

# 植物殺菌劑之使用介紹

李敏郎

行政院農委會藥毒所農藥應用組 博士

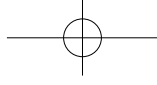
## 一、前言

植物生長過程中，常遭病菌及昆蟲為害，使植物生產過程受到阻擾，因此造成減產或無法收成，為確保生產結果，農業生產者或管理者經年累月改良各種管理模式，進而研發出化學農藥(Pesticide)、生物農藥(Biopesticide)等各種植物保護資材來確保植物健康，由於化學農藥便宜、方便施用及藥效顯著，因此最常被應用來防治植物病蟲害。化學農藥可依其防治對象分成：防治真菌(Fungi)、細菌(Bacteria)及線蟲(Nematodes)所引起之植物病蟲害，分別稱之「殺真菌劑(Fungicide)」、「殺細菌劑(Bactericide)」及「殺線蟲劑(Nematicide)」等；防治害蟲及害蟎之殺蟲劑(Insecticide)及殺蟎劑(Acaricide)等。引起作物病蟲害之病原種類繁多，可分成真菌、細菌、病毒(Virus)及線蟲等四大類，由於這些病原的生理特性不同，因此在防治時，得利用不同作用機制的農藥進行防治，例如根瘤線蟲、葉芽線蟲等引起之植物線蟲病蟲害，則以加保扶、芬滅松等殺線蟲劑進行防治；植物細菌性病蟲害則利用鏈黴素、維利黴素等抗生素類藥劑或亞納銅、嘉賜銅等銅劑進行防治；疫病菌、露菌、白粉病菌等所引起之植物真菌性病蟲害，則以三元硫酸銅、福賽得、三泰芬等殺菌劑進行防治。本文中所述之「殺菌劑」，泛指防治病原真菌及細菌引起之真菌性及細菌性病蟲害時，所使用的化學藥劑種類，即殺真菌劑及殺細菌劑兩大類藥劑。

提及殺菌劑應用，學者必須注意幾個重點，即防治對象是否為真菌或細菌引起的植物病蟲害？是否對殺菌劑的種類與作用機制有所認知？面對不同植物真菌性及細菌性病蟲害時，殺菌劑使用的方式是否因此而有所不同？因此，本文就此三項重點加以介紹，使學者在應用殺菌劑時，有所依循及參考。

## 二、植物病蟲害

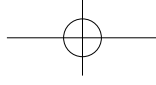
植物受到病原為害後，在植物組織、外表產生各式各樣的病徵。病徵僅能做為參考的緣故，是因為有些病徵類似，但是引起該病徵之病原可能是不同類之真菌或細菌引起，因此要確定該病蟲害是否為真菌引起，必須將罹病組織加以組織分離、純化出病原菌，經人工接種後產生類似病徵，則證實為病原菌引起之病蟲害；但是這個驗證過程需要專家協助，因此在無法確定病原菌之前，可請專家協助，如此可選擇正確的藥劑加以治療。雖然植物病徵有如此的不確定性，但對植物生產之管理人員而言，不失為重要的參考依據之一。因此，為使學者對這些病原有基本認識，底下就引起植物病原的種類加以簡介：



1. 真菌：最複雜、種類最多的植物病原菌，可引起植物病害之真菌種類略述如下：
  - 1) 根瘤病菌，可造成十字花科蔬菜根部腫大，使植物營養缺乏而死亡。
  - 2) 結合菌綱真菌，可為害儲藏時之種子與果實，造成腐爛。
  - 3) 卵菌綱真菌，可為害各種植物，造成幼苗猝倒、植株腐爛及病斑等各種病徵，常見的有疫病菌、露菌、猝倒病菌、白銹菌等植物病原真菌。
  - 4) 子囊菌，常見的有引起植物白粉病之白粉菌。
  - 5) 擔子菌，常見的有引起落花生銹病、葡萄銹病之銹菌，引起玉米黑穗病之黑穗菌。
  - 6) 不完全菌，例如炭疽病菌、鏟孢菌、灰黴病菌、菌核菌等。
2. 細菌：常引起的植物病徵為腫瘤、萎凋、軟腐、枝枯、葉斑、葉枯、潰瘍等病徵。
3. 病毒：可感染植物造成嵌紋、黃化、輪點等病徵，例如瓜類嵌紋病、木瓜輪點病。
4. 線蟲：可分成根瘤線蟲、包囊線蟲、根腐線蟲等內寄生性線蟲(endoparasites)及螺旋線蟲、環紋線蟲、釘線蟲等半內寄生性線蟲(semi-endoparasites)。
5. 其它：菌質體(mycoplasma、phytoplasma)可引起甘藷簇葉病。藻類可寄生在茶葉上，造成茶藻斑病。

### 三、殺菌劑發展簡史

殺菌劑早期發展以保護性殺菌劑為主，1821年John Robertson報導在英國地區，以石灰硫磺做為殺菌劑來防治露菌病，1883年法國人Millardet發現波爾多液的價值，用以防治葡萄露菌病。到了1900年代，由於化學工業快速發展，專一性殺菌劑不斷被合成及應用，例如德國Riehm於1913年利用有機汞消毒小麥種子來防治小麥黑穗病，1931年杜邦公司Tisdale及Willams發現二硫代氨基甲酸鹽(Dithiocarbamates)衍生物具有殺菌性質，進而合成第一個有機硫磺劑：得恩地(Tetramethylthiourea disulfide, thiram)，隨之類似化合物，如第一個二硫代氨基甲酸鹽類(Dithiocarbamate)殺菌劑：鋅乃浦(Zineb, 1943)、第一個鄰苯二甲醯亞胺類殺菌劑：蓋普丹(Captan, 1949)、錳乃浦(Maneb, 1950)、鋅錳乃浦(Mancozeb, 1961)被陸續研發為殺菌劑；1932年法國應用溴化甲烷(Methyl bromide)做為燻蒸劑；1936年以五氯酚(Pentachlorophenol)做為預防真菌及白蟻的木材防腐劑。到了1960年代，更多殺菌劑不斷被開發出來，例如腐絕(Thiabendazole, 1964)、日本研發有機磷殺菌劑Kitazine(1965)、多保淨(Thiophanate, 1969)，美國開發第一個系統性殺菌劑：Carboxin(1966)、第二群系統性殺菌劑：免賴得(Benomyl, 1967)。到了1970年代，德國拜耳公司研發三泰芬(Triadimefon)來防治白粉病及銹病(1974)，美國開發三賽唑(Tricyclazole, 1975)，瑞士開發了防治卵菌類的滅達樂(Metalaxyl, 1977)，法國也研發防治卵菌類的福賽得(Fosetyl-Aluminium, 1978)；至此，新型作用機制殺菌劑陸續被研發出來，使得今日殺菌劑的種類快速增加。由於新型殺菌劑具備專一性，不像傳統保護性殺菌劑的多作用點機制，因此抗藥性的問題在1960年代以後，便成為殺菌劑在應用與管理時，必須加以預防與解決的重要問題。



## 四、殺菌劑種類

殺菌劑可依其使用性質、化學式、作用機制等特性進行分類，若依其使用性質，則可分成兩大類，即保護劑(Protective fungicides)與治療劑(Curative fungicides)。保護劑指僅有保護效果，無防治效果，例如銅劑、硫磺劑及有機氯劑，而治療劑則具有療效，例如Triazole殺菌劑。殺菌劑除上述分類外，亦可依其是否具有選擇性分成非選擇性殺菌劑(Nonselective fungicides)與選擇性殺菌劑>Selective fungicides)，也能依照化學結構或作用機制(Mode of action)分群歸類，例如二羧醯亞胺類(Dicarboximide)殺菌劑—撲滅寧(Procymidone)，苯并咪唑(Benzimidazole)類殺菌劑—免賴得(Benomyl)。下列章節內容主要根據藥劑之選擇性為其大項，然後分別依照作用機制與抗藥性進行說明，方便學者了解殺菌劑分類情形。

### (一)非選擇性殺菌劑

早期開發之殺菌劑種類，屬多作用點抑制物(multi-site inhibitors)，無專一性或選擇性，防治範圍廣泛，因此大多做為保護性殺菌劑(protectants)。國際作物永續發展協會(CropLife International)專家技術組(Specialist Technical Group)：殺菌劑抗藥性行動委員會(Fungicide Resistance Action Committee, FRAC)將作用機制(mode of action)屬「多作用點接觸型」(Multi-site contact activity)之殺菌劑種類，編碼(FRAC Code)為M，共計有9類多作用點接觸型殺菌劑，分別介紹如下：

#### M1. 銅劑(Copper fungicides)

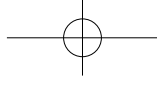
銅劑屬保護性殺菌劑，可於病害發生前使用，藉此保護作物免於病原菌為害，但是銅劑無法治療已發生之病害。由於真菌為害主要靠孢子，而銅劑屬預防保護性殺菌劑，因此在施用後，最先作用的部位就是真菌孢子。銅劑按成份可分成下列兩大類：

無機銅劑：成份中不含碳之銅劑為無機銅劑，但是化合物中若有一氧化碳、二氧化碳、碳酸鹽類與氰化物等，雖然這些成份含碳，仍被歸類為無機化合物。無機銅劑種類有：

Bordeaux mixture(波爾多液，1885，生石灰與硫酸銅混合物(Calcium hydroxide + Copper (II) sulfate混合物)，主成份為 $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 6\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{CuCl}(\text{OH})_3$ 、氫氧化銅(Copper hydroxide)、鹼性氯氧化銅(Copper oxychloride,  $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{CuO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )、 $\text{Cu}_2\text{O}$ 、氧化亞銅(Cuprous oxide,  $\text{Cu}_2\text{O}$ )、硫酸銅(Copper sulfate)。

有機銅劑：指銅劑成份含有碳氫成份者，如快得寧(Oxine-copper)。

作用機制：銅劑屬非專一性蛋白質變性劑。銅離子與酵素上得氫硫基(-SH)作用，導致酵素及蛋白質變性。



抗藥性及其他特性：與其它多作用點殺菌劑之間無抗藥性問題。由於銅離子對植物細胞亦具毒性，因此施用不當或濃度過高時，可能對作物產生藥害。國內在2004年將快得寧限制擴大使用。

## M2. 硫磺劑(Sulfur fungicides)

無機硫磺劑可能是最古老的殺菌劑之一，除可做殺菌劑外，也可做為殺蟎劑(acaricide)。傳統無機硫磺劑可分成硫磺粉、膠狀硫磺及可濕性硫磺三大類，目前均以合成方式取代前三種無機硫磺劑。為了有效防治植物病害，可濕性硫磺顆粒大小最好不要超過 7  $\mu\text{m}$ ，或是可通過 325 孔目或更細的網篩。當溫度超過32或35 $^{\circ}\text{C}$ 時，施用硫磺會對植物造成藥害，因此在無機硫磺劑使用上，必須特別注意施用後的溫度。無機硫磺劑種類包括：

