥、害物及作物，抗藥性也不僅是單靠新作用機制的農藥或傳統農藥在使用上作調整，可立即克服。

抗藥性管理的要求：首先，使用合理的害物防治策略，根據整合性害物管理 (Integrated Pest Management, IPM) 原則，降低農藥的使用量及選汰壓力；第二，針對特定害物、作物及區域的綜合性，訂定抗藥性管理計畫 (Resistance Management Plan, RMP)，此亦屬害物整合性管理的一部分。IPM 的關鍵原則就是絕不輕易使用農藥作為防治手段，僅在絕



對必要的情況下才使用農藥，儘可能使用替代性害物管理手段，IPM 使農藥選汰壓力降到最低，避免抗藥性的產生，這才是構成抗藥性管理的根本作法。

1.3 農民的教育訓練

社會經濟及基礎設施因素是影響抗藥性管理計畫能否成功的因素。成本是農民最關心的事，農民總是偏好花費最低的農藥產品。對防治成本而言，防止抗藥性的產生需優先考慮，但農民卻不清楚，特別當農藥價格很低，而需很長時間才會出現抗藥性的問題。如果農民知道依循整合性害物管理 (IPM) 及構思抗藥性管理計畫 (RMP) 可增加收益，那麼農民才更容易遵循這些做法；但如果這些方案無法看到優勢，或採用的農藥太貴，則不易推廣，同時增加抗藥性發展的機會。因此，對於任何 RMP 的執行，農民的教育訓練及接近此資訊的機會是很重要的，農民必須知道為了實行 IPM 以及防止抗藥性的產生，他們需要做什麼，以及為何預防抗藥性很重要，這些訊息必須廣泛讓農民獲得及瞭解。

1.4 業者的責任

研發業者開發一個新農藥需耗費約 70 億臺幣，為了延長獲利，需讓所開發的農藥產品能持續的受到農民的青睞。因此，業者需讓產品在市面上能維持藥效，業者對於抗藥性的管理應



有更積極的態度，包括針對農民的教育訓練、持續監測田間的藥效以及農藥標示記載預防抗性的產生等都是業者該負的責任。



第二章 抗藥性風險評估

為了有效預防及管理抗藥性發生，我們必須瞭解抗藥性產生的基本原理、抗藥性的發展及散播的因素。

2.1 抗藥性基本介紹

2.1.1 什麼是抗藥性？

抗藥性被定義為生物族群經農藥篩選後所產生的遺傳改變，抗藥性的產生初期並不會對害物防治造成影響。例如，於實驗室中可以觀察到低程度的抗藥性，但卻不會立即造成田間防治的問題。不過，等到田間發現抗藥性時，代表田間防治失效，因此，我們需早期監測及針對抗藥性發生初期研擬對策。

當害物因對農藥產生抗藥性而難以防治時，我們稱之為「實際的抗藥性」，這是害物族群中所累積的遺傳變異造成了感受性的改變，當我們施用核准使用濃度防治時，就算重複施用該濃度卻仍然不能達成原預期能對特定害物有效防治，便是產生抗藥性。而且，藥劑防治失敗需同時排除了農藥的不當儲存、不當施用、異常的氣候及環境等情況導致失敗的因素，才可斷定是抗藥性造成。



另一個較前述狹隘的定義為，造成經濟上的問題時才稱為抗藥性，但此時再建立抗藥性管理措施，則為時已晚。

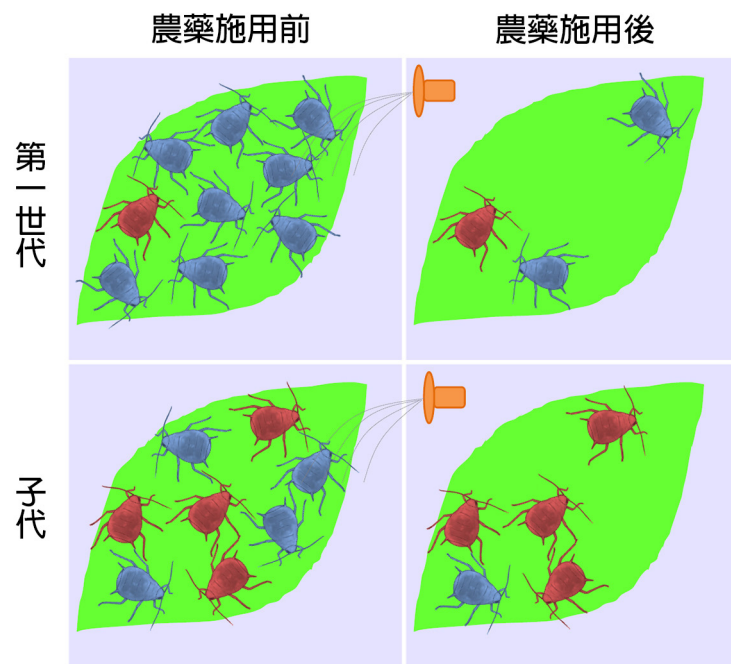


圖 1. 農藥的使用可以篩選出抗性害物。在此圖中，親代僅有一隻蚜蟲對農藥具有抗藥性的遺傳變異（紅色），當農藥使用後，因為不具抗藥性遺傳變異的感性蚜蟲（藍色）被農藥淘汰，造成抗性個體的子代逐代增加，反覆地施用此農藥後，最後族群會全由抗藥性的個體組成。



2.1.2 抗藥性的遺傳基礎

抗藥性肇因於自然發生的基因突變，小部分族群中帶有此突變的個體能夠抵抗農藥造成的負面影響並存活下來；如果持續使用同種農藥，此優勢會持續存在，抗性個體會藉由生殖將能造成抗藥性的遺傳變化從親代轉移至子代，經由此篩選過程，最終族群大部分皆為抗性個體，導致藥劑失去防治成效（圖 1）。另一個容易和抗藥性混淆的名詞則為耐受性 (tolerance)，耐受性可以出現在害物暴露於農藥半數致死劑量之後，但不具遺傳性，不能傳遞給後代。

抗藥性的發展是種遺傳的過程，賦予抗藥性的特性及特徵牽涉到一個或多個基因的改變。基因位於細胞中的染色體上，生物個體會經由繁殖，將獨特的基因結合體傳給後代，對偶基因是染色體上對應排列的兩個基因，例如，對偶基因可能由一個抗性性狀 (R) 及一個感性性狀 (S) 組成，又稱等位基因。

大多數多細胞生物屬於二倍體生物，擁有兩套染色體，也就是說每個染色體上的每條基因都具有一對，假如等位基因的兩個基因相同，稱之為同型結合子，假如等位基因的兩個基因不相同，稱之為異型結合子。但例外是有些生物（如大部分處在無性生殖世代的真菌）為單倍體，它們擁有單套且不成雙的染色體。

