

優化農藥風險指標 助力政策精準推動

盧欣怡¹

壹、前言

農藥為保護作物、維持糧食安全 (food security) 很重要的工具。合理的農藥使用，可減少全球作物平均產量因收穫前害蟲，或收穫後儲存之損失至少3成以上²。惟自綠色革命以降，為因應全球人口成長、糧食供應需求，農藥使用量在過去30年間增加至少50%，對於人體健康及環境生態負擔逐漸加劇，也影響食品之安全 (food safety)。有鑒於此，先進國家如歐盟及日本等紛紛提出國家級農藥減量政策，並以「降低農藥使用對人類健康和環境的風險 (risk)」為政策目標，亦即不只考量農藥「量」的



註1：農業部農業藥物試驗所。

註2：Popp, J., Pető, K. & Nagy, J. Pesticide productivity and food security. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 33, 243—255 (2013). <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0105-x>

增減，還同時考量每個農藥有效成分危害性所綜整之風險，並建立相關指標來觀測整體風險變化之趨勢。以歐盟為例，為響應綠色政綱（European Green deal）之農場到餐桌計畫（farm to fork），追求合理永續使用農藥（sustainable use of pesticides）所建立之風險調和指標（Harmonized Risk Indicators, HRIs）即為整體農藥風險估算方法之一。

臺灣因為地理、氣候和一年多期作物的環境特性，農作物病蟲害頻繁，另為省工和省時而衍生的慣行農業型態導致化學性農藥使用量大。農業部自106年9月宣示農藥減半政策，並於同年10月推動化學農藥十年減半行動方案。透過三項管理策略，包括：「強化綜合管理，鼓勵友善農業」、「汰除高風險農藥，強化分級管理」及「制定配套措施，逐步達成

減半」推動整體施行作為。為合理評估政策效益，學者專家建議應參考歐盟之風險調和指標建立方法，估算風險減輕措施之趨勢。本文參考歐盟機構（Eurostat）出版之「Methodology for calculating harmonized risk indicators for pesticides under Directive 2009/128/EC」（2021年版本）方法，進行方法學解構，分析歐盟之風險調和指標應用於我國農藥風險減量效益估算之適用性，並進行計算和分析如後述。

貳、歐盟風險調和指標介紹

歐盟風險調和指標（HRIs）之概念建立在風險為危害性和暴露的加成結果，以巨觀來說，農藥在市場上販賣的總量作為人體和環境可能之最高暴露量，而危害性則依照其毒理特性

表1. 歐盟風險調和指標分組、分類和權重分配表

分組 Group	1		2		3		4
	已登記或被視為已核可登記的低風險農藥有效成分		已登記或被視為已核可登記的農藥有效成分，但不屬於其他分類者		已登記或被視為已核可登記的農藥有效成分，屬於替代候選農藥者（candidates for substitution）		不核准登記的農藥有效成分
分類 Category	A	B	C	D	E	F	G
	微生物製劑	化學製劑	微生物製劑	化學製劑	不屬於致癌性或生殖毒性1a/1b或內分泌干擾物質者	屬於致癌性或生殖毒性1a/1b或內分泌干擾物質者，且人類暴露量可忽略者	
權重分數	1		8		16		64

進行分級，再依照其危害分級給予不同權重(表1)，危害特性越多者、分級越高，管理方式益趨嚴格，得到權重也越高。風險調和指標有兩種，其中，風險調和指標1(HRI 1)為討論農藥使用量和風險變化趨勢；而風險調和指標2(HRI 2)則為討論使用危害性較高的農藥趨勢，即會員國以緊急授權方式延長使用已不核准登記有效成分之情形。

以風險調和指標1(HRI 1)為例，其計算步驟為(1)統計會員國每一參考年(reference year，即日歷年)的農藥市場販賣量總和(換算為農藥有效成分量)；(2)進行農藥有效成分之危害分組/類；(3)以2011~2013年平均量為基期年，計算每一參考年的改變率；(4)依農藥危害分組進行加權；(5)最後計算風險調和指標(公式如下)。如此，可藉由風險調和指標的計算來估算每一個參考年(reference year，即日歷年)之風險改變趨勢。