硫磺、可濕性硫磺、石灰硫磺。

作用機制：除直接接觸外，硫在21 $^{\circ}\text{C}$ 以上時，會蒸散成氣體而成燻蒸劑效果，硫為親油性物質，透過細胞膜進入菌體內，取代呼吸作用之氧氣，產生 $\text{H}_2\text{S}$ 到一定濃度時，使菌類生理作用受阻而死亡。此類殺菌劑對脂質含量高之白粉病菌、銹病菌等，具有高度殺菌力。

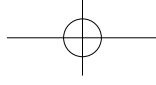
抗藥性及其他特性：與其它多作用點殺菌劑之間無抗藥性問題。

## M3. 二硫代氨基甲酸鹽類及衍生物(Dithiocarbamates and relatives)

這類殺菌劑是最早有機殺菌劑，又稱亞乙基雙二硫代氨基甲酸鹽(酯)類(Ethylenebis-dithiocarbamates, EBDCs)，在1930~1940年代陸續合成得恩地、鋅錳乃浦等有機殺菌劑，1989年後，美國環境保護署認為這群殺菌劑中，有部份種類具有致癌風險，因此禁用鋅乃浦及鈉乃浦，國內目前也禁用鋅乃浦等具有致癌風險的殺菌劑。本類殺菌劑因含有硫分子，因此可歸類為有機硫磺劑，屬多作用點殺菌劑，其種類包括：

- (1)多作用點：二甲胺二硫甲酸鹽(二甲二硫代胺甲酸鹽)(Multi-site: dimethyldithiocarbamate)：富爾邦(ferbam)、得恩地(thiram)、ziram。
- (2)多作用點：烷雙胺甲酸鹽[Multi-site: alkylenebis(dithiocarbamate)]：錳乃浦(maneb)、免得爛(metiram)、甲基鋅乃浦(propineb, 限制擴大使用)、鋅乃浦(zineb, 國內禁用)、鋅錳乃浦(mancozeb)、nabam。

作用機制：二烷二硫胺甲酸鹽(Dialkyldithiocarbamates)為真菌酵素之多重抑制劑，被真菌吸收代謝成異硫氰酸鹽自由基[isothiocyanate radical(-N=C=S)]，另一派說法則是說二硫化甲硫碳醯胺乙烯(ethylene thiuram disulfide)才是真正對真菌有毒的代謝物，無論何者為真，這些殺菌劑都有抑制氨基酸、蛋白質和酶的氫硫基(-SH group)作用。丙酮酸鹽去氫酶反應(Pyruvate dehydrogenase reaction)對二烷二硫胺甲酸鹽特別敏感。硫元素阻礙真菌粒線體電子傳遞系統中色素細胞C的受質端(substrate side)接收電子，進而干擾真菌能量之產生。



抗藥性及其他特性：與其它多作用點殺菌劑之間無抗藥性問題。除lime sulfur外，餘為非系統性，無藥害之殺菌劑。可用於防治露菌病、疫病、銹病、灰黴病等病害。這類型藥劑中，鋅乃浦、銅鋅錳乃浦、銅合浦因致大鼠畸型性與致腫瘤性，在國內已禁止使用，其餘之有機硫磺殺菌劑，亦因致腫瘤性等因素而制登記使用。

#### M4. 鄰苯二甲醯亞胺類(Phthalimides)

藥劑種類包括：

蓋普丹(Captan, 1949)、四氣丹(Captfol, 1961)、福爾培(Folpet, 1961)。

作用機制：非專一性且為多作用點抑制劑。本類殺菌劑含有對真菌具有毒性的-SCCl<sub>3</sub>結構，和蛋白質(酵素)之-SH基及低分子量代謝物結合，干擾電子傳遞系統及呼吸作用。目前認為該類殺菌劑之殺菌作用，主要作用是干擾真菌之有絲分裂，使染色體複製分離時，染色體無法分配到正確位置而使真菌細胞死亡。

抗藥性及其他特性：與其它多作用點殺菌劑之間無抗藥性問題。目前蓋普丹在國內為限制登記使用，而四氣丹和福爾培因致癌性及致腫瘤性，在國內已禁用。國外蓋普丹用於防治蘋果黑星病菌(*Venturia*)、灰黴病菌(*Botrytis*)、葡萄露菌病菌(*Plasmopara*)及疫病菌(*Phytophthora*)引起之病害；在國內則用於防治甘蔗鳳梨病及鳳梨心腐病。

#### M5. 氯化腈(鄰二腈苯、苯二甲腈)類[Chloronitriles (Phthalonitriles)]

藥劑種類包括：

四氣異苯腈(Chlorothalonil)。

作用機制：非系統性葉部施用之殺菌劑。使真菌細胞內的硫醇基(thiol group)不活化，導致醱解作用(glycolysis)能量產生受到影響。

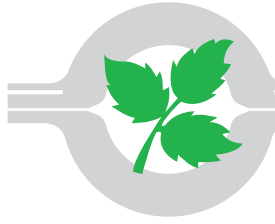
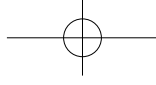
抗藥性及其他特性：與其它多作用點殺菌劑之間無抗藥性問題。四氣異苯腈屬於廣效性、葉部施用之保護性殺菌劑，曾因內含不純物致癌性而限制使用，後來在降低不純物含量、改變安全劑型等因素後，恢復登記使用。國內主要登記防治洋香瓜及胡瓜露菌病、桃縮葉病、香蕉及落花生葉斑病、白菜黑斑病、西瓜炭疽病、柑桔黑星病、洋葱紫斑病、馬鈴薯及番茄晚疫病、葡萄銹病等蔬果類病害。

#### M6. 磺胺、磺醯胺類(Sulfamides)

本類殺菌劑包括：

益發靈(Dichlofluanid)、Tolyfluanid。

作用機制：非專一性作用機制，與硫醇基作用，同時也影響真菌呼吸作用。



抗藥性及其他特性：與其它多作用點殺菌劑之間無抗藥性問題。國內益發靈登記在防治草莓及柿子灰黴病。

#### M7. 胍、亞氨基甲二胺類(Guanidines)

本類殺菌劑包括：

多寧(Dodine\*)、(Guazatine)、克熱淨(Iminoctadine)。

作用機制：抑制脂肪生合成，干擾膜之通透性。另外多寧的胍核(guanidine nucleus)也可抑制核糖核酸的合成。

抗藥性及其他特性：多寧及克熱淨抗藥性菌株對芬瑞莫敏感，不具抗藥性，為負交叉抗藥性(Negatively cross resistant)。國外報導蘋果黑星病菌(*Venturia inaequalis*)對多寧已產生抗藥性，由此顯示多寧可能不是多作用點抑制劑。目前多寧在國內僅登記於防治蘋果、梨及梨果類黑星病，建議對多寧要加強抗藥性管理。本類其餘藥劑仍屬多作用點抑制劑，與其它多作用點殺菌劑之間無抗藥性問題。克熱淨在國內用於防治枇杷灰斑病、葡萄銹病、柑桔儲藏性病害；克熱淨(烷苯磺酸鹽)則是防治蓮霧及檬果炭疽病、印度棗及洋香瓜白粉病、柿角斑病、梨輪紋病。

#### M8. 三氮苯類、三氮雜苯類、三氮六環類(Triazines)

本類藥劑主要是做為除草劑，其中只有一種殺菌劑：  
Anilazine(1955)。

作用機制：作用機制不明，主要和-NH<sub>2</sub>基，次要與-SH及-SR基作用，可與細胞內許多成份結合後，抑制細胞分化過程。

抗藥性及其他特性：與其它多作用點殺菌劑之間無抗藥性問題。國外主要用於防治馬鈴薯及番茄葉斑病，目前已取消登記使用。

#### M9. 醌類(蒽醌類)[Quinones (Anthraquinones)]

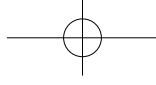
本類殺菌劑包括：

睛硫醌(Dithianon)。

作用機制：醌核(quinone nucleus)和-SH、-NH<sub>2</sub>基結合，因此干擾電子傳遞系統及呼吸作用。

抗藥性及其他特性：與其它多作用點殺菌劑之間無抗藥性問題。國內登記於防治柑桔黑星病、黑點病及瘡痂病、檬果、甜椒、山藥及果菜類炭疽病、桃菌核病及縮葉病、茶褐色圓星病。

其它多作用點殺菌劑：汞劑(Mercury fungicides)



藥劑名稱：

Phenylmercury acetate(PMA)

HgCl<sub>2</sub>(氯化汞)、Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>(氯化亞汞)、HgO、2-methoxyethyl mercury silicate、phenylmercury acetate(PMA)

作用機制：類似銅劑，為多作用點殺菌劑，和酵素之-SH基作用之故。

抗藥性及其他特性：由於對溫血動物之高毒性，具長效性環境污染之特性，1976年美國環境保護署將做為農藥的汞劑禁用，隨後世界各國也禁止使用。

## (二)選擇性殺菌劑

### A. 核酸合成 (Nucleic acid synthesis) 抑制劑

#### A1. 核糖核酸聚合酶 I (RNA polymerase I) 抑制劑：苯醯胺(醯基苯胺)殺菌劑 [PA-fungicides (PhenylAmides)] (FRAC CODE: 4)

本類殺菌劑依化學結構，可分成醯基丙胺酸類(acylalanines)、噁唑烷酮類(oxazolidinones)及丁酸內酯(butyrolactones)等三群，已知殺菌劑種類如下：

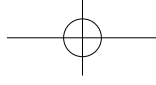
1. 醯基丙胺酸類：本達樂(benalaxyl)、滅達樂(metalxyl)、右滅達樂 [metalxyl-M (=mefenoxam)]、furalaxyl。
2. 噁唑烷酮類：毆殺斯(oxadixyl)。
3. 丁酸內酯類：ofurace。

作用機制：本類殺菌劑和真菌的核糖核酸聚合酶 I (RNA polymerase I)作用後，抑制核糖體核糖核酸(rRNA)合成，進而抑制真菌合成蛋白質，具保護及治療效果。

抗藥性及其它特性：卵菌綱病菌對此類殺菌劑已產生抗藥性及交叉抗藥性，但是在抗藥性機制上尚未完全明瞭。本達樂在國內用於防治洋桔梗及觀賞花卉露菌病、果菜類疫病、水稻稻熱病、育苗箱秧苗及番茄幼苗立枯病；滅達樂則是防治玉米露菌病及育苗箱秧苗立枯病；右滅達樂用於防治胡瓜疫病及育苗箱秧苗立枯病；毆殺斯無單劑登記，而是混合劑，如甲鋅毆殺斯防治洋桔梗、洋香瓜、胡瓜、葡萄、瓜菜類露菌病及莧菜白銹病，鋅錳毆殺斯則是防治馬鈴薯晚疫病及葡萄露菌病。

本類殺菌劑屬高風險(high risk)殺菌劑，必須注重抗藥性管理。國外研究顯示本類殺菌劑在田間產生嚴重抗藥性問題，其它類型抗卵菌綱殺菌劑則無此現象，其中以馬鈴薯晚疫病菌抗滅達樂的問題非常嚴重，且滅達樂抗藥性菌株的致病性和野生型菌株一樣，國外因應本類殺菌劑高抗藥性風險之管理建議如下，：