抗性等位基因可以分類成顯性、半顯性及隱性基因。如果



抗性基因屬顯性或半顯性，親代中只要有一個具備抗性基因即可完全或部分於子代中被表現；如果是隱性基因，則兩個親代必須都具備抗性基因。幸運的是，大部分的抗藥性基因都為隱性基因，因此可透過隱性或半顯性等位基因減緩抗性基因在族群中的擴散速度。

抗性基因，也就是讓生物在暴露農藥的情況下能存活的遺傳性狀，可在等位基因中的其中一個基因或兩個基因上找到，當兩個等位基因皆存在抗性性狀 (RR)，害物就具有抗性同型結合子，其很有可能對農藥具有高抗藥性，也一定會將一個抗性等位基因遺傳給子代，假如子代也從另一個親代那裡獲得抗性基因 (R)，它們也將會是 RR；如果對偶基因中僅存在一個抗性基因 (RS)，則害物具有抗性異型結合子，其對農藥的抗藥性程度較低，可能會或可能不會將抗性基因傳遞給子代；如果害物具有感性同型結合子 (SS)，其對農藥則很敏感。

未接觸過農藥的生物族群通常對農藥完全敏感，在這些族群中的抗性基因頻度很低，這通常與適存度代價 (fitness cost) 有關，意味著具抗藥性的生物失去某些特性作為獲得抗性性狀的代價，舉例來說，在抗性生物中可發現到存活率及生殖能力較低、發育速率較慢或整體上較不強健。因為抗性會造成適合度代價的產生，一旦農藥移除之後，抗性生物相較於感性生物而言較不佔優勢，因而感性生物將較具優勢，原則上整個族群也將會回復到感性狀態。



回復感受性是在抗藥性管理過後的基本假設，然而回復感性的速率是多變的，特別是當農藥已經被使用很長一段時間，回復感性的速度可能就會非常緩慢，這也是為何在抗藥性產生之後，防止抗藥性繼續發展比試圖消除抗藥性更適當的原因。

2.2 抗藥性機制

害物暴露在農藥毒物環境中，需藉由各種不同的解毒途徑以免於毒害，此稱抗藥性機制。當兩個或以上不同抗藥性機制同時存在於害物中時，抗性往往更容易產生。抗藥性機制可分為以下常見的分類。

A. 酵素的代謝解毒作用

昆蟲最常藉由代謝解毒而產生抗藥性，而雜草及病原菌則較不常見。昆蟲藉由酵素系統將自然發生的毒性物質進行代謝解毒，這些系統包括酯酶 (esterases)、細胞色素單氧酶 P450 (cytochrome P450 mono-oxygenases) 及麩胱胺硫基轉移酶 (glutathione S-transferases)。抗性昆蟲可藉由提高特定酵素的表現量及活性或改變酵素的結構，使農藥的代謝反應變得較為快速。在這兩種情況下，抗性昆蟲皆可在農藥殺死它之前將農藥代謝解毒。

代謝抗性的範圍可從對特定化合物到普遍對廣泛化合物的抗性；同樣地，昆蟲的抗藥性程度可以從非常低到非常高，隨



著化合物的不同，抗藥性程度也會有所不同。這個代謝抗性機制通常會將農藥分子分解或在農藥的分子結構上加入其它分子，例如，麩胱胺硫基轉移酶將麩胱胺加上農藥化合物使其更易於排出而解毒。

增加代謝能力在雜草上也是常見的抗性機制，舉例來說，增加乙醯輔酶 A 羧化酶 (acetyl-CoA carboxylase, ACCase)、乙醯乳酸生成酶 (acetolactate synthase, ALS) 及光合體系 II (photosystem 2, PS2) 代謝除草劑的速率已被報導。

B. 標的作用部位對農藥的不敏感性

此類抗性機制是指生物體內原農藥的結合部位結構改變導致農藥無法再有效的結合到標的部位，因而消除或顯著降低農藥的有效性，這在真菌及雜草中是常見的抗性機制，在昆蟲上更是非常常見。以下是四種昆蟲中普遍存在的標的部位抗性：

- 擊昏抗性，影響神經細胞上的鈉離子通道，這是滴滴涕 (DDT) 及合成除蟲菊酯類 (pyrethroids) 殺蟲劑普遍存在的抗性機制。目前也已發現鈉離子通道基因上存在一些點突變會造成擊昏抗性。
- 乙醯膽鹼酯酶的結構改變，使其不再受到殺蟲劑的影響，常見於昆蟲對有機磷及胺基甲酸鹽的抗性機制。
- 在 γ - 胺基丁酸受體 (GABA receptor) 上的點突變降低地特靈 (dieldrin) 的結合能力。



- 蘇力菌 (Bt) 抗性發生於鈣粘蛋白 (cadherin) 損失的時候，鈣粘蛋白在細胞的黏附上扮演重要的角色，可確保組織中的許多細胞能確實粘結在一起，譬如，在小菜蛾 (*Plutella xylostella*) 對 Bt 的抗性中發現此機制。

另外也有許多雜草標的部位抗性的例子，其中最為重要的包括：

- 乙醯乳酸生成酶
- 乙醯輔酶 A 羧化酶
- 光合體系 II

C. 降低農藥穿透的效率

這個機制減緩了農藥穿透抗性昆蟲表皮的速率，單靠此機制僅會產生低程度的抗藥性。然而，藉由減緩毒性物質穿透表皮的速率，可以加乘性地提高其它抗性機制的影響，舉例來說，一個昆蟲若沒有穿透抗性，其抗性比可能為 25 倍，反之，如果農藥穿透能力減少一半，則整體抗性可能約為 50 倍。

D. 隔離作用 (Sequestration)

植物可將農藥從較易受到傷害的部位移行至耐受度較高的部位，例如，農藥在液胞時，便對標的部位無害。這種機制在嘉磷塞 (glyphosate)、巴拉刈 (paraquat) 及二四地 (2,4-D) 等



三種除草劑上被證實。對於昆蟲而言 (如蚜蟲)，酯酶顯著增加 (約為蟲體總蛋白的 15%) 並會結合殺蟲劑，只是在這個作用下，殺蟲劑不會被代謝，而是被酯酶隔離。

E. 行為抗性

行為抗性僅限於昆蟲、蟎類及嚙齒類等動物發生，動物行為上的任何改變可幫助它們免於農藥的致死影響稱之。此抗性機制已在好幾類的殺蟲劑抗藥性中被報導，包括有機氯類、有機磷類、胺基甲酸鹽類及合成除蟲菊酯類殺蟲劑。如果昆蟲偶然接觸殺蟲劑，它們可以停止取食，或離開農藥噴灑的區域 (如：移動至農藥噴灑到的葉片的下側、移動至作物覆蓋物的深處或飛離農藥噴灑的區域)。亦曾報導老鼠具行為抗性。

行為抗性雖不若生理抗性重要，但還是對抗藥性有貢獻，可以躲避農藥的致死劑量。

2.3 抗藥性產生的主要因素

抗藥性產生的風險在不同的農藥及害物種類間是不同的，現今因很多具專一性的特定作用機制農藥的使用造成抗藥性產生的風險特別高。一般而言，使用具單一作用標的部位及廣泛且頻繁使用的農藥來防治生活史短的危害物，相較於使用具有多個作用標的部位及較不頻繁使用的農藥防治生活史長的危害物，有較高的抗藥性產生風險。前者中，農藥對害物的選汰壓力會



