

殺菌劑抗藥性發生之監測與預防

楊 秀 珠

臺灣省農業藥物毒物試驗所

摘要：殺菌劑抗藥性存在已久，倍使植物保護工作者困擾之問題之一，綜觀現今累計之研究，四大類藥劑可明顯誘導植物病原真菌產生抗藥性，分別為demethylation inhibitor(DMI)、benzimidazole、dicarboximide及phenylamide。抗藥性問題既已存在，其監測工作則為刻不容緩之要務，其目的及重要性分別為探討抗藥性產生之可能性、預測抗藥性問題之產生、測定抗藥性管理策略、探知抗藥性之進展、協助地區性使用殺菌劑之選擇、抗藥性之基礎研究；而於監測工作進行時，首要訂定抗藥性之基準點(baseline)，而後訂定測定方法，由於殺菌劑之作用機制不同，故抗藥性之監測方法亦隨之不同，常用者為測定分生孢子發芽率、發芽管之伸長、吸器之產生及菌絲生長之抑制作用；至於絕對寄生菌則測定分生孢子之發芽、發芽管之伸長及接種後病斑擴展之抑制作用。抗藥性之預防為抗藥性研究工作之另一重點，可執行之方向分為開發新防治藥劑、藥劑輪流使用、藥劑混合使用、改變施用方式及施用時期、限制使用次數，而另一預防措施為採用耕作防治策略，可行之方法為栽種抗病品種、改變耕作方式、及進行病害預測等。

關鍵詞：殺菌劑抗藥性、監測、預防。

前 言

所謂殺菌劑抗藥性乃指殺菌劑經過一段長時間使用後，可誘導其防治對象產生穩定之變化，因而造成明顯之藥效降低之現象；隨著藥劑之專一性增加，導致抗藥性之產生更為嚴重。而由於藥劑之長期刺激，促使敏感性菌株族群逐漸消退，抗藥性菌株得到更大之生存空間，亦使問題有增無減。國外有關植物病原真菌之抗藥性研究雖無法與昆蟲抗藥性研究成果相提並論，但亦頗有進展，尤以灰黴病病原菌抗藥性之研究為甚。臺灣有關植物病原真菌之抗藥性研究起步較晚，成果亦無法與國外者相抗衡，但近年來已有逐漸被重視之趨勢。抗藥性之管理一般認為包括五項，分別為一、抗藥性之風險評估、二、訂定抗藥性監測之基準點、三、進行抗藥性監測、四、建立抗藥性預防策略及五、擬定抗藥性之管理策略，而將抗藥性之研究成果直接實際應用於田間，因受環境因子影響頗大，往往不易進行，而其重點被視為田間監測與預防，故本文之重點乃著重於此。

植物病原真菌抗藥性之發生

一般認為殺菌劑之選汰壓力為造成抗藥性之主要因素，而事實上影響抗藥性實際發生之關鍵因子共包括四項，分別為一、抗藥性菌株之抗藥能力；若抗藥性菌株之抗藥能力衰退，可促進抗

藥性降低；二、可大量產胞而造成重複感染之病原菌較土壤傳播性病原菌易產生抗藥性；三、殺菌劑之選汰壓力；以及四、環境因子：包括適合病害發生之氣候、未曾接觸農藥之敏感性菌株引進之比率及數量等。植物病原真菌之抗藥性發生最直接之因素與藥劑之開發使用有極密切之關係，亦即抗藥性之發生往往在新藥上市使用一段時間後陸續出現，因此若無新藥劑之開發銷售，則無新的抗藥性菌株出現，此現象可由圖一所列抗藥性之進展得到明確之証實⁽⁸⁾。同時由圖二亦可明顯發現，1982年以後殺菌劑之使用進展情形為carboxamides, organotins, organophosphours, dicarboximides, phenylamides 以及dimethylation inhibitor，而植物病原真菌之抗藥菌株亦隨著增加，幾可認定二者之增加成一正相關⁽⁹⁾。有關植物病原真菌抗藥性之報告，最早出現於1962年，被報導者為檸檬青黴病(*Penicillium digitatum*)抗Biphenyl之報告，以後陸續發現其他病原真菌抗其他藥劑，綜合觀之，至目前已發現可導致植物病原真菌產生抗藥性之藥劑有Biphenyl, OPP, hexachlorobenzene, Organomercurials, dodine, benomyl, dimethirimol, kasugamycin, polyoxin, thiabendazole, oxycarboxin, fetin, edifenphos, metalaxyl, dicarboximides, triforine, triadimenol, fenarimol, 及imazalil，而已知會產生抗藥性之植物病原真菌則有檸檬綠黴病(*Penicillium digitatum*)、小麥黑穗病(*Tilletia caries*)、燕麥白粉病(*Prenophora avenae*)、蘋果黑星病(*Venturia inaequalis*)、胡瓜白粉病(*Erysiphe cichoracearum*)、水稻稻熱病(*Pyricularia oryzae*)、梨黑斑病(*Alternaria kikuchiana*)、檸檬青黴病(*Penicillium italicum*)、菊花白銹病(*Puccinia horiana*)、甜菜葉斑病(*Cercospora beticola*)、胡瓜露菌病(*Pseudoperonospora cubensis*)、草莓灰黴病(*Botrytis cinerea*)、馬鈴薯疫病(*Phytophthora megasperma*)、胡瓜灰黴病(*Botrytis cinerea*)、仙克來灰黴病(*Botrytis cinerea*)、大麥白粉病(*Erysiphe graminis*)以及柑桔綠黴病(*Penicillium digitatum*)，詳見表一所列⁽⁸⁾。至於馬鈴薯塊莖於貯藏期之*Helminthosporium solani*感染亦被發現抗thiabendazole⁽¹⁴⁾。