1. 滅達樂和克絕、福賽得混合使用，可防止滅達樂抗藥性產生，其中克絕對滅達樂具有協力作用。
2. 在病原菌侵入前，可用鋅錳乃浦先行保護，然後再用滅達樂防治。



- A2. 腺(核)苷酸去(脫)胺酶 (Adenosin-deaminase) 抑制劑：羥基(2-氨基)嘧啶 [hydroxy-(2-amino-) pyrimidines]抑制劑(FRAC CODE: 8)

已知殺菌劑種類：布瑞莫(bupirimate)、依瑞莫(ethirimol)、dimethirimol。

作用機制：抑制核酸合成時所需之腺核苷酸去胺酶，進而抑制真菌附著器及吸器形成。

抗藥性及其它特性：都是白粉病菌之殺菌劑，白粉菌對此類殺菌劑已產生交叉抗藥性，這類殺菌劑屬中度抗藥性(medium risk resistance)風險，需要注意抗藥性管理。布瑞莫在國內用於防治胡瓜、草莓、檬果、蘋果、瓜菜類及梨果類白粉病；依瑞莫也是用於防治胡瓜、檬果及菸草白粉病。

- A3. 去氧核糖核酸／核糖核酸合成(DNA/RNA synthesis, proposed)抑制劑(建議)：雜環芳香族(芳香雜環族)抑制劑(FRAC CODE: 32)

已知殺菌劑種類：殺紋寧(hymexazol, hymexazole)。

作用機制：抑制菌類細胞內之RNA/DNA合成。

抗藥性及其它特性：目前無抗藥性記錄。殺紋寧在國內用於防治水稻紋枯病、育苗箱秧苗及瓜類立枯病等病害。

- A4. 去氧核糖核酸拓撲異構酶第二型(旋轉酶)[DNA topoisomerase type II (gyrase)]：羧酸(carboxylic acids) (FRAC CODE: 31)

已知殺菌劑種類：歐索林酸(oxolinic acid)。

作用機制：DNA拓撲異構酶抑制劑。屬系統性殺細菌劑，具預防及治療效果。

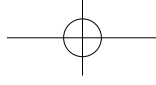
抗藥性及其它特性：屬殺細菌劑(bactericide)。抗藥性已產生，但是對這類殺菌劑的風險尚未明瞭，需要抗藥性管理。國外用於防治 *Pseudomonas*、*Erwinia* 等格蘭氏陰性細菌(Gram-negative bacteria)引起之水稻細菌性病害，國內登記於防治檬果黑斑病(*Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae*)。

- B. 有絲分裂及細胞分裂(Mitosis and cell division)抑制劑

- B1. 有絲分裂之 $\beta$ -微管蛋白組合抑制劑( $\beta$ -tubulin assembly in mitosis)：甲基苯并咪唑胺(氨基甲酸鹽類殺菌劑[MBC-fungicides (Methyl-Benzimidazole Carbamates)] (FRAC CODE: 1)

本類殺菌劑依化學結構可分成苯并咪唑類(benzimidazoles)及多保淨類(thiophanates)兩類，已知殺菌劑種類如下：

1. 苯并咪唑類：免賴得(benomyl)、貝芬替(carbendazim)、腐絕(thiabendazole)、fuberidazole。



2.多保淨類：多保淨(thiophanate)、甲基多保淨(thiophanate-methyl，貝芬替前驅物)。

作用機制：本類藥劑與微管蛋白結合後抑制微管(microtubule)形成，使紡錘體無法形成，阻礙核分裂。

抗藥性及其它特性：許多病原真菌對本類殺菌劑已產生抗藥性，抗藥性產生是屬於位置突變(site mutation)，與 $\beta$ -微管蛋白基因E198A/G/K、F200Y有關。病原真菌對本類殺菌劑已產生正交叉抗藥性(positive cross resistance)，對氮-苯基胺(氮)基甲酸鹽類(N-Phenylcarbamates， $\alpha$ -tubulin 抑制劑)，例如methyl N-(3,5-dichlorophenyl) carbamate (MDPC) 及isopropyl N-(3,4-diethoxyphenyl) carbamate (Diethofencarb)，則為負交叉抗藥性(negative cross resistance)。本類殺菌劑在抗藥性上屬高風險性，必須注意抗藥性管理。免賴得在國內用於防治多種作物之白粉病、黑星病、瘡痂病、輪斑病及稻熱病等病害；貝芬替用於防治菊花莖腐病、葡萄黑痘病、菸草白星病、洋菇褐痘病，貝芬替常與其它不同作用機制殺菌劑形成混合劑後登記使用；腐絕用於防治柑桔綠黴病及黑點病、香蕉各種病害、山藥莖枯病及葉斑病、洋菇褐斑病及褐痘病、梨輪紋病等；甲基多保淨用於防治洋香瓜蔓枯病、葡萄黑痘病、柑桔瘡痂病、蘋果黑星病、蝴蝶蘭灰黴病、菸草白星病、百慕達草皮褐斑病。

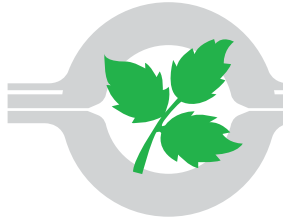
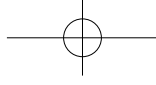
B2. 有絲分裂之 $\beta$ -微管蛋白組合抑制劑( $\beta$ -tubulin assembly in mitosis)：氮-苯基胺(氮)基甲酸鹽類(N-phenyl carbamates) (FRAC CODE: 10)  
已知殺菌劑種類：diethofencarb。

作用機制：結合 $\beta$ -微管蛋白後，阻礙有絲分裂進行。系統性具保護及治療效果。葉部及根部快速吸收後，擴散到全株。抑制灰黴病菌發芽管內的有絲分裂。

抗藥性及其它特性：已有抗藥性記錄，抗藥性與E198K位置突變有關。本類殺菌劑與苯并咪唑類殺菌劑為負交叉抗藥性。高風險性殺菌劑，須注意抗藥性管理。國外用於防治灰黴病菌、尾孢菌(*Cercospora*)及黑星病菌(*Venturia*)引起的病害。

B3. 有絲分裂之 $\beta$ -微管蛋白組合抑制劑( $\beta$ -tubulin assembly in mitosis)：苯甲醯胺(benzamides) (FRAC CODE: 22)  
已知殺菌劑種類：座賽胺(zoxamide)。

作用機制：本類殺菌劑與微管蛋白(tubulin)之 $\beta$ -次單位( $\beta$ -subunit)結合，干擾微管細胞骨架(microtubule cytoskeleton)結構，因而阻礙核分裂。與fenamidone不同的是座賽胺不會影響游走孢子泳動、靜止與發芽，具有不



怕雨水沖刷之抗雨性(rainfastness)作用，屬保護型藥劑。

抗藥性及其它特性：屬低風險至中度風險殺菌劑，施用時必須注意抗藥性管理。目前用於防治卵菌綱類病原菌。國外用於防治露菌及疫病等病害；國內登記藥劑為鋅錳座賽胺(鋅錳乃浦+座賽胺，mancozeb+zoxamide) 混合型殺菌劑，用於防治胡瓜露菌病(*Pseudoperonospora cubensis*)。

B4. 細胞分裂(建議)[cell division (proposed)]：苯基脲類(phenylureas) (FRAC CODE: 20)

已知殺菌劑種類：賓克隆(pencycuron)。

作用機制：非系統性之保護型殺菌劑。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知。國內用於防治十字花科蔬菜苗立枯病、水稻紋枯病及百慕達草草皮褐斑病。

B5. 膜收縮類蛋白不定位作用(delocalisation of spectrin-like proteins)：苯甲醯胺(benzamides) (FRAC CODE: 43)

已知殺菌劑種類：氟比來(flupicolide)。

作用機制：氟比來使真菌細胞內的膜收縮類蛋白質電子移位，進而抑制真菌生長。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知。國內無單劑登記，以混合劑：氟比拔克(氟比來+普拔克，flupicolide + propamocarb hydrochloride)登記，用於防治葡萄露菌病(*Plasmopara viticola*)。

C. 呼吸作用(Respiration)抑制劑

C1. 複體 I：NADH 氧化還原酶(complex I: NADH oxido-reductase)：嘧啶胺(pyrimidinamines) (FRAC CODE: 39)

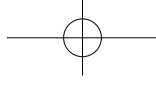
已知殺菌劑種類：二氟林(diflumetorim)。

作用機制：保護型殺菌劑。已知可抑制真菌呼吸作用，其原因推測是真菌複體 I 氧化還原酶所導致的作用。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知。二氟林在國內用於防治觀賞花卉白粉病。

C2. 複體 II：琥珀酸去氫酶(complex II: succinate-dehydrogenase)：碳醯胺類(甲醯胺類、羧酸醯胺類，carboxamides) (FRAC CODE: 7)

本類殺菌劑依化學結構分成6類，其殺菌劑種類如下：



1. 苯基苯甲醯胺類(phenyl-benzamides)：福多寧(flutolanil)、滅普寧(mepronil)、benodanil。
2. 呋喃碳醯胺類(furan-carboxamides)：fenfuram。
3. 噁噠英環碳醯胺類(oxathiin-carboxamides)：嘉保信(oxycarboxin)、carboxin。
4. 噻唑碳醯胺類(thiazole-carboxamides)：賽氟滅(thifluzamide)。
5. 吡唑碳醯胺類(pyrazole-carboxamides)：福拉比(furametpyr)、penthioopyrad。
6. 吡啶碳醯胺類(pyridine-carboxamides)：白克列(boscalid)。

作用機制：本類殺菌劑和琥珀酸泛醌還原酶(複體 II)[succinate-ubiquinone reductase complex (Complex II)]作用後，阻止電子傳遞到泛醌(ubiquinone)上，導致天門冬胺酸(aspartate)和麩胺酸(glutamate)合成受阻，細胞內的琥珀酸累積過量。本類殺菌劑具保護及治療作用，可防治真菌生長及侵入，使真菌菌絲及感染墊(infection cushions)瓦解。

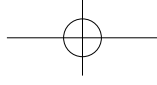
抗藥性及其它特性：田間植物病原真菌族群及實驗室內突變菌株對本類殺菌劑已產生抗藥性，抗藥性起因於sdh基因的位置突變，如H/Y(or H/L)上的257、267、272或P225L位置。本類殺菌劑屬中等風險，須注意抗藥性管理。本類殺菌劑主要用於防治擔子菌類、黑穗病菌、腥黑病菌、銹菌及立枯絲核菌。國內登記使用方面，福多寧用於防治水稻紋枯病、菠菜苗及小葉菜類立枯病、番茄、菱角、蔥及果類菜白絹病；滅普寧用於防治水稻紋枯病、菠菜苗立枯病、菱角白絹病及玉米黑穗病；嘉保信用於防治大豆、桑、葡萄、乾豆類銹病及菊花白銹病；賽氟滅及福拉比用於防治水稻紋枯病；白克列用於防治胡瓜白粉病及草莓灰黴病。