非常高，而在後者則相對較低，話雖如此，抗藥性的產生往往無法預測。

對於目前可使用的農藥，往往可取得許多不同作物及害物的抗藥性資訊，這個資訊可用來評估害物對新使用的農藥產生抗藥性的風險。然而，新發展農藥如果具新化學基團，評估其抗藥性產生的風險就會變得困難，有了類似的化學物質及標的害物的經驗，以及該化合物的作用機制，雖可提供一些推論，然而仍然有很多部分仍不清楚，目前僅能評估抗藥性產生的風險是低、中還是高。

影響抗藥性產生的因素可分為三類，包括害物的基因組成、害物的生物學及操作因素，其中操作因素包括耕作的措施與方法及農藥的特性與施用方法（表 1.1, 1.2, 1.3）。然而我們無法準確預測害物會對特定化合物產生抗藥性，只能夠透過評估農藥、害物及作物間造成抗藥性產生的因素去預測抗藥性產生的風險，這就是為何需儘可能地收集更多的資訊，包括害物的生物學、農藥的特性、農藥的使用及特定情況下農藥的使用。當我們需設計抗藥性管理計畫時，多方面考慮這些因素，才能確保能夠成功。



表 1.1 影響抗藥性發展的生物因素

生物因素	抗藥性發展的可能性	
	風險低	風險高
族群大小	小	大
生殖潛能	低	高
世代數	一年一世代或更少	一年有很多世代
生殖方式	有性生殖	無性生殖
散佈	少	多
種子庫	大	小或無
農藥代謝	困難	容易
農藥標的部位數目	多標的部位	單一或特定標的部位
害物寄主範圍	窄	廣

2.3.1 生物因素

a) 族群大小

族群的大小是影響抗藥性發展的主要因素，對於昆蟲而言，族群越大則有較大的機會發展抗藥性，即使抗性個體的比例很低，農藥施用過後存活下來的個體仍然相當多，如果反覆地施用農藥將會消滅大部分的感性個體，存活下來的抗性個體還是有很大的機率找到對象交配並將抗性基因傳遞給後代；相反地，如果害物族群很小，存活下來的抗性個體非常少，其找到對象並成功交配的機會則非常低，抗藥性的發展就會很緩慢。



這個情況在真菌族群中也是類似的，大部分真菌病原體的自然族群就有非常小部分的抗性個體，殺菌劑的使用會篩選出這些抗性個體，但並不會完全消滅所有的感性個體（因為不恰當地噴灑農藥），然而，殺菌劑使用過後剩下的族群會包含高比例的抗性個體但並不一定全部都具抗藥性，在缺少抗藥性管理計畫下，一直重複施用農藥的過程會直到害物族群產生足夠的抗性個體並產生防治上的問題為止，這個過程會因為施藥區域外的感性族群遷入而稍微減緩。

最後，害物防治的問題程度與抗性個體的數目直接相關，如果害物出沒的數量很低，即使它們具有高程度的抗藥性也不至於難以防治，相反地，如果害蟲出沒的數量很高，即使他們的抗藥性僅為中等程度，也會產生難以防治的問題。

b) 生殖潛能

生殖潛能是每一親代繁殖出的子代、種子或孢子的數量，顯著影響害物族群發展抗藥性，所有有性生殖的害物接觸農藥，如果其它的影響因素皆相同，則每一個生物的子代數目越大，抗性個體的數目就會越大。

生殖潛能造成昆蟲產生抗藥性，因其能產生大量的子代，進而增加個體攜帶單一或一對抗性對偶基因的機會，因此如果持續使用農藥，篩選出帶抗性基因個體的機會將大增，當越多的存活個體帶有抗性基因，具抗藥性基因的個體互相交配的可能性就越大，這可能導致害蟲族群內的抗性基因頻率增加。



一年生的雜草具有種子生產量高及基因多樣性的特性，其發展抗藥性的機會比低種子生產量及基因多樣性的物種還要高。

c) 世代數

世代數對發生抗性速度扮演重要角色。如果昆蟲，雜草及病原菌一年只有一代，它們發展抗性的速度會非常慢。

d) 生殖方式

無性及雙性生殖都會產生抗藥性。無性生殖子代直接取得其抗性親代的基因組成，未如有性生殖之基因組成之重組，所以無性生殖產生抗性的風險較高。

e) 散佈

害物的短或長距離的移動都會影響特定族群的感受性變化。抗性個體擴散到外面會增加新族群抗性頻度，反之，感性個體可以降低抗性族群的抗性頻度。

f) 種子庫

如果存在越多的休眠種子，抗性的發展會越慢。

g) 農藥代謝

增加代謝是特定昆蟲和蟎類解毒農藥的主要抗性機制。

h) 農藥的標的數目

和多個作用部位的農藥相比，生物體較容易對只有一個作



用部位的農藥產生抗藥性。因此，在單一作用部位的單一點突變會導致抗藥性。

i) 寄主範圍

雜食性的害物比專一性害物更容易產生抗藥性。不過，針對殺菌劑的考量則較不同，因病原菌多是寄主專一性，如果鄰田也種植相關的作物則較容易有抗性發生。

表 1.2 影響抗藥性發展的基因因素

基因因素	抗藥性發展的可能性	
	風險低	風險高
抗性基因的發生	不存在	存在
抗性機制種類	一個	多個
基因頻率	低	高
抗性基因的顯隱性	隱性	顯性
抗性個體的適存度	差	良好
抗性基因提供的保護	差	良好
交互抗性	負向或無	正向
過去的選汰壓力	無	顯著
修飾基因	不存在	存在

2.3.2 基因因素

a) 抗性基因的發生

族群中的個體必需存在抗性基因，而抗性程度端賴此抗性基因對害物的保護力。一般而言，基因保護力越大、適存值代價越低及基因存在頻度越高，便會越容易產生抗藥性。適存值是指生物體具有的能量是固定的，如發展出對抗外來藥劑的能力時，相對的就削減其它能力，此稱適存值代價。

b) 抗性機制種類

如上述 2.2 節描述，有很多的抗性機制可幫助害物對抗農藥。通常而言，同時存在二種抗性機制會大大增加抗性程度。如代謝解毒貢獻 10 倍抗性，而降低穿透提供 2 倍抗性，抗性程度會增加到 20 倍而不是 12 倍。

c) 基因頻率

抗性基因頻度對發展抗性有明顯的效果。在大部分狀況，自然存在的同結合子的一個抗性基因頻度是非常低的，如小於萬分之一；不過異結合子的頻度較高，當環境中存在抗性篩選壓力，抗性頻度較高的族群會較快產生抗藥性。