臺灣有關植物病原真菌抗藥性之研究起步較晚，因此研究報告亦較少，最早之報告出現於1981年之植物保護學會會刊，內容為柑桔綠黴病(*Penicillium italicum*)對免賴得(Benomyl)之抗藥性研究，以後逐漸有菊花白銹病(*Puccinia horiana*)對嘉保信(oxycarboxin)、葡萄晚腐病(*Colletotrichum gloeosporioides*)對滅紋(Mon)、大富丹(Difolatan)、免賴得、撲克拉錳(Prochloraz)；炭疽病菌(*Glomerella cingulata*)對Benzimidazole；萵苣灰黴病(*Botrytis cinerea*)對Dicarboximide；灰黴病對甲基多保淨(Thiophanate-methyl)以及水稻紋枯病(*Rhizoctonia solani*)對有機砷(Arsenic acid)及維利黴素(validacin)等之抗藥性研究，詳見表二所列^(1,2,3,4,5,6,7)。

抗藥性監測之目的及重要性

抗藥性之監測工作主要在於了解抗藥性發生之可能、田間實際發生情形、以及其擴展性，進而進行抗藥性之管理、訂定預防策略，以期有效降低其發生概率。因此依據Brent, K. J. 1988年之專文，殺菌劑之抗藥性監測主要之目的及重點在於下列幾項重點：一、探討抗藥性產生之可能性(investigate suspected cases of practical resistance)；二、預測抗藥性問題之產生(predict the appearance of resistance problems)；三、測定抗藥性管理策略(check resistance management strategies)；四、探知抗藥性之進展(track the progress of resistance with time)；五、協助地區性使用殺菌劑之選擇(guide fungicide selection at the local level)；六、抗藥性之基礎研究(advance basic understanding)⁽⁹⁾。

表一、植物病原真菌抗藥性之報告

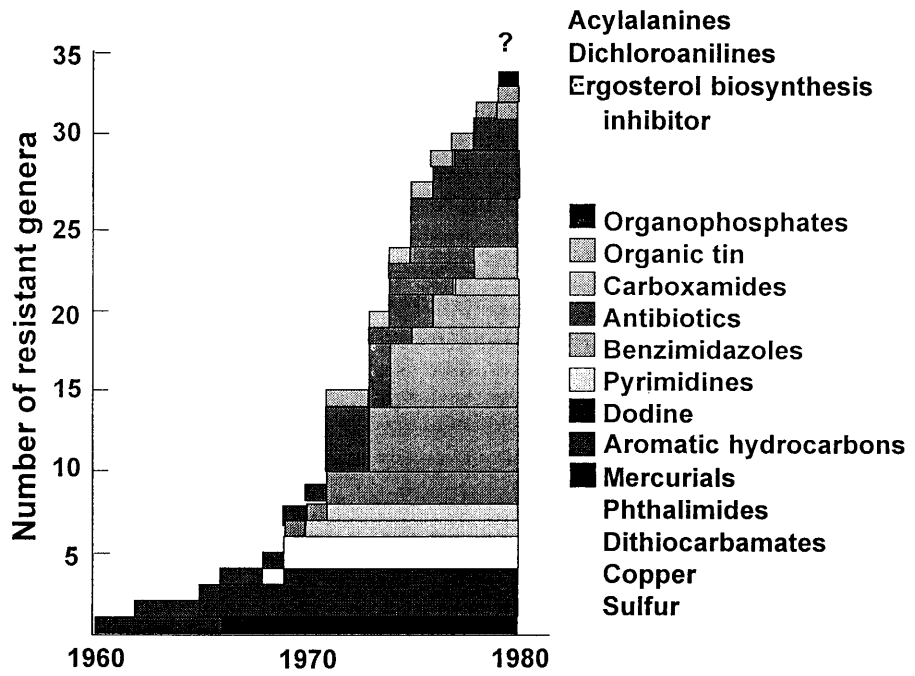
Table 1. Fungicide practical resistance reports

時間	藥劑	病原菌	作物	作者
1962	Biphenyl, OPP	<i>Penicillium digitatum</i>	檸檬	Harding
1965	Hexachlorobenzene	<i>Tilletia caries</i>	小麥	Kuiper
1966	Organo-mercurials	<i>Pyrenophora avenae</i>	燕麥	Nobel et al
1969	Dodine	<i>Venturia inaequalis</i>	蘋果	Szkolnik et al
1969	Benomyl	<i>Erysiphe cichoracearum</i>	胡瓜	Schroeder et al
1969	Dimethirimol	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	胡瓜	Bent et al
1971	Kasugamycin	<i>Pyricularia oryzae</i>	水稻	Miura et al
1971	Polyoxin	<i>Alternaria kikuchiana</i>	梨	Nishimura et al
1971	Thiabendazole	<i>Penicillium italicum</i>	檸檬	Harding
1973	Oxycarboxin	<i>Puccinia horiana</i>	菊花	Abiko et al
1976	Fentin	<i>Cercospora beticola</i>	甜菜	Giannopolitis
1977	Edifenphos	<i>Pyricularia oryzae</i>	水稻	Katagiri et al
1979	Metalaxyl	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	胡瓜	Reuveni et al
1979	Dicarboximides	<i>Botrytis cinerea</i>	草莓	Maraite
1980	Metalaxyl	<i>Phytophthora megasperma</i>	馬鈴薯	Davidse et al
1981	Dicarboximides	<i>Botrytis cinerea</i>	胡瓜	Katan
1981	Dicarboximides	<i>Botrytis cinerea</i>	仙克來	Pappas
1982	Triforine	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	胡瓜	Schepers
1984	Tridimenol	<i>Erysiphe graminis</i>	大麥	Butters et al
1985	Fenarimol	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	胡瓜	Schepers
1987	Imazalil	<i>Penicillium digitatum</i>	柑桔	Eckert