C3. 複體 III：在醌外部之細胞色素bc1(泛醌醇氧化酶)(cyt b 基因)[complex III: cytochrome bc1 (ubiquinol oxidase) at Qo site (cyt b gene)]抑制劑：QoI殺菌劑(苯醌外部抑制劑) [QoI-fungicides (Quinone outside Inhibitors)] (FRAC CODE: 11)

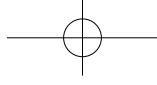
本類殺菌劑依化學結構分成8類，其殺菌劑種類及其各類作用機制分別敘述如下：

1. 甲氧基丙烯酸類(methoxyacrylates)：亞托敏(azoxystrobin)、enestrobin、picoxystrobin。

作用機制：藉由阻礙位於泛醌氧化位置中的細胞色素b和c1傳遞電子作用，進而抑制真菌粒線體呼吸作用，具保護及治療效果，可抑制孢子發芽、菌絲生長及產孢作用。可防治對14去甲基酶(14-demethylase)抑制劑、苯醯胺類(phenylamides)、二羧醯亞胺類或苯并咪唑類等殺菌劑已產生抗藥性之病原真菌。亞托敏在國內用於防治多種作物疫病、露菌病、炭疽病等病害。



2. 甲氧基胺甲酸鹽類(methoxycarbamates)：百克敏(pyraclostrobin)。  
作用機制：藉由阻礙細胞色素bcl複體傳遞電子作用，進而抑制真菌粒線體呼吸作用，具保護及治療效果。百克敏在國內用於防治蓮霧及檬果炭疽病、洋香瓜露菌病、柿角斑病、韭菜銹病及茶餅病。
3. 肟醋酸類(oximino acetates)：克收欣(kresoxim-methyl)、三氟敏(trifloxystrobin)。  
作用機制：藉由阻礙細胞色素bcl複體傳遞電子作用，進而抑制真菌粒線體呼吸作用，具保護及治療效果，抑制真菌孢子發芽。克收欣在國內用防治各種作物炭疽病、白粉病、紫斑病及梨黑星病等病害；三氟敏則是防治蓮霧果腐病、檬果及蓮霧炭疽病、洋香瓜蔓枯病、梨黑星病、葡萄及蔥銹病。
4. 肟醚(酯)醋醯胺類(oximinoacetamides)：dimoxystrobin、metominostrobin、orysastrobin。  
作用機制：藉由阻礙細胞色素bcl複體傳遞電子作用，進而抑制真菌粒線體呼吸作用，具保護及治療效果。
5. 唑啉二酮類(oxazolidinediones)：凡殺同(famoxadone)。  
作用機制：藉由阻礙位於粒線體複體III位置之泛醌：細胞色素c氧化還原酶(ubiquinol:cytochrome c oxidoreductase)傳遞電子作用，進而抑制真菌粒線體呼吸作用，有效型式為(S)異構物，本類殺菌劑具保護效果，僅能抑制孢子發芽。凡殺同在國內無單劑登記使用，均為混合劑使用，如凡殺克絕防治番茄、馬鈴薯晚疫病、蓮霧疫病、草莓果腐病、葡萄及洋香瓜露菌病；凡殺護矽得防治香蕉葉斑病。
6. 二氫二噁嗪類(dihydrodioxazines)：fluoxastrobin。  
作用機制：本類型藥劑和真菌粒線體呼吸作用鏈中第三位置，即醌外部(Quinone outside site)的泛醌氧化酶(ubiquinol oxidase)反應，為呼吸作用抑制劑，具保護及治療效果，可抑制孢子發芽及菌絲生長。國外用於防治銹病菌、白粉病菌、立枯絲核菌、黑穗病菌、露菌及疫病菌引起之各種作物病害。
7. 二氫雜茂烯類(咪唑啉酮類，imidazolinones)：fenamidone。  
作用機制：藉由阻礙泛醌細胞色素C氧化還原酶(ubihydroquinone cytochrome c oxidoreductase)傳遞電子作用，進而抑制真菌粒線體呼吸作用，具保護及治療效果，可抑制游走孢子囊釋放游走孢子與游走孢子發芽，國外則用於防治葡萄露菌病、馬鈴薯晚疫病等卵菌綱引起之病害。
8. 苯基胺(胺)基甲酸酯(鹽)類(氨基甲酸苯酯類、胺甲醯苄酯類，benzyl-carbamates)：pyribencarb。



作用機制：藉由阻礙細胞色素bc1複體傳遞電子作用，進而抑制真菌粒線體呼吸作用，具保護及治療效果。國外用於防治灰黴病。

抗藥性及其它特性：各種植物病原真菌已對QoI類殺菌劑產生抗藥性，抗藥性產生是由於細胞色素b基因上的G143A、F129L發生位置突變及額外的抗藥機制所形成。QoI類殺菌劑已產生交叉抗藥性，屬高風險類，須注意抗藥性管理。本類殺菌劑可藉由 $\beta$ -甲氧丙烯酸類( $\beta$ -methoxyacrylates)干擾泛醌-細胞色素c還原酶(ubiquinone-cytochrome c reductase)或細胞色素bc1複體(複體III)[cytochrome bc1 complex(complex III)]，由於這些殺菌劑都作用在細胞色素bc1複體(cytochrome bc1 complex)分子結構：醌外部(Quinone 'outside')位置，因此稱做QoI殺菌劑(the Qo inhibitor fungicides, QoI)，早期則是稱做丙烯酸酯類殺菌劑(Strobilurins)。 $\beta$ -甲氧丙烯酸類為微生物之天然產物，主要來自食用菇類及木材腐朽菇類，例如strobilurin A源自於*Strobilurus tenacellus* (Pers. ex Fr.) Singer，oudemansin A來自*Oudemansiella mucida* Hoehn，這些天然抗菌物質在1960年代就發現其化學成份，最近經改良後，不僅對光線反應穩定，具系統性，且施用後無植物藥害情形，在1995年後於美國陸續登記上市。QoI類具有廣效性，主要防治對象為露菌、白粉病菌、葉斑病菌、銹菌，即卵菌綱、子囊菌、不完全菌及擔子菌等植物病原真菌。

C4. 複體III：在醌內部之細胞色素bc1(泛醌還原酶)[complex III: cytochrome bc1 (ubiquinone reductase) at Qi site]抑制劑：QiI殺菌劑(苯醌內部抑制劑)[QiI-fungicides (Quinone inside Inhibitors)] (FRAC CODE: 21)

本類殺菌劑依化學結構分成2類，其殺菌劑種類如下：

1. 氰咪唑(cyano-imidazole)：賽座滅(cyazofamid)。
2. 硫醯三唑類(胺磺醯基三唑類，sulfamoyl-triazole)：amisulbrom(吡唑磺菌胺)。

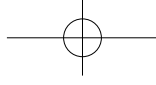
作用機制：抑制醌內部的泛醌還原酶，使真菌細胞內的呼吸作用無法順利進行。Amisulbrom可抑制真菌產孢。

抗藥性及其它特性：抗藥性風險未知，但假設為中等至高風險性殺菌劑(已知模式微生物上的抗藥性位置)，須注意抗藥性管理。賽座滅在國內用於防治番茄晚疫病、木瓜及蓮霧疫病、洋香瓜、胡瓜及葡萄露菌病、育苗箱秧苗立枯病。Amisulbrom在國外用於防治馬鈴薯晚疫病與葡萄、瓜類、萵苣等露菌病。

C5. 氧化磷酸作用之非(解)耦聯劑(uncouplers of oxidative phosphorylation) (FRAC CODE: 29)

本類殺菌劑依化學結構分成3類，其殺菌劑種類如下：

1. 二硝苯巴豆酸類(dinitrophenyl crotonates)：百克蟻(已禁用，binapacryl)、



- 白粉克(已禁用, dinocap)、meptyldinocap。  
2.2,6-二硝苯胺類(2,6-dinitro-anilines): 扶吉胺(fluzinam)。  
3.嘧啶酮胺類(pyrimidinone-hydrazones): 富米綜(ferimzone)。

作用機制: 本類殺菌劑具保護作用, 影響真菌呼吸作用的氧化磷酸作用, 使呼吸作用受阻。白粉克可藉氣態(vapor phase)擴散來抑制白粉病菌孢子發芽。

抗藥性及其它特性: 抗藥性未知。扶吉胺在國內用於防治椪果、蓮霧及山藥炭疽病、柑桔瘡痂病、梨白紋羽病、輪紋病及黑星病, 另外扶吉胺也可當作殺蟎劑, 防治柑桔葉蟎。富米綜無單劑登記, 以混合劑: 富米熱斯防治水稻稻熱病。

C6. 氧化磷酸作用之腺嘌呤核苷三磷酸合成酶抑制劑(inhibitors of oxidative phosphorylation, ATP synthase): 有機錫化合物(organo tin compound) (FRAC CODE: 30)

已知殺菌劑種類: 三苯醋錫(已禁用, fentin acetate)、三苯煙錫(已禁用, fentin hydroxide)、fentin chloride(三苯氯化錫)。

作用機制: 三苯錫(triphenyltin)阻礙ATP合成酶及ATP合成, 使真菌呼吸作用中的磷酸氧化反應無法進行, 抑制真菌孢子發芽及呼吸作用。

抗藥性及其它特性: 已知部份真菌產生抗藥性, 本類殺菌劑抗藥性屬低等風險至中等風險。國內因其致畸型性而全部禁止使用。

C7. 腺嘌呤核苷三磷酸生成抑制劑(建議)[ATP production (proposed)]: 噻吩碳醯胺(一硫二烯伍圈碳醯胺, thiophenecarboxamides) (FRAC CODE: 38)

已知殺菌劑種類: silthiofam。

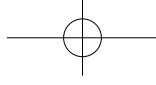
作用機制: 該類殺菌劑抑制真菌粒線體內的ATP轉移到細胞溶質(細胞液, cytosol), 進而抑制ATP合成而達到殺菌目的。屬保護型殺菌劑, 具長效性(long-lasting control)。

抗藥性及其它特性: 有抗藥性報告, 屬低風險抗藥性殺菌劑。國外做為禾本科種子處理用之殺菌劑。

D. 胺基酸及蛋白質合成(amino acids and proteins synthesis)抑制劑

D1. 甲硫胺酸生合成(建議)(cgs 基因)[methionine biosynthesis (proposed)(cgs gene)]抑制劑: 苯胺嘧啶[AP-fungicides (Anilino-Pyrimidines)] (FRAC CODE: 9)

已知殺菌劑種類: 賽普洛(cyprodinil)、滅派林(mepanipyrim)、派美尼(pyrimethanil)。



作用機制：這類殺菌劑不影響孢子發芽，而是在低濃度時具有抑制發芽管伸長之作用，作用機制為抑制胱硫醚- $\beta$ -裂解酶(cystathionine- $\beta$ -lyase)，因此影響甲硫胺酸(methionine)生合成，使菌絲或發芽管無法正常伸長，因此在藥劑篩選時，不可使用富有氨基酸的培養基，尤其含有甲硫胺酸成份時會降低苯胺嘧啶類殺菌劑毒性。本類型殺菌劑另一作用機制乃抑制水解酵素之分泌，例如蛋白質分解酶(protease)、纖維素酶(cellulase)、脂酶(lipase)、角質分解酶(cutinase)等，例如該類殺菌劑中的派美尼可抑制灰黴病菌分泌漆酶(漆氧化酶，laccase)，達到防治效果。