d) 抗性基因的顯隱性？

抗性基因分為顯性、半顯性及隱性。如果抗性基因是顯性或半顯性，只要親代中其一傳遞抗性基因，後代即會全部或部分表現抗性表徵。如果是隱性的，則需親代雙方都傳遞這個基因。幸運的，大部分抗性基因為隱性的基因。

e) 抗性個體的適存度





如果帶有抗性基因的個體會有適存性代價存在，則會降低此個體的活力使其繁殖困難而不容易讓族群中帶有抗性基因。但並不是所有的抗性基因都存在適存性代價。

f) 抗性基因提供的保護

如果抗性基因讓害物在噴灑農藥後還能存活而且遺傳到下一代，則視為抗性基因可以提供害物高度保護。但，如果抗性基因僅能提供中程度的保護，而害物只能克服低劑量農藥傷害，就表示高劑量的農藥施用下，害物仍會死亡。因此，我們施用農藥時一定要遵照標示上的施用濃度且要有良好的施用覆蓋率，才能防止抗性基因在族群中累積。

g) 交互抗性

當害物對某一農藥產生抗性時，即使對另一個沒有接觸過的農藥亦會產生抗性。交互抗性會產生是因二個或以上的農藥具有相同的作用部位或者是具相同的抗性機制。

h) 過去的選汰壓力

過去的選汰壓所篩選出的基因亦可能會導致對新穎農藥更易產生出抗性。

i) 修飾基因

抗性基因會造成害物變得較適生存或不適生存。無論如何，隨著時間及持續性的選汰低適存度的抗性個體，這些個體亦能克服相關的缺點而篩選出能改善適存度的相關基因。

2.3.3 操作因素

a) 農藥作用範圍

廣效農藥對較多的害物有效，也較專一性農藥較易讓害物產生抗藥性，因為它較常被拿來施用。因此，施用廣效農藥要特別小心，尤其對天敵亦要納入考慮。

b) 農藥施用稀釋倍數

雖然農藥施用劑量不是因抗性而設定，但施用核准使用濃度非常重要。理想上，建議的施用濃度可以防除所有帶有異結合基因的個體，降低族群密度在經濟水平之下。如果劑量太低，雖然可以防除感性個體，但部分帶有抗性異結合子的個體會存活，反而增加抗性在田間的頻度。

c) 覆蓋率

噴藥時覆蓋率很重要，因為在作物上有好的覆蓋率，才会有正確的劑量在整個作物區域，害物才能接觸到足夠劑量的致死濃度。如果覆蓋率不好，有些地方沒有施用到農藥，就好像是沒有照標示濃度施用所導致的效果，這樣會容易選汰出具同結合型抗性基因的個體，造成抗藥性擴散。





表 1.3 影響抗藥性發展的操作因素

操作因素	抗藥性發展的可能性	
	風險低	風險高
農藥作用範圍	窄效性	廣效性
農藥施用稀釋倍數	施用核准使用稀釋倍數：抗性異結合型基因個體無法存活（若抗性基因屬於不完全顯性）	低於核准使用稀釋倍數：抗性異結合型基因個體存活 高於核准使用稀釋倍數：僅有一些抗性同結合型基因個體存活及繁
覆蓋率	良好	差
系統性	影響的因素很多變，可能增加或降低抗藥性風險	
施用頻率	低	高
次要害物的存在	不存在	存在
農藥施用時的害物生長階段	一種	多種
害物族群接觸藥劑的比率	影響的因素很多變，可能增加或降低抗藥性風險	
農藥持久性	短	長
處理的作物種類	一種	多種
輪作順序	隨著時間及地理上的不同種植不同的作物	間作、連作、無休耕期
害物防治策略	多種防治策略（化學、生物、耕作）	持續使用單一方法或化合物
非標的作用	具選擇性、對天敵無害	無選擇性、對天敵有害

d) 系統性

使用系統性農藥可加快防治效率且減緩抗性的發生，通常系統性農藥對天敵有較友善，因此，當施用後，捕食性天敵還會存在環境中並且可以幫助殺死存活的害物，這樣可以以阻止抗性發生，不過系統性農藥仍有其它的缺點。

e) 施用頻率

農藥的施用頻度需被限制到能提供保護作物免於害物的危害，不必要的施藥會增加害物族群的選汰壓力。

f) 次要害物的存在

施用農藥時，亦要考慮是否會造成原本族群密度在經濟為害水平之下的昆蟲大發生。尤其施用廣效性農藥時要注意。

g) 農藥施用時的害物生長階段

如施用農藥的防治齡期是較敏感的時期，如鱗翅目的一齡蟲或雄蟲具較少的代謝能力，較不易產生抗藥性。

h) 害物族群接觸藥劑的比率

一般而言，抗性不會在整個地理區域同時發生，它是局部發生。因此，如能提供沒有施用藥劑的避難所，就能維持田間有感性的個體存在以稀釋田間的抗性頻度。

i) 農藥持久性

長效性的農藥較容易讓害物發展出抗藥性，因為害物在環



境中有較長的時間接觸此類農藥。

j) 處理的作物種類

如果不同的作物都施用同一種農藥，產生抗性的風險較高，特別對雜食性的害物而言特別嚴重。

k) 輪作順序

如果作物雖然種在相同地區但出現時間不同，或是雖同一時間耕種，但地理區域不同，產生抗性的風會較低。相反的，如果連續栽種，則容易造成抗藥性。

l) 害物防治策略

連續使用單一農藥或單純依賴化學防治會增加抗藥性的發展機會。

m) 非標的作用

如果能選用對天敵友善的選擇性農藥，可以降低抗藥性發展的機會。



塗鴉牆



第三章 抗藥性之預防及管理



3.1 抗藥性管理計畫之制定

抗藥性管理計畫的目標是為了減緩族群中的抗性基因被篩選出來，規劃可預防及管理特定害物對農藥產生抗藥性的一些策略及手段。此策略應該被設計成藉由減少農藥對害物的選汰壓力，維持害物族群中具有高比例的感性基因及低比例的抗性基因，同時又可提供所需的害物防治效果。這些策略會因防治害物的不同而有差異，但基本原則適用於所有的抗藥性管理計畫。

3.2 一般原則

農藥抗藥性管理是 IPM 的一部分

抗藥性管理計畫應納入特定害物及耕作系統中整合性害物管理方法，更應確保設計用來管理抗藥性的防治策略是根據 IPM 原則，包括只在必要時才使用農藥以及儘可能地使用其他害物管理技術替代農藥。

在新藥上市前即需有抗藥性預防及管理程序

抗藥性管理計畫應在抗藥問題變棘手前就廣泛的執行，只

要田間有抗性的徵兆發現，田間害物族群的抗性基因頻度就已經擴散。除非，此抗性基因的適存代價非常高，抗性基因會逐漸擴增累積於害物族群中。

對焦害物

在設計抗藥性管理計畫時，儘可能的瞭解害物的生物學及其寄主是很重要的。這些訊息對瞭解害物的感受性及抗性發展是必需的。抗藥性管理計畫須涵蓋整個害物發現的地區而非僅是著重的作物。