表二、臺灣殺菌劑抗藥性之研究狀況

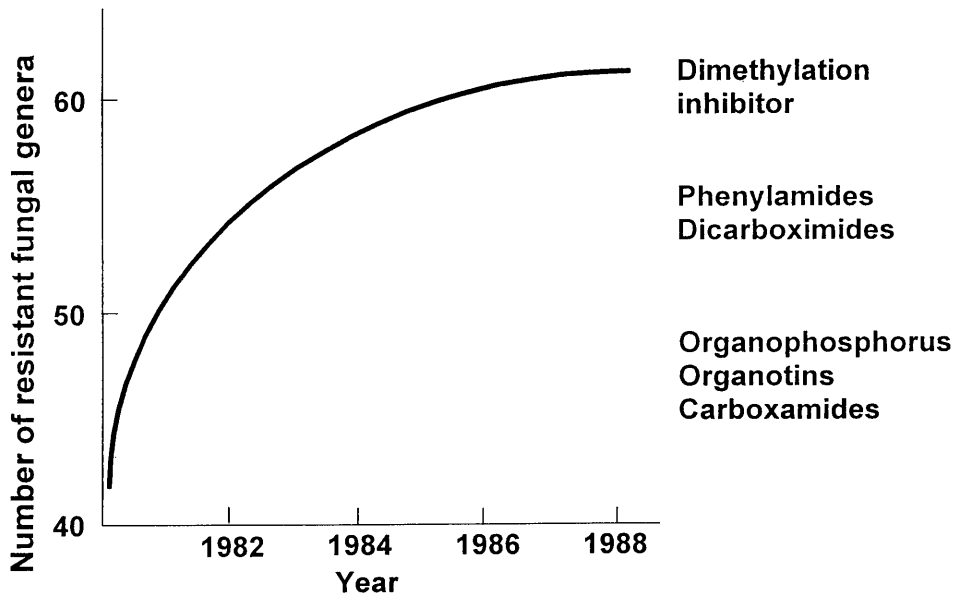
Table 2. Fungicide practical resistance in Taiwan

病害種類	藥劑種類
柑桔青黴病(<i>Penicillium italicum</i>)	Benzimidazole
菊花白銹病(<i>Puccinia horiana</i>)	Oxycarboxin
葡萄晚腐病(<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>)	Mon, difolatan, benomyl, pyrochloraz
炭疽病(<i>Glomerella cingulata</i>)	Benzimidazole, thiophanate-methyl
萵苣灰黴病(<i>Botrytis cinerea</i>)	Dicarboximide
灰黴病(<i>Botrytis cinerea</i>)	Dicarboximide, thiophanate-methyl
水稻紋枯病(<i>Rhizoctonia solani</i>)	Arsenic acid, validacin



圖一、植物病原真菌抗藥性之發展史⁽⁸⁾。

Fig. 1. History of resistance to disease control agents.



圖二、1982至1988年植物病原真菌抗殺菌劑菌株之增加情形⁽⁹⁾。

Fig. 2. History of resistance to disease control agents during 1982 to 1988.

抗藥性監測基準點之訂定

在進行抗藥性監測工作前，需先訂定抗藥性監測之基準點(baseline)，以期有效而精確的監測抗藥性之實際發生狀況，其訂定之原則大約遵循下列二原則：一、藥劑於田間施用前建立，二、依不同藥劑種類訂定不同之基準，因此其基準點之訂定隨植物病原真菌之種類及藥劑之不同而有差異，一般較常採用者有下列數種方式：

訂定濃度標準：灰黴病之抗藥性測定方法中，部份學者以培養基中 $10 \mu\text{g/ml}$ 之濃度為抗藥性之基準點，超過此濃度仍可生長之菌株則被認為已產生抗藥性^(19,20)。

MIC值訂定：梨黑星病抗藥性測定中，利用不同地點採得之菌株進行MIC值測定，而依此值之變化訂定其抗藥性之基準點，詳見圖三⁽¹⁵⁾。

菌落形態變化：以菌落形態評定抗藥性基準點時，一般將抗藥性菌落形態分為3種：+：產生單一小菌落，且不產胞，此類菌株為弱抗藥性菌株；++產生單一小菌落，菌絲生長少但可產胞，此類為中抗藥性菌株；+++：菌絲生長及產胞均極良好，與敏感性菌株幾乎無差異，此類菌株為強抗藥性菌株^(19,20)。

測定EC₅₀之比率：測定灰黴病對dicarboximides之抗藥性時，測定敏感性菌株與抗藥性菌株之EC₅₀值之比率，一般此一比率達8-30時，可認定抗藥性問題已發生^(19,20)。測定蘋果抗DMI類藥劑時，亦利用敏感性菌株之ED₅₀值訂定，其基準點隨藥劑種類不同而異⁽¹⁷⁾。