抗藥性及其它特性：灰黴病菌(*Botrytis*)及黑星病菌(*Venturia*)對本類殺菌劑已有抗藥性，禾本科眼點病菌(*Oculimacula*, cause of eyespot of cereals)對本類殺菌劑則是偶而發生抗藥性情形。在抗藥性風險方面，屬中度風險性，必須注意抗藥性管理。本類殺菌劑之間具交叉抗藥性，已知賽普洛對苯并咪唑類(benzimidazole)、氨基甲酸鹽類(carbamates)、氮-苯基氨基甲酸鹽類(N-phenylcarbamates)、二羧醯亞胺類(dicarboximide)、咪唑類(imidazoles)、嗎福啉(morpholines)、喹啉(quinolines)、醜外部抑制劑(QoI fungicides, strobilurins)或三唑類(triazoles)殺菌劑無交叉抗藥性。本類殺菌劑防治對象包括子囊菌及不完全菌，如灰黴病、蘋果黑星病及穀類白粉病等。賽普洛在國內用於防治梨及梨果類黑星病、桃及梨果類菌核病、洋香瓜及瓜果類白粉病；混合劑賽普護汰寧：登記於防治葡萄晚腐病、蓮霧果腐病、草莓及觀賞花卉灰黴病、木瓜及檬果炭疽病、洋蔥黃萎病；混合劑賽普待克利：登記於防治檬果及洋香瓜白粉病。滅派林用於防治草莓及觀賞花卉灰黴病、梨黑星病。派美尼用於防治草莓及觀賞花卉灰黴病。

#### D2. 蛋白質合成(protein synthesis)抑制劑：烯醇吡喃糖醛酸抗生素(enopyranuronic acid antibiotic) (FRAC CODE: 23)

已知殺菌劑種類：保米黴素(blasticidin-S)。

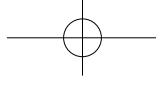
作用機制：抑制蛋白質生合成，屬接觸型殺菌劑，具保護及治療作用。

抗藥性及其它特性：低度風險至中度風險，須注意抗藥性管理。國內用於防治水稻稻熱病及百慕達草皮黑斑病。

#### D3. 蛋白質合成(protein synthesis)抑制劑：己吡喃抗生素(hexopyranosyl antibiotic) (FRAC CODE: 24)

已知殺菌劑種類：嘉賜黴素(kasugamycin)。

作用機制：蛋白質生合成抑制劑，抑制Met-RNA和mRNA-30S複體的結合，因而阻礙胺基酸結合。系統性殺菌劑及殺細菌劑，具保護及治療效果。可抑制稻熱病菌(*Pyricularia oryzae*)在水稻上的生長，阻礙病斑發展，抑制孢子發芽及附著器形成的效果較差。施用後可被植物組織快速地吸收



與轉移。相反地，嘉賜黴素抑制番茄病原菌(*Cladosporium fulvum*)產孢作用的效果，優於抑制菌絲生長的效果。嘉賜黴素可降低細菌生長與繁殖的速度。

抗藥性及其它特性：植物病原真菌及水稻細菌性穀枯病病原細菌(*Pseudomonas glumae*)對本類殺菌劑已產生抗藥性。本類殺菌劑之抗藥性為中度風險，因此必須注意抗藥性管理。國內用於防治水稻稻熱病及細菌性穀枯病。

D4. 蛋白質合成(protein synthesis)抑制劑：吡喃葡萄糖苷抗生素(glucopyranosyl antibiotic) (FRAC CODE: 25)

已知殺菌劑種類：鏈黴素(Streptomycin)。

作用機制：鏈黴素和30S核糖體次單位(ribosomal subunit)結合後，導致基因編碼錯讀(mis-reading)，屬系統性之殺細菌劑。

抗藥性及其它特性：殺細菌劑(bactericide)，抗藥性已產生，屬高風險性殺菌劑，須注意抗藥性管理。國內登記於防治結球白菜及包葉菜類細菌性軟腐病(*Erwinia*)。

D5. 蛋白質合成(protein synthesis)抑制劑：四環黴素(tetracycline antibiotic) (FRAC CODE: 41)

已知殺菌劑種類：烴四環黴素(土黴素、地黴素、氧四環素，oxytetracycline)。

作用機制：與細菌的30S及50S核糖體次單位結合後，阻礙aminoacyl-RAN、RF1及RF2終止因子(termination factors)等和核糖體A位置的結合。施用後可被植物快速地吸收與散佈。

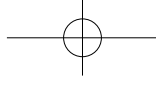
抗藥性及其它特性：亦可做殺細菌劑，抗藥性已產生，屬高風險性殺菌劑，須注意抗藥性管理。國內以鏈四環黴素(Streptomycin sesquisulphate + tetracycline hydrochloride)用於防治水稻白葉枯病。

E. 訊號傳導作用(signal transduction)抑制劑

E1. 早期細胞訊號G蛋白[G-proteins in early cell signaling (proposed)]抑制劑：喹啉(奎林，quinolines) (FRAC CODE: 13)

已知殺菌劑種類：快諾芬(quinoxifen)。

作用機制：快諾芬屬移動性的系統性保護型殺菌劑，阻礙病菌形成附著器，非剷除性殺菌劑，向上及向下移行性，亦可藉蒸發作用轉移(vapour transfer)，其抑制作用與真菌早期細胞傳導途徑中的G蛋白質(G-proteins)有關，屬於真菌生長訊號干擾劑。



抗藥性及其它特性：本類殺菌劑已有抗藥性記錄，屬中度風險性，須注意抗藥性管理。葡萄白粉病菌(*Uncinula necator*)之快諾芬抗藥性菌株對proquinazid(FRAC CODE: U7)產生交叉抗藥性，但是禾本科白粉病菌(*Blumeria graminis*)之快諾芬抗藥性菌株對proquinazid則無此交叉抗藥性現象。當抗藥性管理時，必須注意快諾芬與proquinazid一起搭配使用的情形，以預防抗藥性產生。與現行唑類(azoles)、嗎福啉(morpholines)或QoI類殺菌劑等防治殺白粉菌劑(mildewicides)無交叉抗藥性，本類藥劑主要用在防治白粉病方面，國內也是登記為防治洋香瓜白粉病。

E2. 滲透訊號傳導之分裂蛋白活化激酶/組胺酸激酶(*os-2, HOG1*)[MAP/Histidiine-Kinase in osmotic signal transduction (*os-2, HOG1*)]抑制劑：苯基吡咯殺菌劑[PP-fungicides (PhenylPyrroles)] (FRAC CODE: 12)

已知殺菌劑種類：護汰寧(fludioxonil)、feniclonil。

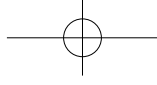
作用機制：本類殺菌劑是*Pseudomonas pyrocinae*抗真菌素之吡咯硝酸甘油酯(pyrrolnitrin)類似物，抑制運載有關之葡萄糖磷酸化作用，導致菌絲中的甘油(丙三醇)及甘露醇(mannitol)等多醇類增加。屬非系統性、具長殘效活性(long residula activity)，可被植物吸收，一般而言，治療的效果有限，主要是抑制分生孢子發芽，發芽管及菌絲生長的抑制效果較差。

抗藥性及其它特性：偶爾發現抗藥性情形，抗藥機制僅為推論所得。低風險至中度風險，須注意抗藥性管理。護汰寧與苯胺嘧啶類(如賽普洛)、苯并咪唑類(如貝芬替)、N-phenylcarbamates (diethofencarb)、二羧醯亞胺類(如免克寧)等無交叉抗藥性。本類殺菌劑主要防治對象為子囊菌、擔子菌及不完全菌，如鏈格孢菌(*Alternaria*)、灰黴病菌、立枯絲核菌、菌核病菌(*Sclerotinia*)等病原真菌。防治範圍有子囊菌、擔子菌及不完全菌等，主要防治對象為灰黴病菌，除種子粉衣外，亦應用在葉部保護方面。護汰寧於國內用於防治花卉灰黴病，目前和賽普洛形成混合劑：賽普護汰寧，用於防治花卉灰黴病、木瓜及檬果炭疽病、葡萄晚腐病、蓮霧果腐病、洋蔥黃萎病(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*)。

E3. 滲透訊號傳導分裂蛋白活化激酶/組胺酸激酶(*os-1, Dafl*)[MAP/Histidiine-Kinase in osmotic signal transduction (*os-1, Dafl*)]抑制劑：二羧醯亞胺類(二羧基亞胺、二甲醯亞胺、二羧醯亞胺，dicarboximides) (FRAC CODE: 2)

已知殺菌劑種類：克氣得(chlozolate)、依普同(iprodione)、撲滅寧(procymidone)、免克寧(vinclozolin)。

作用機制：誘導非飽和脂肪酸產生過氧化反應，產生活性氧自由基，因此使核酸、蛋白質與細胞壁成份受到攻擊，導致菌絲生長受擾而異常分歧，也使發芽管爆裂，因此本類藥劑能抑制孢子發芽與菌絲生長，尤其是抑制菌絲生長方面效果較佳。克氣得可使真菌粒線體膜上的脂肪產生過氧化反應，屬接觸型，具保護和治療效果；依普同屬接觸型，具保護及治療效



果，抑制真菌孢子發芽和菌絲生長；撲滅寧具系統性之保護及治療特性，可藉由根部吸收，向上移行到葉部及花部；免克寧屬非系統性之保護劑，可阻礙孢子發芽和菌絲生長。

抗藥性及其它特性：與細胞膜或細胞壁結構改變有關，滲透壓敏感度增加與抗藥菌株病原性關係密切。對二羧醯亞胺類之間、芳香煙類與芳香環化合物等殺菌劑有交叉抗藥性，由抗藥性觀點看，二羧醯亞胺類為抗藥性之“中度風險”殺菌劑。這類藥劑中，免克寧因廠商自動停止進口，且因安全劑型問題，目前限制登記使用。灰黴病菌(*Botrytis*)及一些植物病原真菌對本類殺菌劑普遍產生抗藥性，突變基因主要為I365S，其次為OS-1。本類殺菌劑普遍產生交叉抗藥性，屬中度風險至高風險性殺菌劑類，須注意抗藥性管理。克氣得在國內用於防治草莓灰黴病；依普同用於防治各種作物灰黴病、黑斑病等病害；撲滅寧用於防治各種作物灰黴病、菌核病、白絹病、白粉病、黑斑病、蔓枯病等病害；免克寧用於防治唐菖蒲及草莓灰黴病、萵苣菌核病，混合劑免得克寧則是防治草莓灰黴病及果腐病。

#### F. 脂質及膜合成(lipids and membrane synthesis)抑制劑

##### F1. 即二羧醯亞胺類(formerly dicarboximides)

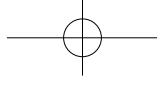
##### F2. 磷脂生合成，甲基轉移酶(phospholipid biosynthesis, methyltransferase)抑制劑：硫磷酸二乙脂類(phosphorothiolates)、二硫雜環戊烷類(dithiolanes)(FRAC CODE: 6)