考慮相鄰寄主作物

在害蟲的抗性管理時，要特別考慮害蟲是否會危害作物周遭的寄主，很多害蟲會危害野生的寄主，如果相同的作用機制農藥施用於所有作物，害蟲族群會有較重的選汰壓力。

考慮非化學的替代害物管理方法

進行害物管理的原則和策略時，害物抗藥性管理計畫應有很多和化學防治一樣有效的非化學防治的替代工具及方法。這些方法可以包括生物農藥、生物防治資材如捕食天敵及類寄生，抗性品系作物及選擇適當種植時機來降低感染風險，應用作物輪替及其它耕作防治來影響生物生殖期，注意清園來停止種子及孢子的擴散。

使用超過一種作用機制的農藥



抗藥性管理計畫要加入很多不同類別農藥以避免發展交互抗性。多種不同作用機制農藥可以輪替使用、發展成混合劑或是在田間混桶施用。

考慮可能的防治作法建立周年處理計畫

抗藥性管理計畫應該考慮所有周年中作物生存時所有農藥的處理，包括不同的農藥及不同的害物生活時期。通常是施用越多次農藥，越容易讓害物產生抗藥性。

只施用登記的農藥濃度

農藥只能於正確的施用率下防治害物。降低濃度施用雖可能降低成本，但僅能達到短期防治效果。如連續採用低濃度會導致增加異型抗性合子的選汰壓力使得具同型抗性基因的抗性個體加速發育抗性族群。正確的劑量可以確保族群中的異型結合子個體被消滅，可明顯降低抗性族群發展。

利害人的參與

唯有所有利害人參與制定的抗藥性管理計畫才能夠成功，利害關係人包括農民、農藥登記、銷售企業或推廣者、農藥主管機關及推廣服務公私法人與專家。特別是要讓農民可以瞭解及接受管理的策略。

評估及動態調整抗藥性管理計畫

抗性的發展是動態的過程，抗性管理計畫需有彈性。為了



維持有效性，計畫需常常評估及與時俱進，考慮的包括害物的抗性程度發展狀況、新作用機制的農藥在市場的取得或是新的抗性植株。

3.3 所有類型農藥 - 抗藥性管理策略

混合使用不同作用機制或抗性機制的農藥

混合使用不同作用機制農藥是有效的抗藥性管理方法，各種不同類型的農藥混和物已被使用在農業，例如：混合兩種農藥防治、結合農藥與協力劑、殺蟲劑與殺菌劑的組合、在殺蟲劑中加入微量元素等，在這裡僅考慮害物抗藥性管理的使用。

預先配置的混合農藥產品及利用桶混來混合農藥已被證實可成功防治害蟲及減緩抗藥性的產生。然而，與使用單一化合物相比，混合物應該屬於抗藥性管理計畫中的一部分，只有在特定的情況（包括對有益節肢動物及害物的影響等的複雜程度）的慎重考慮後，才能利用混合產品或預先開發的桶混組合進行抗藥性管理，如果標的害物已經對混合農藥中的任何有效成分產生明顯的抗藥性，混施時，可能會加劇害物族群產生多重抗藥性的情況。





預先製備的混合農藥是由製造業者因抗藥性管理之需求而發展出來的產品，和桶混相比具有優勢；桶混則給予使用者較多的彈性，但僅在使用者能夠正確規劃時才有效。殺菌劑的混合劑在傳統上包含了具產生高抗藥性風險及低抗藥性生風險的殺菌劑，低風險的殺菌劑為高風險的殺菌劑提供抗藥性的管理，然而，假如在使用正確的情況下，謹慎設計包含兩種高抗藥性產生風險的不同作用機制的殺菌劑混合農藥也可以非常有效，不當規劃混合農藥使用不僅不能延遲抗藥性的發展，甚至還可能加劇抗藥性的產生。

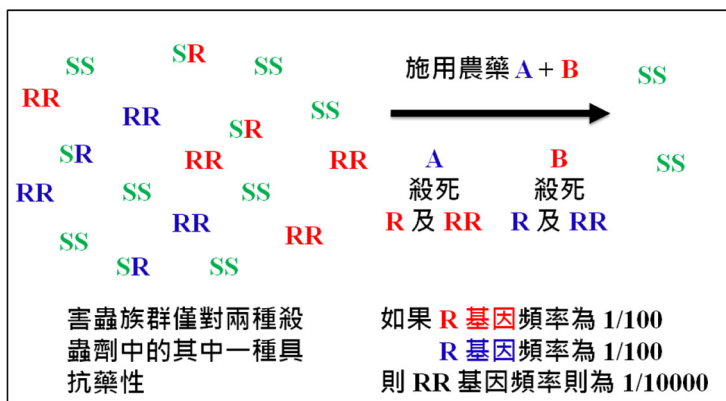


圖 4. 使用殺蟲劑混合農藥減少害蟲族群中抗性基因累積之示意圖。

圖 4 說明使用殺蟲劑混合農藥是如何影響具抗性個體的害蟲族群 (包含對混合農藥中的其中一種殺蟲劑具抗藥性的個體 RR 及 RS)，即使某些害蟲無法被混合農藥中的其中一種殺蟲劑



殺死，但仍可被其他殺蟲劑消滅，這個情況假定為 RRRR 的個體 (仍可存活下來的個體) 數目非常低。

因此，一般情況下不建議使用混合農藥，如要混合農藥應小心使用且需經過周密地研究並符合以下要求：

- 混合農藥中的不同農藥之間無交互抗性、害蟲個體對混合農藥中的任何一種農藥無抗藥性、害物個體對混合農藥中的所有農藥產生抗藥性更極為罕見。
- 混合農藥中的所有農藥應根據個別的推薦稀釋倍數正確施用，如果施用劑量僅具些微防治效果，抗藥性就更容易產生，因為在此劑量下並不足以殺死抗性異結合型基因的個體。
- 混合農藥中，個別農藥的殘效性應幾乎相同，因為具短效性的農藥將會降解，而殘效性長的農藥則會開始選汰出對其具抗藥性的個體，這樣便失去混用的目的。

輪替或交替使用農藥

農藥的交替使用是另一種用來管理抗藥性產生的策略，此策略假定 (1) 害物對混合農藥中的兩種農藥同時具抗藥性是罕見的，因此交替使用農藥後，即使其中一種農藥無法殺死害物，但另外一種農藥仍能將其殺死；(2) 當不使用農藥時，因為抗性機制的相對不穩定性，抗性個體佔害物族群中的比例應會持續下降。為了使此策略達到預期效果，必須滿足以下條件：

- 交替使用的農藥必須屬於不同的化學分類，且彼此之前必須不



具有交互抗性 (可參考「農用藥劑分類及作用機制檢索」)。

- 兩種農藥在其推薦使用劑量下必須擁有相同的防治效果。
- 影像輪替使用農藥得間隔必須足以使害物族群回復至其原始的感受性程度，如圖 5 所示 (於圖中的「回復」代表「感受性的回復」)。