Benzimidazole類殺菌劑之抗藥性監測之基準點訂定流程：1. 以敏感性菌株培養於含0-10ppm殺菌劑之培養基平板；2. 測定藥劑對菌絲生長之抑制力；3. 計算MIC(minimum inhibition concentration)；4. 以MIC之2倍濃度為測定抗藥性之基準點⁽¹²⁾。

抗藥性之監測

殺菌劑之作用機制與藥劑之種類及植物病原真菌之種類有極密切之關係，但主要之作用機制可明確發現，一般殺菌劑對病原菌之作用點分別為細胞壁(cell wall)、呼吸作用(respiration)、adenosine deaminase、microtubules、內質網(endoplasmic reticulum)、細胞膜(cytoplasmic membrane)、蛋白質合成(protein synthesis)、RNA合成酵素(RNA polymerase)、核酸合成(nucleic acid synthesis)^(8,9)；藥劑之作用機制除有效抑制上述生化反應外，亦可增進；此類反應，因此抗藥性之監測方法依藥劑種類不同而有差異，茲按藥劑種類區分詳述其監測方法：

demethylation inhibitor(DMI) 類藥劑

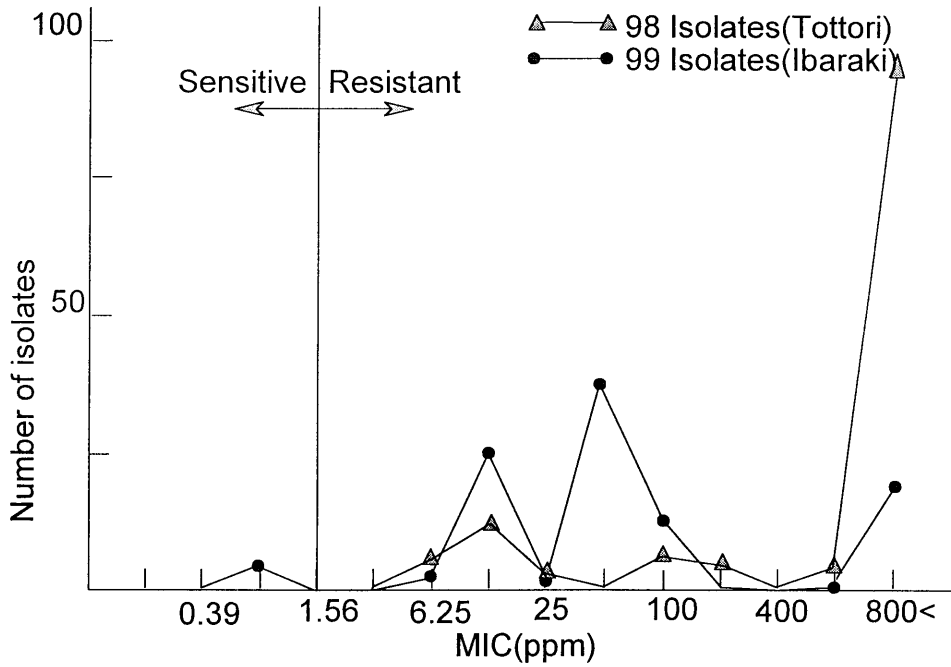
此類藥劑施用範圍相當廣泛，包括絕對寄生菌及非絕對寄生菌，其抗藥性監測方法亦因而不同，分別描述於下：

1. 絕對寄生菌：包括白粉病、銹病等：監測時首先於溫室培養寄主植株，待生長至可進行監測試驗時，於植株上噴施藥劑，再接種病原菌；待發病至適合調查時，逐一調查發病率，依據發病率計算ED₅₀及ED₉₅，並依下列公式算出敏感度。

$$\text{敏感度} = \text{ED}_{50} \text{ 標準菌株} / \text{ED}_{50} \text{ 監測菌株} \times 100\%$$

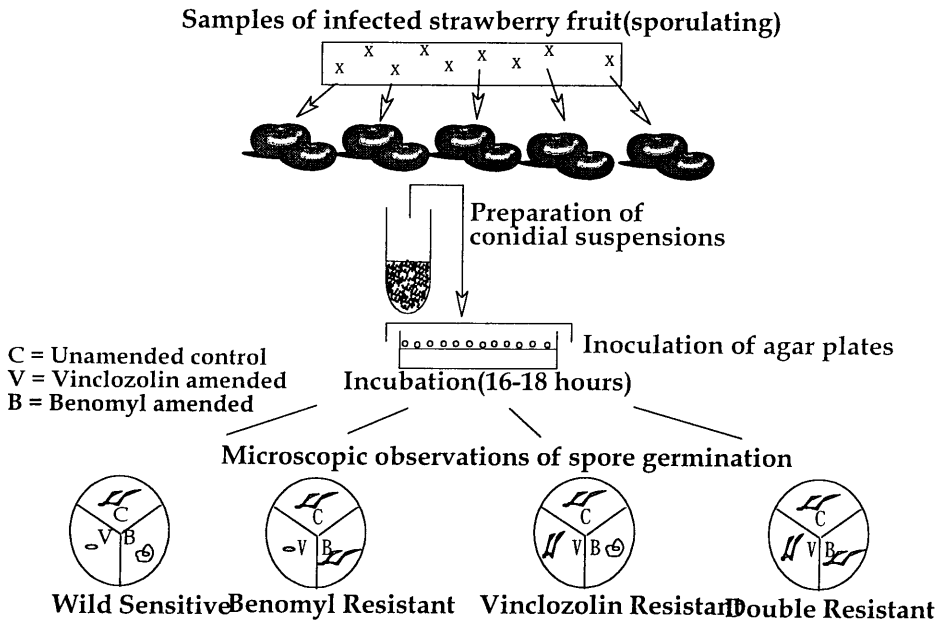
$$\text{sensitivity index} = \text{ED}_{50} \text{ standard} / \text{ED}_{50} \text{ test isolate} \times 100\%$$