本類殺菌劑依化學結構可分成2類，其殺菌劑種類如下：

1. 硫磷酸二乙酯類：護粒松(edifenphos)、丙基喜樂松(iprobenfos)、白粉松(pyrazophos)。
2. 二硫雜環戊烷類：亞賜圃(isoprothiolane)。

作用機制：抑制菌絲生長、產孢、幾丁質合成及磷酸脂肪合成，並影響膜之通透性。護粒松為葉部使用之殺菌劑，具保護和治療效果；丙基喜樂松屬系統性具保護和治療效果，可由根部及葉部吸收；白粒松為系統性、具保護及治療效果，藉葉部和抽莖(shoots)吸收後，向上移行，可抑制某些真菌的黑色素形成，阻礙真菌分生孢子產生附著器；亞賜圃屬系統性，具保護及治療效果，葉部和根部吸收後，向上及向下移行，可抑制真菌形成侵入釘(infection peg)或分泌纖維素酶(cellulase)，阻礙真菌侵染菌絲無法侵入與伸長。

抗藥性及其它特性：特定的植物病原真菌對本類殺菌劑以產生抗藥性。本類殺菌劑屬低風險至中度風險，當使用防治具有風險性之植物病原真菌時，則須注意抗藥性管理。護粒松及丙基喜樂松在國內均為防治水稻稻熱病，白粉松則是防治西瓜及玫瑰白粉病；亞賜圃除防治稻熱病外，也登記於防治梨白紋羽病。



F3.脂質過氧化反應(建議)[(lipid peroxidation (proposed))]抑制劑：AH殺菌劑 [芳香烴類(氯化苯、硝基苯胺)][(Aromatic Hydrocarbons)(chlorophenyls, nitroanilines)]、芳香雜環類(heteroaromatics) (FRAC CODE: 14)

本類殺菌劑依化學結構可分成2類，其殺菌劑種類如下：

1. 芳香烴類：大克爛(dicloran)、脫克松(tolclofos-methyl)、biphenyl、chloroneb、quintozene (PCNB)、tecnazene (TCNB)。
2. 1,2,4-噻二唑(1,2,4-thiadiazoles)：依得利(etridiazole)。

作用機制：誘導細胞內各胞器膜上之脂肪產生過氧化反應，阻礙電子傳遞。影響孢子發芽、附著器形成、產孢、磷酸脂合成，造成自由脂肪酸累積及呼吸作用中的氧氣吸收。大克爛屬保護型殺菌劑，可使真菌菌絲變形，無法抑制孢子發芽；脫克松屬非系統性接觸型殺菌劑，具保護及治療效果；依得利為接觸型、具保護及治療效果，保護效果受限於土壤或栽培介質裡的植物根圍範圍內。

抗藥性及其它特性：已知部份植物病原真菌對本類殺菌劑已產生抗藥性。對AH及二羧醯亞胺類殺菌劑具有正交叉抗藥性(Positively cross resistant)。高揮發性之故，大多作為土壤殺菌劑用。交叉抗藥性模式由於活化範圍不同而變得複雜，屬低風險性至中度風險性殺菌劑。大克爛在國內用於防治白絹病及菌核病；脫克松用於防治豌豆立枯病；依得利則是登記在防治各種作物疫病、猝倒病、立枯病及細菌性軟腐病。

F4.細胞膜通透性，脂肪酸(建議)[cell membrane permeability, fatty acids (proposed)]抑制劑：氨基甲酸鹽(酯)類(carbamates) (FRAC CODE: 28)

已知殺菌劑種類：普拔克(propamocarb)、iodocarb、prothiocarb。

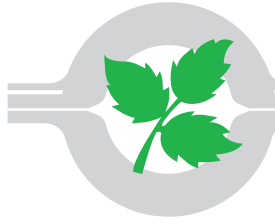
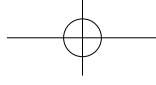
作用機制：延緩菌絲生長、孢囊及游走孢子發育，影響細胞膜生合成。本類殺菌劑屬系統性，具保護效果，根及葉吸收後，向上移行。

抗藥性及其它特性：低風險至中度風險性殺菌劑，須注意抗藥性管理。本類殺菌劑多用於防治卵菌綱類引起之植物病害。普拔克在國內用於防治洋香瓜、香瓜及洋桔梗露菌病、胡瓜幼苗、甜椒及蘭花疫病、菸草猝倒病。

F5.磷脂生合成及細胞壁沈積作用(建議)[phospholipid biosynthesis and cell wall deposition (proposed)]抑制劑：CAA殺菌劑(羧酸醯胺類)[CAA-fungicides (Carboxylic Acid Amides)] (FRAC CODE: 40)

本類殺菌劑依化學結構可分成3類，其殺菌劑種類如下：

1. 肉桂酸醯胺類(cinnamic acid amides)：達滅芬(dimethomorph)、flumorph。
2. 纈胺醯胺氨基甲酸鹽類(valinamide carbamates)：benthiavalicarb、iprovalicarb、valiphenal。
3. 苦杏仁酸醯胺類(杏仁酸醯胺類、扁桃酸醯胺類，mandelic acid amides)：mandipropamid。



作用機制：達滅芬能抑制卵菌綱菌類之細胞壁形成，屬局部系統性殺菌劑，具良好的保護性及抑制產孢作用。達滅芬為(E)、(Z)異構物混合劑，其中只有(Z)型異構物有作用，但是在光作用下會相互轉換。

抗藥性及其它特性：葡萄露菌病菌(*Plasmopara viticola*)對本類殺菌劑已產生抗藥性，但是馬鈴薯晚疫病菌(*Phytophthora infestans*)則無抗藥性情形。交叉抗藥性普遍發生在羧酸醯胺類殺菌劑之間。本類殺菌劑屬低風險至中度風險性，須注意抗藥性管理。本類型殺菌劑可防治露菌、疫病菌，但對 *Pythium* spp. 無防治效果。達滅芬單劑登記於防治木瓜及胡瓜疫病，馬鈴薯及番茄晚疫病、洋香瓜及葡萄露菌病；混合劑：達滅克敏登記於防治葡萄露菌病。

#### G. 膜之固醇生合成(sterol biosynthesis in membranes)抑制劑(SBI)

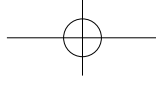
這類殺菌劑均可抑制麥角固醇生合成(ergosterol biosynthesis)，又稱EBIs殺菌劑，為抗藥性之低風險(low risk)殺菌劑，依其性質可分成4大類，其種類簡介如下：

##### G1. 固醇生合成之碳14-去甲基酶(*erg11/cyp51*)[C14-demethylase in sterol biosynthesis (*erg11/cyp51*)]抑制劑：DMI殺菌劑[去甲基作用抑制劑(SBI: 第一群)][DMI-fungicides (DeMethylation Inhibitors)(SBI: Class I) (FRAC CODE: 3)

本類殺菌劑又稱固醇碳14去甲基作用抑制劑，早期據此簡稱SDI殺菌劑(Sterol C14-Demethylation Inhibiting fungicides)，本類殺菌劑依化學結構可分成5類，其殺菌劑種類如下：

1. 哌嗪(四甲基乙二胺, piperazines)：賽福寧(triforine)。
2. 吡啶(pyridines)：比芬諾(pyrifenox)。
3. 嘧啶(pyrimidines)：芬瑞莫(fenarimol)、尼瑞莫(nuarimol)。
4. 咪唑(imidazoles)：依滅列(imazalil)、撲克拉(prochloraz)、賽福座(triflumizole)、oxpoconazole、pefurazoate。
5. 三唑類(三氮雜茂類, triazoles)：比多農(bitertanol)、溴克座(bromuconazole)、環克座(cyproconazole)、待克利(difenoconazole)、達克利(diniconazole)、依普座(epoxiconazole)、護矽得(flusilazole)、護汰芬(flutriafol)、菲克利(hexaconazole)、易胺座(imibenconazole)、滅特座(metconazole)、邁克尼(myclobutanil)、平克座(penconazole)、普克利(propiconazole)、得克利(tebuconazole)、四克利(tetraconazole)、三泰芬(triadimefon)、三泰隆(triadimenol)、azaconazole、etaconazole、fenbuconazole、fluquinconazole、ipconazole、prothioconazole、simeconazole、triticonazole。

作用機制：本類殺菌劑和microsomal cytochrome P-450的特別形態結合，比嗎福啉(morpholines)更早一步抑制固醇生合成。不影響糖類及醋酸鹽之



氧化反應等呼吸作用，菌絲乾重增加。視菌類不同，可能影響孢子堆複製、菌絲生長及孢子發芽等菌類形態。

抗藥性及其它特性：本類殺菌劑之作用機制迥異。許多真菌對本類殺菌劑已產生抗藥性，在*cyp51(erg 11)*基因上有V136A、Y137F、A379G、I381V等位置突變；*cyp51*啟動子(promotor)；ABC傳送器(transporters)等等。一般而言，同一個真菌對DMI類殺菌劑具有交叉抗藥性現象。雖然DMI類殺菌劑是固醇生合成抑制劑(SBI)，但是對其它SBI群是不存在交叉抗藥性，受抗藥性等單基因突變之多效性(pleiotropic)效應影響，通常伴隨著適應性(fitness)及致病性(pathogenicity)減弱的現象。本類殺菌劑屬中度風險，須注意抗藥性管理。目前國內此類型藥劑中，溴克座、環克座、依普座、護砂得、邁克尼、平克座、撲克拉及普克利等均為限制登記使用藥劑。本類藥劑亦可作為植物生長調節劑，如嘧啶類裡的ancymidol(環丙嘧啶醇)。

下列藥劑與本類型之藥劑具有協力作用(synergistic activity)：

鹽酸、氫氧化鈉、陽離子及陰離子型界面活性劑、正鈣酸鈉、呼吸作用抑制劑(寡黴素，oligomycin)、傳統殺菌劑(福爾培[國內已禁用]，四氣異苯脲)。

G2. 固醇生合成之 $\Delta^{14}$ 還原酶及 $\Delta^8 \rightarrow \Delta^7$ 異構酶(*erg24, erg2*)[ $\Delta^{14}$ -reductase and  $\Delta^8 \rightarrow \Delta^7$ -isomerase in sterol biosynthesis (*erg24, erg2*)]抑制劑：胺(“嗎福啉、嗎啉”)(SBI: 第二群)[Amines (“Morpholines”) (SBI: Class II) (FRAC CODE: 5)]

本類殺菌依化學結構可分成3類，其殺菌劑種類如下：

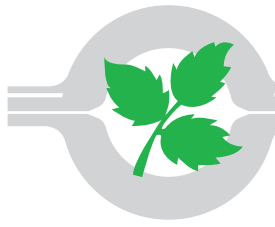
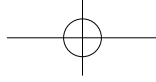
1. 嗎福啉類(嗎啉、1,4-氧氮六環，morpholines)：芬普福(fenpromorph)、三得芬(tridemorph)、aldimorph、dodemorph。
2. 哌啶類(六氫吡啶，piperidines)：fenpropidin、piperalin。
3. 螺縮銅胺類(spiroketal-amines)：spiroxamine。