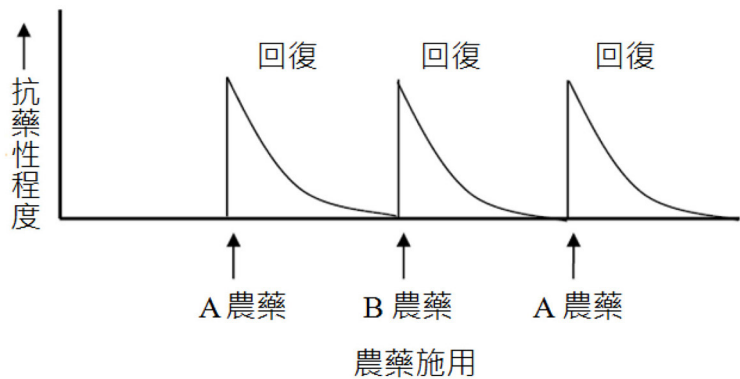


圖 5. 抗藥性管理計畫中輪替使用農藥對害物抗藥性程度影響的示意圖。



塗鴉牆



第四章 抗藥性的檢測及驗證



4.1 抗藥性檢測及監測之目標

當一個農藥似乎不如預期有效，需先識別無效的原因。根據報導，無效的原因通常是農藥產品性能上的問題而非抗藥性的問題，產品特性包括不佳的農藥覆蓋率、使用不正確的稀釋倍數、害物的誤認、不利的環境條件、施藥時機不正確等。田間的防治失敗很容易被歸因於抗藥性，但我們不僅應該調查抗藥性發生的可能性，也應調查其他因素。

抗藥性檢測是用來確認害物族群對農藥的感受性是否顯著改變，抗藥性可經由研究人員或農夫即時的觀察或有系統的監測來發現。抗藥性監測是試圖去計量時間上及空間上抗藥性頻率或程度的改變，也可用來評估不同抗藥性管理策略的有效性。

原則上，每當有抗藥性發展的疑慮或可能性，都應進行抗藥性的監測，例如，當抗藥性於以前已被檢測到，則應針對特定害物及農藥建立抗藥性監測計畫。對於具有高抗藥性產生風險的害物而言，即使抗藥性尚未被檢測出來，抗藥性監測計畫也應該先建立起來。在許多國家，抗藥性的檢測及監測都是由

國家或地區的研究機構執行，然而農藥生產業者也可以參與。

表 4 提供抗藥性監測的基本規劃，以及整合到抗藥性管理計畫 (RMP)。

表 4. 新農藥的抗藥性監測及管理階段

時間的選擇	抗藥性的檢測及監測行為	其他管理活動	參與者
開始販賣前的	建立取樣及測試方法	評估風險	農藥工業
1~2 年	調查初始的感受性資料	決定使用策略；發展抗藥性管理計畫	
使用期間	隨機監測農藥施用區中害物的抗藥性 / 以特別重要的作物 / 害物的風險評估來證實	實施抗藥性管理計畫；密切關注農藥的實際功效	研究機構、推廣 / 諮詢服務、農藥使用者、農藥工業
偵測到抗藥性跡象時	監測抗藥性的程度及其實際上的重要性 研究交互抗性、不同抗性物種的適存度、評估其它會影響抗藥性發展的因素	如果抗藥性的問題已被確認，重新探討並修改抗藥性管理計畫	研究機構、農藥工業
隨後	監測抗藥性的擴散速度或抗藥性程度的下降	關注農藥的性能；重新探討抗藥性管理計畫	研究機構、農藥工業



抗藥性的發展是極為多變的，且不同生物的變化幅度不同，因為影響生物、寄主及農藥施用日程的因素太多；即使證明抗藥性在一個區域內發生，這也不必然能作為全面停用此農藥的理由。此外，檢測到抗性個體的存在也不一定代表整個害物族群皆具抗藥性且難以防治；然而，為了防止害物族群中的抗性基因頻率增加並造成問題，檢測到抗性個體能早期警告抗藥性管理計畫需做調整。

4.2 抗藥性驗證之方法

不管我們討論的農藥為何（如：殺菌劑、除草劑或殺蟲劑），有好幾種確認特定生物具抗藥性的方法及必要條件，包括：

A. 區分劑量檢定

區分劑量或診斷劑量檢定在田間是最廣泛被使用的抗藥性監測方法，尤其是殺蟲劑抗藥性的監測更為廣泛，區分劑量檢定的目的為測定害物族群的感受性現況是否產生改變，然而，通常直到害物族群的抗性基因頻率大於 1% 才可以檢測到抗性個體。

設計單一區分劑量監測程序的三大重要需考慮的事為：

1. 建立一個可區分抗性及感性個體的「診斷劑量」。
2. 決定每個樣區內欲採樣的樣本大小。
3. 決定存活個體對於區分劑量的適當反應。



假定短期內不會有其它農藥處理，則抗藥性資料可以從施藥區域內的存活個體數量獲得。

這些生物檢定試驗應該在新商業化的農藥用於標的害物或種植新的轉基因作物之前或不久之後進行，這通常是由農藥工業與國家或地區研究機構共同合作完成，未來這個試驗將會建立一個基準用來鑑定害物族群的感受性變化並確認抗藥性情況，這種試驗方法應該是穩定、快速且相對容易進行的，這個作法應該是精確的，並且能夠提供實際的、可定量的、可再現的及容易理解的結果。

用來測量感受性的標準測試方法可在以下連結內找到：

• 殺菌劑抗藥性

FRAC. Undated. Monitoring methods to investigate possible development of resistance. Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) (At: <http://www.frac.info/frac/index.htm>)

• 除草劑抗藥性

HRAC. 1999. Detecting herbicide resistance. Herbicide Resistance Action Committee. (At: <http://www.hracglobal.com/Publications/DetectingHerbicideResistance.aspx>)

• 殺蟲劑抗藥性



IRAC. Undated. Insecticide and acaricide resistance monitoring methods. Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). (At: <http://www.irac-online.org/teams/methods>)

WHOPES. Undated. Test procedures for monitoring resistance in disease vectors. WHO Pesticide Evaluation Scheme. (At: <http://www.who.int/whopes/resistance/en>)

- 殺鼠劑抗藥性

CropLife. 2003. A reappraisal of blood clotting response tests for anticoagulant resistance and a proposal for a standardised BCR test methodology. Technical monograph. (At: http://www.rrac.info/releases_01.htm)

Prescott, C.V., Buckle, A.P., Hussain, I., Endepols, S. 2007. A standardised BCR-resistance test for all anticoagulant rodenticides. Int. J. Pest Mgt. 53(4): 265-272.