2. 可培養之植物病原真菌：可培養之植物病原真菌之測定方法大致可採用下列三種方式：1. 施藥



圖三、梨黑星病對MBC之抗藥性基準點訂定。

Fig. 3. Build-up of baseline on MBC resistance occurred on *Venturia nashicola*.



圖四、灰黴病對殺菌劑抗藥性之監測方法及可能產生抗藥性之形式。

Fig. 4. Scheme of operations for monitoring fungicide resistance in *Botrytis cinerea* and possible resistance patterns (Source: Gullino and Garibaldi (1986)).

後接種，依據發病率計算敏感度；2. 測定藥劑對分生孢子發芽之抑制作用；3. 測定藥劑對菌絲生長之抑制作用⁽¹²⁾。

Benzimidazole 類藥劑

此類藥劑之監測方法有四：(一) 測定藥劑對孢子發芽之抑制力、(二)測定藥劑對發芽管伸長之抑制力、(三)測定藥劑對菌絲生長之抑制力及(四)測定藥劑對發病率抑制作用：此方法主要用於印證前述室內測定結果。依據上述測定方法，可定出benzimidazole 類殺菌劑之抗藥性監測流程如下：(一)建立敏感性(wild type)菌群之敏感基準點、(二)疑似抗藥性菌株之探討、(三)抗藥性擴展之預測、(四)訂定抗藥性管理策略⁽¹²⁾。

Dicarboximide 類藥劑：

此類藥劑通常測定藥劑對病原菌分生孢子發芽之抑制力，其測定流程詳如圖四所示。將罹病草莓果實採回實驗室，以殺菌水配製成分生孢子懸浮液後，培養於含藥劑之培養基上，16-18小時後放於顯微鏡下觀察，記錄發芽率及發芽管形態，並以不含藥劑者作為對照。經採用電腦影像系統為輔，進行本省灰黴病之抗藥性監測，民國80年至84年之調查結果詳見表三。表三結果顯示，藥劑間有交互抗藥性之現象，且抗藥性之發生並未有逐年增加之趨勢^(9, 12)。

表三、灰黴病抗藥性之田間監測結果

Table 3. The monitoring of fungicide-resistance occurred on *Botrytis cinerea* in Taiwan

年份	不同藥劑之抗藥菌株數					總調查菌株數
	免得克寧	撲滅寧	依普同	免克寧	快得保淨	
80年	13	29	12	22		49
81年	23	43	45	68	26	125
82年	24	11	18	11	27	28
83年	27	52	50	48	0	110
84年	26	19	26	21	0	57

Phenylamide 類藥劑：

此類藥劑之測定方式有三：

一、測定RF值：首先培養植株，再將藥劑噴施後接種病原菌，待發病情形具代表性時調查發病率，依據發病率計算 EC_{50} 及 EC_{95} ，並由此計算RF值。

$$RF = EC\text{-value of field isolate} / EC\text{-value if sensitive reference isolate}$$

二、測定藥劑對菌絲生長之抑制作用

三、測定同一族群中抗藥性菌株與敏感性菌株之比率(R/S)：其流程如下：

1. 發病初期利用單一劑量測定單一病斑對藥劑之感受性，每一樣品至少需採樣100病斑，計算同一採樣地區之R/S值、抗藥性比率。

2. 將病原菌稀釋至固定比率後，接種於不同劑量噴施之植株，並以未施藥者為對照，計算R/S值⁽¹³⁾。

至於田間監測時之採樣方法亦隨寄主植物及病原菌而異，一簡易之設施可用於採集病原菌之分生孢子⁽¹⁸⁾。

抗藥性之預防

抗藥性研究之最終目的乃在於如何預防抗藥性產生，以減少因抗藥性產生之成本增加，常用之方法包括下列七項：

開發新防治藥劑：開發新藥劑以取代已產生抗藥性藥劑，可降低藥劑之選汰壓力，減少因抗藥性產生所造成之藥效降低。

藥劑混合使用：利用兩種或兩種以上不會產生交互抗藥性之藥劑混合使用，可降低藥劑之選汰壓力，而延緩抗藥性之產生，圖五及圖六可明確證實藥劑混合使用之效用^(8,16)。而phynylamide類藥劑與其他藥劑混合使用可達抑制抗藥性產生之效果⁽²¹⁾。

