

國際數種殺菌劑 抗藥性管理策略簡介

1 林俊弘
1 戴肇鋒

一、前言

抗藥性 (Resistance) 是自然界中因遺傳突變，使引起病蟲草害之害物得到對農藥的抵抗力，後代族群增長進而導致藥效下降的過程。抗藥性的管理須自藥劑開發階段便有相關的評估與預防，在藥劑上市後亦得進行定期的藥效監控及維護，才可使抗藥性發生的機率降低。本文以殺菌劑 (Fungicide) 為例，介紹國際間不同組織如何對抗藥性進行預防與管理。



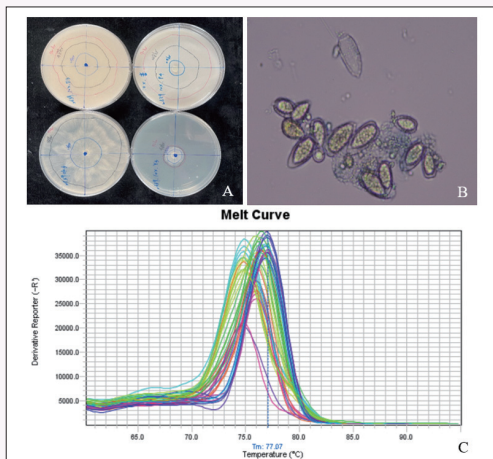
二、農藥上市前後的抗藥性風險分析 (Resistance Risk Analysis)

農藥在登記前與上市後須同時考量潛在的抗藥性風險。歐洲與地中海地區植物保護組織 (European and Mediterranean Plant Protection Organization, EPPO) 主要負責歐洲和地中海區域內植物保護領域相關的合作計畫與擬定試驗準則規範，在保護農、林業與非耕地植物健康理念下，發布各種準則及指引以防止有害生物傳播，並調和各國的管理方法。在抗藥性風險分析指引 (EPPO PP1/213 (4)) (2015) 中，說明了農藥在登記前後須藉由風險評估 (Risk Evaluation) 與風險管理 (Risk Management) 來推斷產品可能的抗藥性，並制定應對策略以降低其機率 (<https://pp1.eppo.int/standards/PP1-213-4>)。



常見之抗藥性農藝風險說明。A：種植方式，如設施與棚架等；B：作物品種；C：施藥種類與次數。

風險評估時須針對不同的病原菌跟農藥間的生理學及分子生物學進行交互影響的研究，稱為固有因子 (Inherent Factor)，如農藥的作用機制 (Mode of Action, MoA)、病原菌是否容易突變等；同時也須評估農藥在田間的使用狀況、各地環境可能造成的抗藥性影響，稱為農藝因子 (Agronomic Factor)。經由風險評估可推測農藥上市後，在不干涉農民於田間使用下，是否容易造成抗藥性的產生，若風險可接受時毋須制定規範，而風險較高時則須以農藥商、政府機關、專家學者與農民等角度做考量，並在農民可以接受的程度下，執行可能的管理策略以降低風險。具體管理方法如在產品標示加註使用時機、劑量、輪用與混用藥劑原則，使農民閱讀標示時獲知資訊，正確並安全使用產品。



抗藥性固有風險試驗方法。A：菌絲生長試驗；B：游走子釋放試驗；C：抗藥性基因檢定試驗。

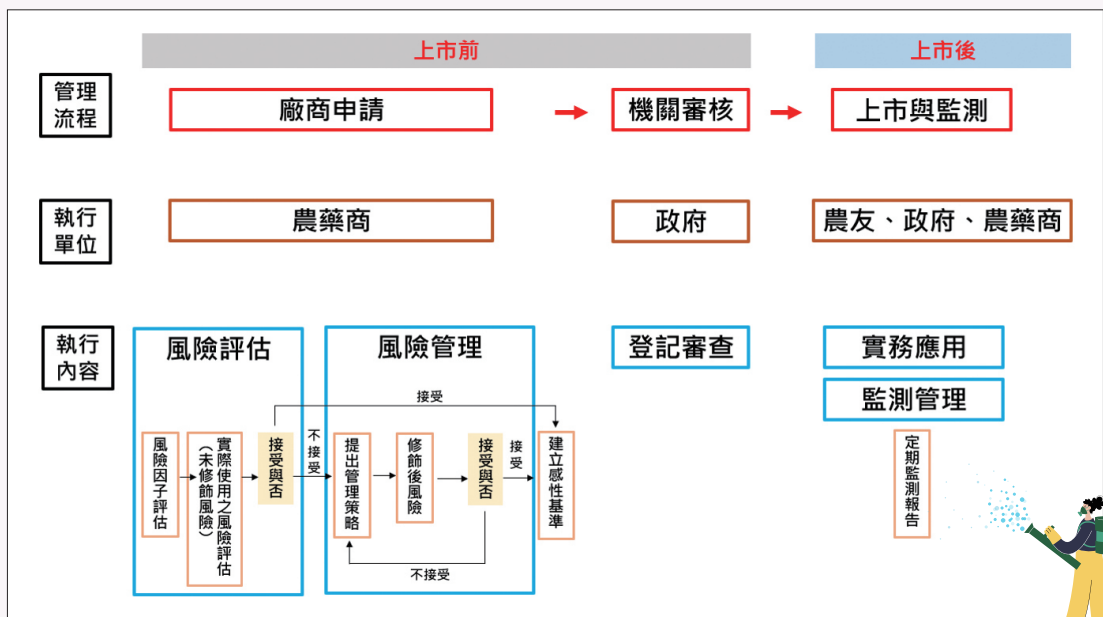
為了使各國農藥登記審查單位在農藥商前來申請時可快速且準確地評估抗藥性風險，後者應提交上述之評估結果，包含該藥劑可防治的所有害物資訊，尤其是易發生抗藥性的病原菌，並提供說明與研究數據或發表文獻等科學性佐證；在產品上市後須藉由監測計畫來維持農藥在田間的藥效。