B. 劑量反應試驗

標準的生物劑量反應檢定是最能夠準確評估一個害物族群對某個化合物的感受性的方法。對於殺蟲劑而言，一系列的劑量造成害蟲 5~95% 區間的致死率，對於除草劑而言，一系列的劑量造成雜草 0~100% 區間的致死率，這些劑量反應的數據



應該來自於一定數量的樣本。一個劑量反應試驗必須對討論中的族群及已知對農藥敏感的族群進行測試，在農藥大範圍施用之前，這些數據可用來決定田間害物族群的感受性範圍，這對於遭遇非預期的防治效果之後可作為有用的資訊。

C. 生化及免疫試驗

生化試驗可用來確認與抗藥性有關的解毒酵素的表現量，其逐漸廣泛地應用在抗性個體及族群的調查，免疫試驗則利用單株抗體去鑑定與抗藥性有關的解毒酵素或作用標的部位。

D. 基準資料 (Baseline data)

在引進一個在其它地區已經在使用的農藥產品之前，需要收集害物對農藥的感受性基準資料，不論使用何種抗藥性驗證方法，試驗的結果都需要跟一個基準的感受性來進行比較。





殺蟲劑的抗藥性基準資料

通常都會使用實驗室品系建立感受性基準數值，這些數值是重要的，因為它們可提供可觀察到的高度敏感性。然而，許多實驗室族群實際上比任何田間族群的感受性還要高，因為在實驗室內的飼養過程使它們逐漸變的衰弱，如果抗藥性基準的數值範圍很廣，顯示標的生物族群中具有相當的基因多樣性，並且相較於抗藥性基準的數值範圍較窄的族群，其發展抗藥性的速度較為快速。

殺菌劑的抗藥性基準資料

需使用未處理及未暴露於殺菌劑的田間分離株建立感受性基準，使用的田間族群樣本應該儘可能地採集自廣泛的地理區域，如此才能提供自然族群整體的變化，基準資料很可能會是一個範圍而不是一個絕對的數值。殺菌劑的感受性基準通常不會是平均分配的，而是明顯偏向一側，少部分個體的半數影響濃度會比平均值高許多。

除草劑的抗藥性基準資料

不具有抗藥性的雜草族群需要與被懷疑具抗藥性的族群做比較。

E. 生物檢定結果與田間實行成效 (性能) 之間的相關性

生物檢定結果與田間實行成效 (性能) 之間的相關性應儘早



建立，生物檢定可以發現害物對農藥感受性的些微變化，這些微變化和對於農藥產品在田間的實行成效 (性能) 的相關性建立後，便可早期預防抗藥性的發生。

4.3 測試流程

測試流程的存在是為了評估及確認大量不同的害蟲、雜草及病原的抗藥性，這些測試流程可以在許多抗藥性行動聯盟網站上找到，如 FRAC、HRAC、IRAC 及 WHO 的網站。

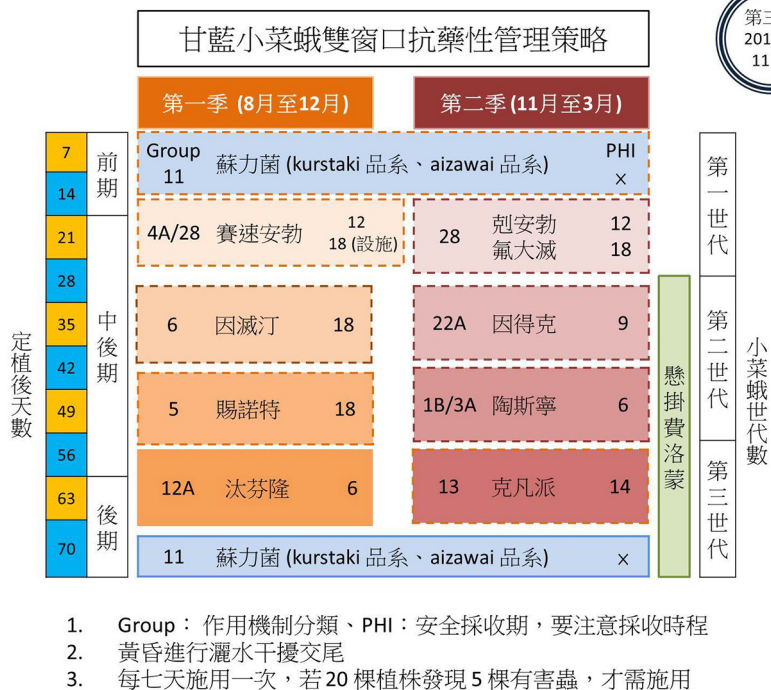


附件

國內抗藥性管理計畫的實例

國內針對某些作物或害物的抗藥性管理計畫實例如下。以下範例並不代表唯一的操作建議而是抗藥性管理的參考範例。各地區可依照各自狀況發展自己的抗藥性管理策略。

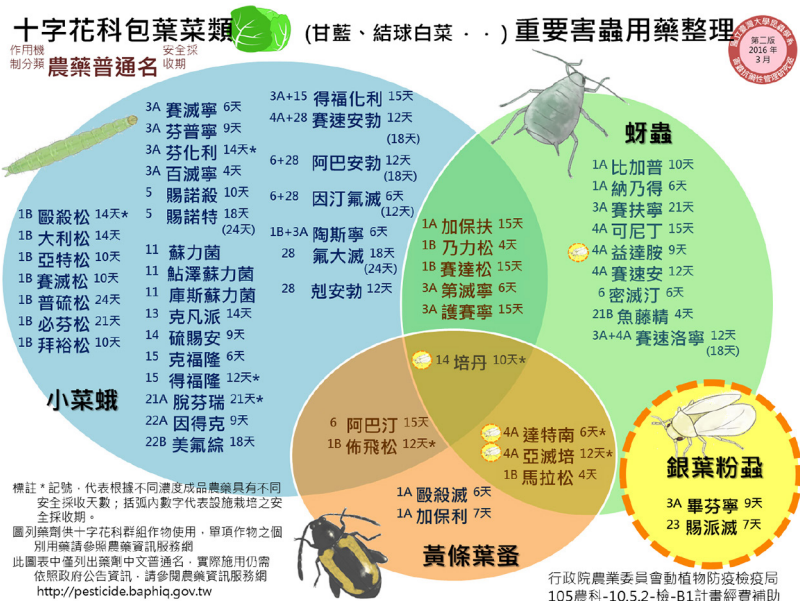
1. 由國立臺灣大學昆蟲學系許如君教授帶領的害蟲抗藥性管理實驗室所提出甘藍小菜蛾雙窗口抗藥性管理策略，內容是依照該實驗室歷年來對國內小菜蛾抗藥性偵測的數據而擬定的管理策略。種植甘藍時，如調查 20 棵植株中發現 5 棵有小菜蛾，才需進行殺蟲劑防治。平常於黃昏進行灑水干擾小菜蛾交尾及產卵。需用藥時，初期因要營造出天敵易發生的環境，採用對鱗翅目專一性的蘇力菌，之後再按照不同季別選用殘效期較長的藥劑並搭配防治半翅目害蟲的用藥，每隔七天施藥一次，不超過三次用藥，再依序換不同作用機制的用藥，並依照安全採收期，注意採收時程。