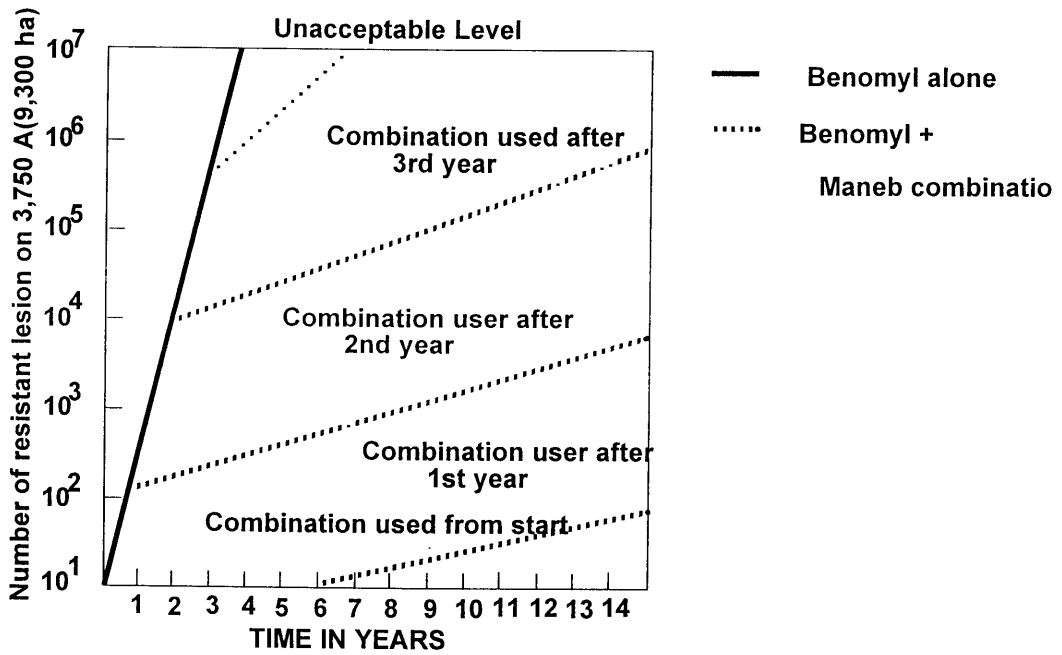
藥劑輪流使用：兩種或兩種以上無交互抗藥性之藥劑輪流使用時，導致抗藥性產生之機率會相對降低，合理而妥善之藥劑輪流使用或混合使用方法詳見圖七⁽¹⁶⁾。

藥劑混合及輪流使用策略配合應用：不論藥劑輪流使用或混合使用均可延緩抗藥性產生，若二者交替應用，則預防效果更佳，但應用此策略時，需特殊作用點之藥劑與非特殊作用點者、強效性與非強效者互相配合使用，其配合施用狀況可由圖八詳知⁽⁹⁾。

改變施用方式及施用時期、限制使用次數：有限制的使用農藥除可減少藥劑之浪費及環境污染，同時可因降低選汰壓力而避免抗藥性之發生。因此訂定藥劑施用策略時，應考慮下列五項原則：一、將選汰壓力降至最低；二、應多種施用方法互相配合應用，避免單獨施用；三、需於早期施用；四、宜選擇最適合之時宜、位置施用；五、訂定長程施用策略。至於Phenylamide類殺菌劑，因其藥劑特性及施用作用對象，合理而可行之施用策略應符合下列五因素：一、作為預防用而非治療用；二、與其他不同作用機制之殺菌劑混合使用；三、以噴施為宜，土壤處理時需採用不同劑型，種子處理時宜混合用藥；四、每年或每一生長期以施用2-4次為限；五、早期施用或植物生長期施用⁽¹³⁾。

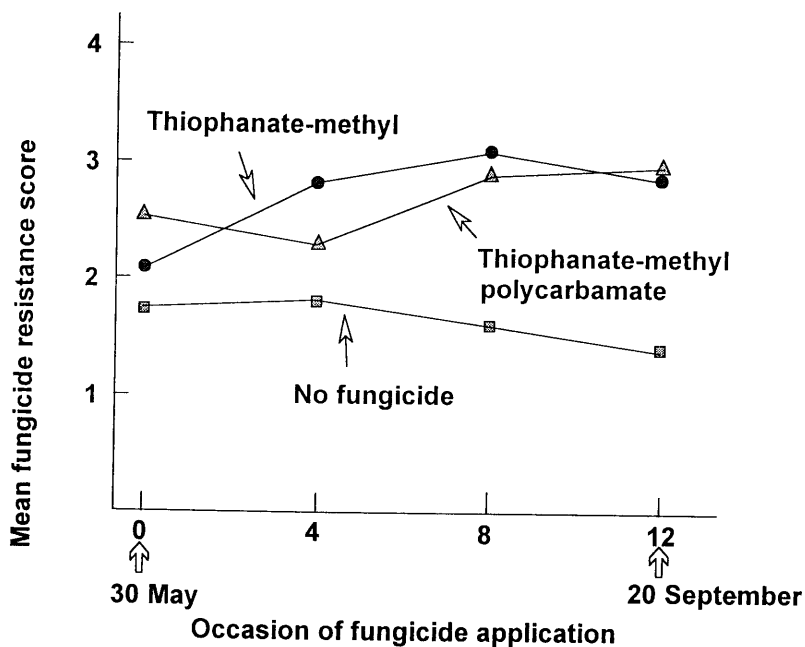
耕作防治策略：主要著重於栽培管理方式，可採用之方法極多，包括改變耕作方式(cultural practices)、栽種抗病品種(resistant cultivars)、進行病害預測(forecasting)、降低濕度及增加株距等。於栽培介質中添加吸水可降低麗格海棠灰黴病之發生，再配合藥劑施用並未降低發病率，詳見表四。至於定期灌注賀格蘭營養液，可促進植株之生長，增加其抵抗力，因此灰黴病之發病率亦相對降低，詳見表五。而利用生物防治、微生物製劑以取代化學藥劑亦不失為預防抗藥性產生之良策^(10, 11)。