三、地區性、時間性之殺菌劑抗藥性監測計畫

農藥在上市後會因各地的使用狀況不同，對病原菌有空間或時間上的抗藥性差異。殺菌劑抗藥性行動委員會 (Fungicide Resistance Action Committee, FRAC) 為國際殺菌劑抗

藥性研究組織，隸屬於作物永續發展協會 (CropLife)，主要成員由跨國的農藥公司所組成。該組織針對常發生抗藥性案例的作用機制成立工作小組，依據病原菌的特性提供適切的監測方法與評估指標進行監測。工作小組以每年實際在不同國家的監測結果，將數據區分為不同等級之風險 (<https://www.frac.info/knowledge-database/summary-of-annual-monitoring>)。

以葡萄露菌病 (*Plasmopara viticola*) 為例，全球因大量栽植葡萄且用藥頻繁，加上病原菌易有遺傳變異，所以經常有抗藥性發生，因此 FRAC 針對數種常用於本病害的農藥，在多個國家進行逐年度監測。監



農藥上市前後之抗藥性分析流程，部分譯自「EPP0 PP1/213 (4) 抗藥性風險分析指引」。



測結果(2021)可知目前在多個國家中，H5類藥劑普遍存在較高之抗藥性，C3類藥劑亦有較高之抗藥性，F9類藥劑則因上市時間較短，且有事先規劃數種管理策略，抗藥性等級相對較低。

四、抗藥性監測資料應用於國家田間用藥策略

上述之FRAC監測計畫為跨國間的調查，數據收集上不如各國內部齊全，僅能作為概況分析用，若各國或各地區可有計畫性地收集足量之感受性試驗數據，便可依據當地實際的殺菌劑藥效做精確的田間使用建議。以CropLife澳洲分部的操作模式為例，該組織依據澳洲各地的監測結果，針對國內多種重要病害個別撰寫田間用

藥操作指引(2021)，以預防或降低抗藥性在田間的發生情形(<https://www.croplife.org.au/resources/programs/resistance-management/fungicide-resistance-management-strategies1-draft-draft-3/>)。以指引中葡萄露菌病的抗藥性管理策略為例，文件對於殺菌劑作用機制編碼為第4、11、21、40與45號藥劑有規定用藥方法，可避免抗藥性的發生並延長其藥效(表1)。管理策略節錄如下：

- (一) 各類殺菌劑以預防性施藥為主。4號藥劑可於第一個病斑出現前或感染初期盡快使用。
- (二) 以混合或複配使用農藥時請參照下表規則。
- (三) 任一類藥劑使最多連續使用2次。
- (四) 植株枝條生長至10~20公分時，可以非4號藥劑的農藥進

作用機制編碼	11 (C3)			40 (H5)			49 (F9)		
參考藥劑	亞托敏 Azoxystrobin			達滅芬 Dimethomorph			歐西比 Oxathiapiprolin		
年份 國家*	2016-2017	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
奧地利		-							
德國		-							
希臘		-							
匈牙利		-					-		
義大利		-							
葡萄牙		-							
西班牙		-							

*僅列舉監測報告中數個國家為代表。

抗藥性分級	
-	無資料
	無
	低
	低-中
	中
	中-高
	高

FRAC近年監測不同作用機制農藥對葡萄露菌病之感受性結果。



表1. 葡萄露菌病於澳洲當地之施藥原則

施用準則	殺菌劑作用機制編碼				
	4	11	21+M1	40	45+40
連續施用上限(次)	2	無	2	2	2
單劑施用上限(次)	無	2	3	2	無
每季施用上限(次)	4(混合)	2	3	4(混合) (50%)	4(混合)
高風險區域使用策略	混合	混合	不適用	混合	不適用

行預防性施藥。根據病害嚴重度、農藥標示及枝條生長速度，間隔7~21天施藥。

- (五) 4號藥劑當環境適合病害發展時請勿使用，且該藥劑僅以混合方式施用。
- (六) 11號藥劑作為單劑使用時不可連續施用；同一栽培季節中，包含混合劑使用次數不得超過2次。

- (七) 40號藥劑不得於該栽培季最後一次使用；每季該藥劑用量不得超過所有施藥總量之50%。



五、結語

植保產品的使用，在臺灣農業占有重要角色，其中化學農藥的使用比例更占絕大部分。政府近年推動的相關政策如「農藥十年減半」與「農藥登記實名制」等，都顯示出未來對農藥管理將更要求與精緻化。因此，如何兼顧藥效與降低抗藥性發生機率是現今重要議題。國際間對於抗藥性研究的策略與數據應用方式已有許多經驗與參考文件，若未來我國可借鏡上述經驗擬定研究策略，對於精準用藥、降低抗藥性發生、農產品安全等將有正面助益。

(參考文獻請逕洽作者)