作用機制：本類殺菌劑抑制真菌固醇生合成途徑裡的 $\Delta^8 \rightarrow \Delta^7$ 固醇異構酶及 $\Delta^{14}$ 固醇還原酶，使多醣類位置(可能是幾丁質)錯誤，導致*Mucor sp.*的膜發生變化，菌類形態改變，菌絲乾重無法增加。

抗藥性及其它特性：白粉菌對本類殺菌劑之敏感度有降低現象，交叉抗藥性存在本類殺菌劑之間，對其它SBI群則無交叉抗藥性。本類殺菌劑屬低風險至中度風險性，須注意抗藥性管理。芬普福在國內用於防治小麥銹病；三得芬則是防治小麥及胡瓜白粉病、韭菜赤銹病、茶餅病及枝枯病。

G3. 3-酮還原酶，碳4-去甲基作用(*erg27*)[3-keto reductase, C4-demethylation (*erg27*)]抑制劑：烴醯苯胺類(SBI: 第三群) [hydroxyanilides (SBI: Class III)] (FRAC CODE: 17)

已知殺菌劑種類：fenhexamid。



作用機制：當固醇生合成時，碳14-去甲基作用時，殺菌劑作用在3-酮還原酶上，抑制真菌孢子發芽管伸長及菌絲生長。

抗藥性及其它特性：本類殺菌劑屬低風險至中度風險性，須注意抗藥性管理。Fenhexamid在國外用於防治灰黴病菌及褐腐病菌(*Monilinia*)引起之葡萄、草莓、核果類、漿果類等作物病害。

G4. 固醇生合成之鯊烯環氧酶(*erg1*)[squalene-epoxidase in sterol biosynthesis (*erg1*)]抑制劑：(SBI: 第四群)(SBI: Class IV) (FRAC CODE: 18)

本類殺菌劑依化學結構分成2類，其殺菌劑種類如下：

1. 硫胺甲酸鹽類(thiocarbamates)：pyributicarb。
2. 丙烯胺類(allylamines)：naftifine、terbinafine。

作用機制：本類藥劑可做為殺菌劑和除草劑。Pyributicarb作用在鯊烯環氧酶，使鯊烯無法還原成環氧鯊烯。

抗藥性及其它特性：硫胺甲酸鹽類之抗藥性未知，具有殺菌及除草活性，pyributicarb防治菌核類引起之植物病害。丙烯胺類則為醫學用殺菌劑(medical fungicide only)種類。

H. 聚葡萄糖合成(glucan synthesis)抑制劑

H3. 海藻糖酶(麥角糖酶、繭蜜糖酶)及肌醇生合成(trehalase and inositol-biosynthesis)抑制劑：吡喃葡萄糖苷抗生素(glucopyranosyl antibiotic) (FRAC CODE: 26)

已知殺菌劑種類：維利黴素(validamycin)。

作用機制：海藻糖酶抑制劑，非系統性具靜菌效果之抗生作用，使菌絲前端分枝變形，進而無法發育。

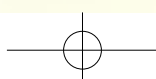
抗藥性及其它特性：抗藥性未知。國外用於防治立枯絲核菌引起之病害。

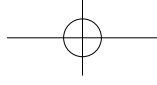
H4. 幾丁質合成酶(chitin synthase)抑制劑：保粒黴素(polyoxins) (FRAC CODE: 19)

已知殺菌劑種類：保粒黴素(polyoxin)。

作用機制：保粒黴素具有嘧啶核苷，可抑制幾丁質合成，影響真菌細胞壁完整性。本類殺菌劑具保護效果。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知，中度風險性，須注意抗藥性管理。本類殺菌劑在國內用於防治水稻紋枯病、花卉白粉病、菸草白星病、蘆筍莖枯





病、葡萄晚腐病、甘藍、百慕達草草皮及小葉菜類黑斑病、番茄輪紋病。

I. 細胞壁黑色素合成(melanin synthesis in cell wall)抑制劑

I1. 黑色素生合成還原酶(reductase in melanin biosynthesis)抑制劑：MBI-R(Melanin Biosynthesis Inhibitors – Reductase) (FRAC CODE: 16.1)

本類殺菌劑依化學結構可分成3類，其殺菌劑種類如下：

1. 異苯并呋喃酮(isobenzo-furanone)：熱必斯(ftthalide, phthalide)。
2. 吡咯喹啉酮(pyrrolo-quinolinone)：百快隆(pyroquilon)。
3. 三唑苯并噻唑(triazolobenzo-thiazole)：三賽唑(tricyclazole)。

作用機制：熱必斯抑制黑色素生合成，降低1,3,8-三氫萘(1,3,8-trihydroxy naphthalene)合成量，具抗侵入作用(anit-penetration)，屬葉部用殺菌劑，具保護效果。百快隆為系統性殺菌劑。三賽唑可降低1,3,8-三氫萘及vermelone(黑色素前趨物)產量，為系統性殺菌劑，根部快速吸收後，分布全株。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知。熱必斯、百快隆及三賽唑於國內均登記為防治稻熱病。

I2. 黑色素生合成脫水酶(dehydratase in melanin biosynthesis)抑制劑：MBI-D(Melanin Biosynthesis Inhibitors – Deydratase) (FRAC CODE: 16.2)

本類殺菌劑依化學結構可分成3類，其殺菌劑種類如下：

1. 環丙烷碳醯胺(cyclopropane-carboxamide)：加普胺(carpropamid)。
2. 碳醯胺(carboxamide)：diclocymet。
3. 丙醯胺(propionamide)：fenoxanil。

作用機制：本類殺菌劑可抑制黑色素生合成中的脫水酶，使scytalone無法脫水形成三氫萘及vermelone無法脫水形成二氫萘，進而達到殺菌的效果。加普胺為系統性保護劑，無治療效果。Diclocymet在國外用於防治稻熱病。Fenoxanil屬系統性保護劑，具殘效性(residual effect)，日本用於防治稻熱病。

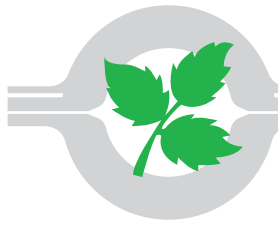
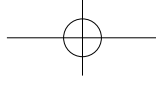
抗藥性及其它特性：抗藥性未知，中等風險性，須注意抗藥性管理。加普胺在國內用於防治稻熱病。

P. 誘導寄主植物防禦(host plant defence induction)抑制劑

P1. 水楊酸代謝途徑(salicyclic acid pathway)抑制劑：苯并噻二唑(benzo-thiadiazole BTH) (FRAC CODE: P)

已知殺菌劑種類：acibenzolar-S-methyl。

作用機制：acibenzolar-S-methyl並不是殺菌劑，而是植物天然抗病物質水



楊酸的功能類似物，僅而防禦病原菌的侵染，本質上不具殺菌活性。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知。國外用於防治小麥、水稻、香蕉、蔬菜、菸草等作物病害。

P2. 苯并異噻唑(benzisothiazole)抑制劑(FRAC CODE: P)

已知殺菌劑種類：撲殺熱(probenazole)

作用機制：這類型藥劑並非直接殺菌，而是刺激作物體內水楊酸所調節的防禦訊號途徑，達到防治作用。例如撲殺熱施用後，刺激植物體內經由水楊酸調節之防禦訊號途徑，使植物產生抗性。撲殺熱屬系統性殺菌劑，活化植物天然抗病防禦系統，可由根部吸收。

抗藥性及其它特性：同時具有抗細菌及抗真菌活性。抗藥性未知。國內用於防治水稻稻熱病及白葉枯病。

P3. 噻二唑甲醯胺(thiadiazole-carboxamide) (FRAC CODE: P)

已知殺菌劑種類：tiadinil、isotianil。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知。Tiadinil在國外用於防治育苗箱稻熱病。

P4. (建議)：自然化合物(natural compound) (FRAC CODE: P)

已知殺菌劑種類：昆布(海帶)多醣(laminarin)。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知。昆布多醣為多醣類碳水化合物，可由葉部吸收。昆布多醣可誘導植物對軟腐細菌、疫病菌等產生抗性。

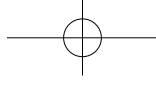
U. 作用機制不明者(unknown mode of action)抑制劑

1. 未知：氰基乙酰胺肟類(cyanoacetamide-oxime) (FRAC CODE: 27)

已知殺菌劑種類：克絕(cymoxanil)。

作用機制：葉部用之接觸型及局部系統性殺菌劑，具保護及治療作用，能抑制菌類產孢。

抗藥性及其它特性：據稱已有抗藥性。本類殺菌劑屬低風險至中度風險性，須注意抗藥性管理。克絕主要用於防治卵菌綱引起之植物病害。國外用於防治馬鈴薯和番茄的露菌病及晚疫病。克絕在國內無單劑登記使用，均為混合劑登記使用，防治卵菌綱引起之露菌病及疫病等作物病害。



2. 未知：磷酸鹽(酯)類(phosphonates) (FRAC CODE: 33)

本類殺菌劑依化學結構可分成2類，其殺菌劑種類如下：

1. 磷酸乙酯類(ethyl phosphanates)：福賽得(fosetyl-Al)。
2. 亞磷酸及其鹽類(phosphorous acid and salts)。

作用機制：福賽得可抑制孢囊發芽，或阻礙菌絲發育及其產孢。系統性殺菌劑，葉部及根部快速吸收後，可向上及向下移行分布。

抗藥性及其它特性：少數病原真菌對本類殺菌劑有抗藥性。低風險性。福賽得常用於防治卵菌綱引起之植物病害，在國內用於防治各種作物露菌病、疫病及白銹病等病害。

3. 未知：(鄰)氨基甲酰苯甲酸(phthalamic acid) (FRAC CODE: 34)

已知殺菌劑種類：tecloftalam。

作用機制：細菌性的靜菌作用(bacteriostat)，抑制細菌生長。

抗藥性及其它特性：本類藥劑屬殺細菌劑，抗藥性未知。Tecloftalam在國外用於防治水稻白葉枯病(*Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*)。

4. 未知：苯并三吡嗪(benzotriazines) (FRAC CODE: 35)

已知殺菌劑種類：triazoxide。

作用機制：專一非系統性殺菌劑，不單獨施用，而是與其它藥劑(得克利)製成混合劑型施用。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知。國外以種子粉衣處理來防治大麥種子傳播之病害(*Pyrenophora* spp.)。

5. 未知：苯磺醯胺(苯磺胺)(benzenesulfonamides) (FRAC CODE: 36)

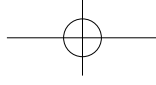
已知殺菌劑種類：氟硫滅(flusulfamide)。

作用機制：抑制孢子發芽。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知。國外用於防治十字花科蔬菜根瘤病(*Plasmodiophora brassicae*)、猝倒病、立枯病、疫病、鏽菌引起之植物病害。國內則僅登記於防治甘藍根瘤病。