定期進行抗藥性監測：隨時掌握最新資訊，可充分了解抗藥性於田間實際發生狀況，隨時掌握先機，進行上述之預防措施，以降低抗藥性之發生。



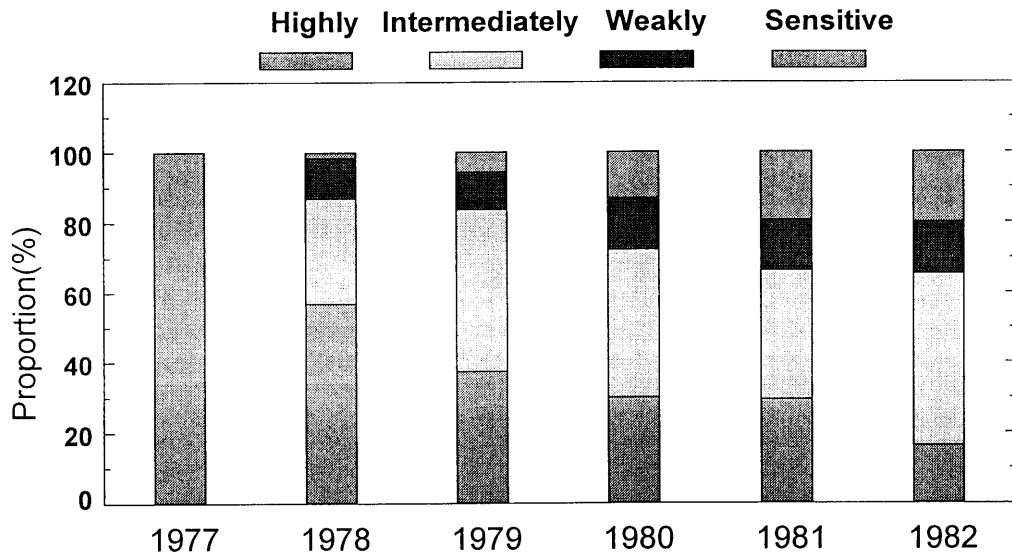
圖五、鋅錳乃浦與免賴得混合使用對芹菜葉斑病抗免賴得之影響。

Fig. 5. Development of resistance to benomyl used alone or combined with maneb.



圖六、混合藥劑對梨黑星病抗藥性菌株建立之影響⁽¹⁶⁾。

Fig. 6. Build-up of mean fungicide resistance in population of *Venturia nashicola* (1981). Resistance scores: sensitive 1, weakly resistant 2, intermediately resistant 3, highly resistant 4.



圖七、藥劑輪流使用對梨黑星病病原菌抗藥性消長之影響⁽¹⁶⁾。

Fig. 7. Decline of fungicide resistance in *Venturia nashicola* in an orchard in which benzimidazole fungicides were replaced by other fungicides in 1977.

Spray schedule options

MIXTURES

S+M → **S+M** → **S+M** → **S+M** → **S+M** **M** should be strong
S+S' → **S+S'** → **S+S'** → **S+S'** → **S+S'** **S** and **S'** have different modes of action

ALTERNATIONS

M → **S** → **M** → **S** → **M** **S** for critical use in spray schedule
M → **S** → **M** → **M** → **M** More effective if **S** has short residual

COMBINATIONS OF MIXTURES AND ALTERNATIONS

S+M → **M** → **S+M** → **M** → **M** When disease pressure and resistance risk
S+M → **M** → **S'+M** → **M** → **M** are very high but the special qualities of
S+M → **M** → **M** → **M** → **M** qualities of **S** or **S'** are required

S = Specific-site fungicide with a risk for resistance.

S' = Specific-site fungicide with no cross-resistance to **S**.

M = Multisite fungicide with little risk for resistance.

圖八、藥劑混合使用或輪流使用之施用模式。

Fig. 8. Fungicide spray schedule options.

表四、不同介質處理對麗格海棠灰黴病發病之影響

Table 4. The efficiency of fungicides combined with super sorb on the control of *Botrytis cinerea* occurred on begonia

處 理	發病率(%)	
	11/ 19/94	1/ 18/95
吸水	2.56	0.87
吸水+50% 依普同可濕性粉劑1500倍	8.41	0.64
吸水+75% 快得保淨可濕性粉劑 500倍	4.69	0.88
吸水+克氣得可濕性粉劑 2000倍	9.12	0.29
吸水+50% Sapphire WG 2000倍	7.91	0.19
吸水+Kuf-6201 EC 1000倍	4.15	0.28
對照：無處理	5.45	2.03
	1.47	11.79

表五、控制養分對麗格海棠灰黴病發病之影響

Table 5. The efficiency of hoagland solution on the control of *Botrytis cinerea* occurred on begonia

處 理	發病率(%)		
	11/ 9/94	12/ 21/94	1/ 4/95
賀格蘭營養液	3.1	0.93	5.09
賀格蘭營養液不加鈣鹽	7.8	1.87	1.80
對照：無處理	20.2	10.70	10.05