第三版
2015年
11月

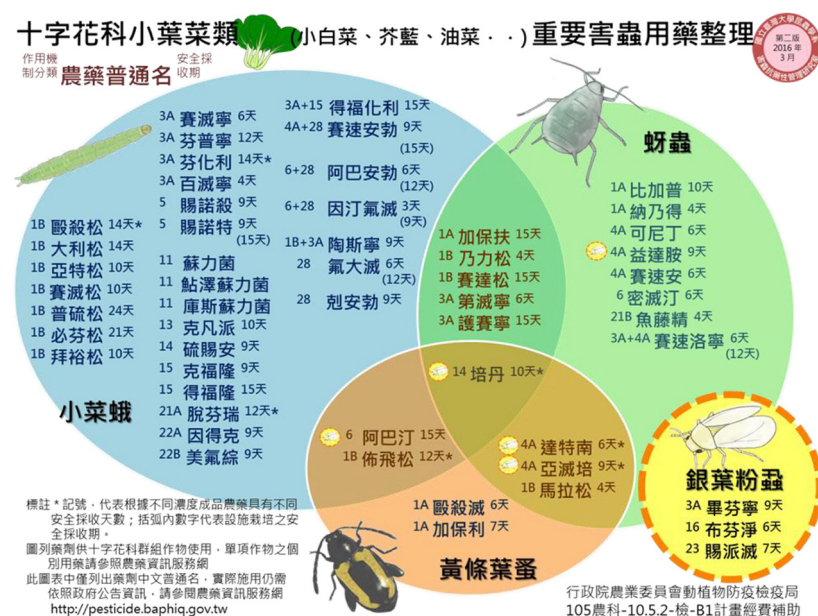


2. 由國立臺灣大學昆蟲學系許如君教授領導的害蟲抗藥性管理實驗室在動植物防疫檢疫局計畫的支持下，提出十字花科包葉菜類及小葉菜類的重要害蟲用藥整理、殺菌劑及作用機制。此文案中，依據現行核可之登記用藥，汰除無登記證的產品，以小菜蛾、黃條葉蚤、蚜蟲及銀葉粉虱等重要害蟲為標的，整理出其用藥。讓農民在防治十字花科蔬菜時可快速選擇其防治用藥，並提供可多種害蟲共同防治用藥的選擇，有效降低農藥的使用。



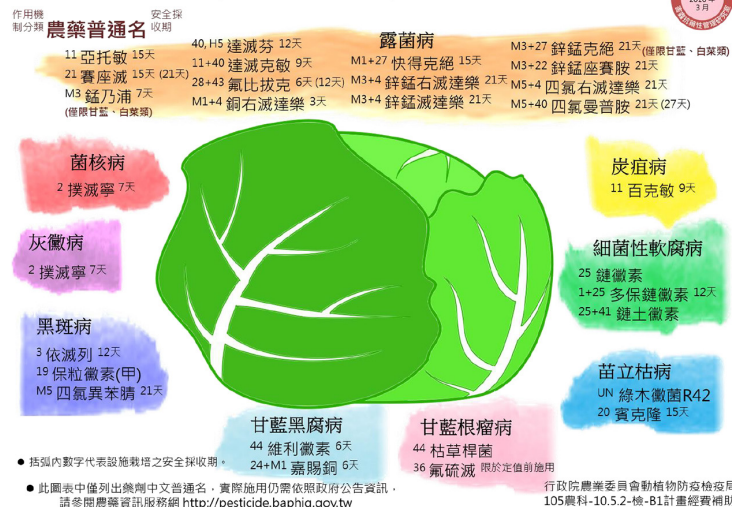
在殺菌劑及作用機制文案中，依據現行核可之登記用藥，汰除無登記證的產品，以露菌病、菌核病、灰黴病、黑斑病、炭疽病、細菌性軟腐病、苗立枯病、甘藍黑腐病及甘藍根瘤病為標的，整理出其個別用藥。讓農民在防治時可快速選擇其防治用藥。

文案中並列出各藥劑的作用機制分類及安全採收期，讓農民可以更快及精準的選擇用藥，初步選定藥劑後，再去參照農藥資訊服務網或植物保護手冊或標示來決定用藥。

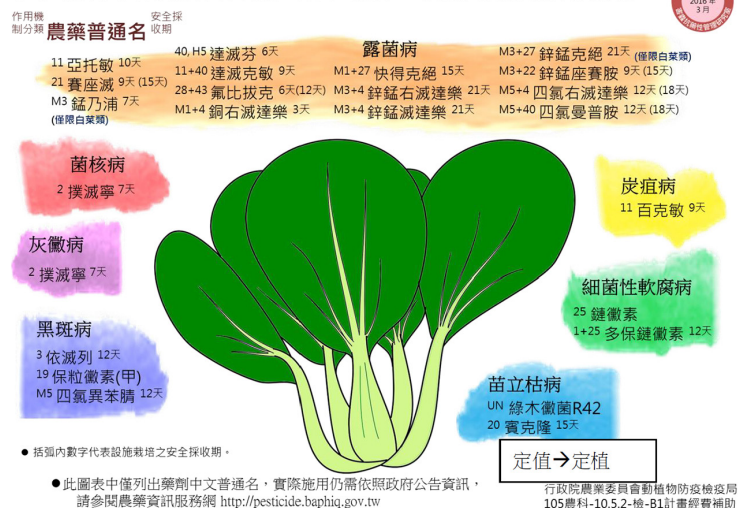




十字花科白菜類 (甘藍、結球白菜...) 殺菌劑及作用機制



十字花科小葉菜類 (小白菜、芥藍、油菜...) 殺菌劑及作用機制



3. 由國立臺灣大學昆蟲學系許如君教授及農藝學系黃文達博士共同合作在動植物防疫檢疫局計畫的支持下，提出除草劑單劑推薦用藥及作用機制分類的二個宣傳品。此等文案中，以水稻不同栽植期及栽植環境中會發生的雜草問題，依據現行核可之登記用藥，汰除無登記證的產品，整理出除草劑單劑用藥。讓農民在防治水稻雜草可快速選擇其防治用藥，精準選擇農藥。

水稻除草劑單劑推薦用藥及作用機制分類





水稻除草劑單劑推薦用藥及作用機制分類

作用機
制分類

農藥普通名

秧田處理

B 依速隆

C3 本達隆

K3 丁基拉草

水田畦畔處理

A 甲基含氯氟

G 嘉磷塞異丙胺鹽

移植本田中期處理

B 平速爛

C3 本達隆



● 建議輪用不同字母藥劑避免抗藥性產生

● 此圖表中僅列出個別藥劑中文普通名，實際施用仍需依照政府公告資訊，請參閱農藥資訊服務網

<http://pesticide.baphiq.gov.tw>

塗鴉牆

塗鴉牆

塗鴉牆

電子版

書名：農藥抗藥性管理指引 - 基礎篇

策劃：馮海東、許如君、邱安隆

審訂：馮海東

編著：許如君

撰文：許如君、張嘉哲

繪圖：林柏安

美術排版：李昀

出版日期：2016 年 (民 105 年) 10 月