6. 未知：噁嗪酮(pyridazinones) (FRAC CODE: 37)

已知殺菌劑種類：達滅淨(diclomezine)。



作用機制：具治療及保護效果之殺菌劑，抑制真菌菌絲內橫隔膜(septum)形成及菌絲生長。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知。國外用於防治立枯病及白絹菌病方面，而國內則是登記於防治水稻紋枯病。

7. 未知：硫代氨基甲酸鹽(硫胺甲酸鹽，thiocarbamate) (FRAC CODE: 42)  
已知殺菌劑種類：滅速克(methasulfocarb)。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知。國內用於防治育苗箱秧苗立枯病。

8. 微管分裂(microtubule disruption)抑制劑：噻唑(吡唑環)碳醯胺(thiazole carboxamide) (FRAC CODE: U5)  
已知殺菌劑種類：ethaboxam。

作用機制：抑制真菌菌絲生長及產孢，為預防、治療、跨薄壁組織(translaminar)的系統性殺菌劑。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知。國外用於防治葡萄露菌病、馬鈴薯晚疫病等卵菌綱引起之植物病害。

9. 未知：苯乙醯胺(phenyl-acetamide) (FRAC CODE: U6)  
已知殺菌劑種類：cyflufenamid。

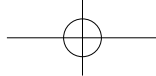
作用機制：具有萌前及萌後活性(pre- and post- emergence activity)之殺菌劑，抑制真菌侵染過程，具預防及治療效果。

抗藥性及其它特性：白粉病菌(*Sphaerotheca*)已產生抗藥性，須注意抗藥性管理。國外登記於防治小麥、大麥、蔬菜、果樹等白粉病。

10. 未知：喹唑啉酮類(quinazolinone) (FRAC CODE: U7)  
已知殺菌劑種類：proquinazid。

作用機制：預防及治療效果。

抗藥性及其它特性：抗藥性已知，中度風險性，須注意抗藥性管理。葡萄白粉病菌(*Uncinula necator*)之快諾芬(quinoxifen)抗藥性菌株對proquinazid產生交叉抗藥性，但是禾本科白粉病菌(*Blumeria graminis*)之快諾芬抗藥性菌株對proquinazid則無此交叉抗藥性現象。進行抗藥性管理時，必須注意快諾芬與proquinazid一起搭配使用的情形，以預防抗藥性產生。Proquinazid在國外用於防治禾本科、葡萄等作物白粉病。



#### 11. 肌動蛋白分裂(建議)[actin disruption (proposed)]：二苯基酮(benzophenone) (FRAC CODE: U8)

已知殺菌劑種類：metrafenone。

作用機制：干擾菌絲形態發育，具保護及治療效果。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知。國外用於防治禾本科白粉病。

#### NC. 尚未分類者(Not Classified)

##### 1. 未知：多種的(diverse) (FRAC CODE: NC)

已知殺菌劑種類：礦物油(mineral oils)、有機油類(organic oils)、碳酸氫鉀(potassium bicarbonate)、生物性來源之產物(material of biological origin)。

抗藥性及其它特性：抗藥性未知。

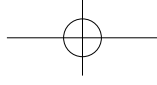
## 五、殺菌劑之使用

殺菌劑之使用，是指在了解防治對象是何種病原菌、病害發生的季節、植物生長特點、環境因子與殺菌劑特性後，所產生之施用技術。換言之，就是將殺菌劑施用到防治對象上所採用的施用技巧，可充分發揮藥效，提高施藥效率，獲得較佳之防治效果及減少對環境衝擊。此一技巧，可按作物生育期劃分如下：

1. 種苗期：預防種子傳播性病害及苗期病害兩種。主要利用粉衣法、種子或幼苗根部浸泡法，而苗期葉部病害則以噴佈方式加以防治。
2. 種植前：作物在種植前，若田區已有土壤傳播病害之歷史時，應在種植前，利用藥劑或其它防治方式，先行處理土壤，使土壤中的病原菌密度降低到對作物根部無影響，或減少病害發生的機率。在進行土壤清潔處理時，亦須配合種苗根部浸泡藥劑之保護措施，使該病害發生機率減少或延緩發生。
3. 生育期：主要針對植物地上部病害而言，可實施噴佈方式加以預防及治療等防治工作。此刻若發生地下部病害，則須視作物種類及配合不同藥劑種類加以控制，適用之對象通常是指長年生的作物，如果樹類。
4. 儲藏期：指採收後，當種子或果實在儲藏期所可能遭遇的病害防治，此種儲藏期病害通常是指青黴病菌、綠黴病菌等引起種子或果實腐爛現象。可於儲藏前，種子或果實先以藥劑粉衣或浸泡後陰乾儲存等方式加以預防。

殺菌劑施用方式及適合該方式之劑型簡介如下：

1. 噴霧法：乳劑、可溼性粉劑、水分散性粒劑、水懸劑等主要施用方式。防治對象為植物之地上部病害種類。施用器具為壓力噴霧器。霧粒大小與目標植物表面之附著、附著時間及分布之關係密切，且牽涉到防治效果及施藥頻率。
2. 噴粉法：粉劑之主要施用方式，利用器具將粉劑均勻噴佈到目標植物上。



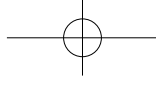
效率高，不受水源限制，但是附著性較低、飄移性強、對環境污染影響大。

3. 撒施法：粒劑之施用方式，主要針對土壤傳播之植物病害。
4. 澆灌法：乳劑、可溼性粉劑、水分散性粒劑、水懸劑等均可以此法施用，乃將藥液直接澆灌到目標植物表面或植株附近土壤。主要用來限制土傳性真菌病害的蔓延。
5. 粉衣法：可溼性粉劑、水分散性粒劑等均可適用此法，將藥劑直接與種子均勻混合，藉此藥劑保護種子。主要用來防治種子及土壤傳播之植物病害。
6. 浸漬法：乳劑、可溼性粉劑、水分散性粒劑、水懸劑等均可適用此法，主要用來防治種子及種苗之種子傳播及土壤傳播之植物病害。
7. 燻蒸法：燻蒸劑之施用方式，主要用來防治土傳性植物病害。

## 六、結論

隨著時代演變，殺菌劑由多作用點、保護性、預防性的藥劑種類，在 60 年代以後，演變成單一作用點、選擇性高、系統性的殺菌劑，使得殺菌劑的開發朝向專一性作用點、低劑量、高毒性等方向發展。由於此類殺菌劑低劑量、高毒性作用下，非常受到植物生產者的歡迎與使用，但因為該類殺菌劑作用機制過於專一，病原對藥劑的抗藥性逐漸成為農藥使用的大問題。這類藥劑在長期施用情形下，會對田間植物病原菌造成選汰壓力，若因施用觀念錯誤，容易使田間植物病原菌產生「抗藥性」問題，使得藥效喪失問題日益嚴重，這種「抗藥性」現象，在過去使用多點作用的保護劑時代絕少發生。由於抗藥產生的機制不同，田間的農藥管理方式便不能相同，基於田間抗藥性發生情形，歐盟殺菌劑抗藥性執行委員會 (Fungicide Resistance Action Committee, FRAC, <http://www.frac.info/frac/>) 對殺菌劑抗藥性的管理，制訂抗藥性風險評估的標準試驗規範。FRAC 自 1981 設立以來對二羧醯亞胺類 (Dicarboximides)、苯醯胺類 (Phenylamides) 及固醇生合成抑制劑 (Sterol biosynthesis inhibitors, SBI) 等選擇性殺菌劑均有年度監測分析報告，做為歐盟會員國在施藥時之參考。2008 年設有苯胺嘧啶類 (Anilinopyrimidies)、香蕉作物用藥 (Banana group)、羧酸醯胺類 [CAA(carboxylic acid amides)]、固醇生合成抑制劑 (SBI) 及醌外部抑制劑 [QoI (Quinone outside Inhibitors, strobilurins)] 等殺菌劑抗藥性監測工作小組。有鑑於避免田間產生抗藥性之病原菌族群，並延長殺菌劑在田間的使用壽命，FRAC 對於抗藥性管理策略 (Management Strategies, p. 27-34. In: Fungicide resistance in crop pathogens: How can it be managed? 2nd, revised edition. K. J. Brent and D. W. Hollomon ed., Crop Life International, Belgium, 2007) 之建議如下：

1. 避免單獨使用 (Do not use the product exclusively)：儘量與其它不同作用機制之殺菌劑混合使用，或是與不同作用機制殺菌劑輪替或交換使用，可延緩田間植物病原菌產生抗藥性族群，例如馬鈴薯晚疫病可以滅達樂配合鋅錳



- 乃浦，或鋅錳乃浦配合克絕施用，與單獨施用滅達樂相比，可延緩抗滅達樂之晚疫病菌族群在田間發生的速度。
2. 限制每一生產季的殺菌劑使用次數，只有迫切需要時才施用殺菌劑。在殺菌劑使用之前及之後的殺菌劑種類，應為不同作用機制之殺菌劑 (restrict the number of treatments applied per season, and apply only when strictly necessary. Use other fungicides subsequently)：此一策略可減少抗藥性族群在田間發生的機會，或延緩抗藥性族群建立的速度。
  3. 維持廠商建議之推薦濃度 (maintain manufacturer's recommended dose)：切勿在施用時降低推薦濃度來節省成本，或是常常以降低劑量但是提高施用次數的施用方式，如此一來，反而增加田間產生抗藥性族群的機會。
  4. 避免剷除性施用方式 (avoid eradicant use)：由於系統性殺菌劑具有剷除及治療已感染之植物病害，因此只有在必要時才施用系統性殺菌劑進行剷除及治療的管理方式，FRAC建議滅達樂等高風險之phenylamides類殺菌劑應避免剷除性施用方式，可以配合多作用點殺菌劑混合或輪替施用方式，延緩田間抗phenylamides類殺菌劑產生的機會。FRAC也建議DMIs類殺菌劑在某些果樹上，也應避免剷除性的施用方式。
  5. 綜合病害管理 (integrated disease management)：同綜合害物管理(Integrated Pest Management, IPM)觀念，使用抗病品種、生物防治製劑、輪作、去除罹病部位、降低罹病率等田間衛生操作，均可減少或降低田間產生抗藥性族群的機會。在綜合病害管理中，很不幸地由於非化學防治的效果不佳或不符經濟，目前仍以化學防治方式為主。
  6. 化學歧異度 (chemical diversity)：防治作物病害的農藥種類越多，對於作物生產者在管理植物病害時，可以選擇適當的農藥種類進行輪替防治，對環境及克服抗藥性問題上都有好處。目前新農藥的開發已朝向克服田間已存在之抗藥性族群，因此配合輪替不同作用機制殺菌劑的施用方式，可以減少或延緩田間抗藥性族群產生的機會。

因此，學者若能對上述植物病害種類、殺菌劑分類及特性先有初步的認知與了解後，再配合適當施藥時機與施藥技巧，便可建立正確殺菌劑使用的觀念，避免及減緩田間植物病原菌產生抗藥性的機率及速率，使殺菌劑的使用達到合理、有效地防治作物病害之目的。