結 論

植物病原真菌之抗藥性問題涵蓋相當廣泛，舉凡藥劑使用後之藥效消退情形均與抗藥性之發生習習相關，而抗藥性研究之最終目的在於預防抗藥性之發生，而每一研究方向均扮演互動關係，如何相互配合使用而達到預防抗藥性產生之目的，實為極高之境界，非投以大量人力、物力配合長期研究無法達成。而目前科技日新月異，加以生物技術突飛猛進，如何配合應用，於植物栽培過程中增進其抗病性，以降低農藥使用量，則可相對降低抗藥性之發生。若能採用非農藥之防治方法，更可降低抗藥性於無形。

參考文獻

1. 王次男、J. R. Coley-Smith。1987。溫室萵苣灰黴病對Dicarboximide 類藥劑之抗藥性。植保會刊 29: 327-336。
2. 宇國勝。1981。柑桔青黴病之抗藥性研究。植保會刊 23: 193-199。
3. 孫守恭、裴家隆。1981。植物病原真菌抗藥性菌系之調查研究(一)炭疽病菌(*Glomerella cingulata*)對Benomyl 之抗藥性研究。植保會刊 23: 207-220。
4. 裴家隆、孫守恭。1981。臺灣植物病原真菌抗藥性菌系之調查與研究(二)菊花白銹病菌(*Puccinia horiana*)對oxycarboxin 之抗藥性研究。植保會刊 23: 221-227。
5. 黃秀華。1985。葡萄晚腐病菌不同抗藥菌系之生物學及生理上之比較。臺中區農業改良場研究彙報 11: 123-129。
6. 黃秀華。1985。葡萄晚腐病菌對Mon乳劑抗藥性菌系之調查研究。臺中區農業改良場研究彙報 11: 101-108。
7. 謝文瑞、段中漢。1984。葡萄晚腐病對滅紋、四氯丹、免賴得及撲克拉之抗藥性調查。植保會刊 26: 33-39。
8. Delp, C. J. 1980. Coping with resistance to plant disease control agents. *Plant Disease* 64: 652-657.
9. Delp, C. J. 1988. Fungicide resistance in North America. APS. 133PP.
10. Elad, Y. 1992. The use of antioxidants (free radical scavengers) to control grey mould (*Botrytis cinerea*) and white mould (*Sclerotinia sclerotiorum*) in various crops. *Plant Pathology* 41: 417-426.
11. Elad, Y., and Zimand, G. 1993. Use of *Trichoderma harzianum* in combination or alternation , with fungicides to control cucumber grey mould (*Botrytis cinerea*) under commercial greenhouse conditions. *Plant Pathology* 42: 324-332.
12. GIFAP asbl. 1991. FRAG methods for monitoring fungicide resistance. OEPP/EPPO Bull. 21: 291- 354.
13. Gisi, U. 1992. FRAG methods for monitoring fungicide resistance. OEPP/EPPO Bull. 22: 297-322.
14. Hide, G. A., and Hall, S. M. 1993. Development of resistance to thiabendazole in *Helminthosporium solani* (silver scurf) as a result of potato seed tuber treatment. *Plant Pathology* 42: 707-714.
15. Ishii, H., and Yanase, H. 1983. Resistance of *Venturia nashicola* to thiophanate-methyl and benomyl: formation of the perfect state in culture and its application to genetic analysis of the resistance. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 49: 153-159.
16. Ishii, H., Udagawa, H., Yanase, H., and Yamaguchi, A. 1985. Resistance of *Venturia nashicola* to thiophanate-methyl and benomyl: build-up and decline of resistance in the field. *Plant Pathology* 34: 363-368.
17. Koller, W., Parker, D. M., and Reynolds, K. L. 1991. Baseline sensitivities of *Venturia inaequalis* to sterol demethylation inhibitors. *Plant Dis.* 75: 726-728.

18. Lalancette, N., Jr., Russo, J. M., and Hickey, K. D. 1984. A simple device for sampling spores to monitor fungicide-resistance in the field. *Phytopathology* 74: 1423-1425.
19. Lorenz, D. H., and Eichhorn, K. W. 1982. *Botrytis cinerea* and its resistance to dicarboximide fungicides. *EPPO Bull.* 12: 125-129.
20. Panayotakou, M., and Malathrakis, N. E. 1983. Resistance of *Botrytis cinerea* to dicarboximide fungicides in protected crops. *Ann. appl. Biol.* 102: 293-299.
21. Samoucha, Y., and Gisi, U. 1987. Use of two-and three-way mixtures to prevent buildup of resistance to phenylamide fungicides against *Phytophthora* and *Plasmopara*. *Phytopathology* 77: 1405-1409.

The Monitoring and Strategies to Control of the Fungicide Resistance

Hsiu-Chu Yang

Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute

Abstract

Fungicide-resistance is a old and big problem of plant protection in the field. The four group of fungicide was found to induce the fungicide-resistance is demethylation inhibition(DMI), benzimidazole, dicarboximide and phenylamide. The purpose and importance for fungicide-resistance monitoring are to investigate suspected cases of practical resistance, to predict the appearance of resistance problems, to check resistance management strategies, to track the progress of resistance with time, to guide fungicide selection at the local level, and to advance basic understanding. The baseline must be determined before fungicide-resistance monitoring. But the methods to determine the baseline are varied according to the fungicides and pathogen. The methods used popularly are the germination of spore, the elongation of germ-tube, the inhibition of the formation of haustoria and mycelial growth. Another importance work for fungicide-resistance is the control. New disease control agents, the use of mixtures, rotation of disease control agents, limitation of use, integrated control strategies was concerned the best ways to control fungicide-resistance problem.

Key words: fungicide-resistance, monitoring, control.