風險調和指標 (HRI 1 (n))

$$= 100 * \left\{ \frac{\sum_{i=1}^4 (\text{權重 } i * \text{分組 } i \text{ 販賣量 } (n))}{\frac{\sum_{i=1}^{2013} \sum_{i=1}^4 (\text{權重 } i * \text{分組 } i \text{ 販賣量 } (t))}{3}} \right\}$$

「n」代表不同參考年
 「權重 i」代表不同危害分組(i, 第1組~第4組)所對應的權重：
 第1組權重為1、第2組權重為8、第3組權重為16、第4組權重為64
 「t」代表基期年2011, 2012及2013

根據最新歐盟風險調和指標(HRIs)計算結果顯示(Trends in Harmonised Risk Indicators for the

European Union, 2024年11月8日查詢)，2022年之風險調和指標1(HRI1)已較2011~2013年基期年平均下降50%，成果卓越，大部分可歸功於歐盟採取的「預防性原則(precautionary principle)」於近年刪除800多項化學農藥登記；惟於2022年的風險調和指標2(HRI 2)結果顯示較2011~2013年基期年平均上升12%、相較於2021年增加21%，反映出農民用藥需求吃緊、會員國給予緊急授權用藥之趨勢有增加情形。

參、我國農藥風險指標之建立

經分析歐盟風險調和指標(HRIs)計算方法及農藥管理現況，發現我國與歐盟在農藥登記品項、危害性分組和管理方式均有差異性如下，難以直接引用歐盟之資料和分級結果來進行分析：

一、農藥登記品項及管理差異性

經查我國農藥登記品項(以356項仍有使用量之有效成分為例)與歐盟目前核准登記(approved)、過去曾登記(not approved)或登記前評估不予登記(never approved)之有效成分品項比對約有293項目重疊，其中168項仍在我國登記使用之農藥，在歐盟已無登記(not approved)(2024年11月6日比對)。其差異性可能源自於(1)不同區域及國家間農

藥市場需求不同，缺乏效益品項申請者不會支援其登記成本；(2) 歐盟採用預防性原則，先以危害特性進行篩選，之後再佐以風險評估結論判定登記與否，與我國採用整體風險評估結果判定之農藥登記管理方式不同。

二、需關注農藥辨識條件之差異性

我國與歐盟之農藥危害標示系統雖都遵循化學品全球調和制度 (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, GHS)，但為因應兩方不同管理要求，分別衍生出不同需關注之農藥有效成分條件：歐盟定義出「替代候選農藥 (candidates for substitution, CFS)」，而我國

則參照「聯合國糧食及農業組織 (Food and Agriculture Organization, FAO) / 世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 指引建立辨識高危害性農藥 (Highly Hazardous Pesticides, HHPs) 原則 (表 2)，兩種辨識系統雖有其異同處，但最終目的均是希望推動危害性高之農藥有效成分的逐漸退場。有鑑於此，在有一致性判定原則前提下，我國風險指標分組條件可由 CFS 轉換成 HHP，即有效成分危害特性符合 HHP 條件者，危害分組提高為第三組，權重也隨之調高。

臺灣農藥風險指標參考歐盟風險調和指標 1 (HRI 1) 計算方法並依照農藥管理、危害辨識方式進行調整，建立適用我國之農藥風險指標計算流

表 2. 替代候選農藥 (CFS) 及高危害性農藥 (HHP) 辨識條件

替代候選農藥 (CFS)	高危害性農藥 (HHP)
1. 農藥每日可接受攝食量 (ADI)、急性參考劑量 (ARfD) 或操作者可接受暴露量 (AOEL) 等在同類作用機制資料中顯著較低者。	1. 成品農藥的急性毒性歸屬在 WHO 農藥危害分級的 Ia 和 Ib (極劇毒及劇毒)。
2. 符合具持久性 (P)、累積性 (B) 及毒性 (T) 標準中任 2 項者。	2. 農藥有效成分和加工成品在 GHS 分級為致癌性 1A 或 1B 級。
3. 即使搭配嚴格的風險管理措施，仍無法避免在現有的使用/暴露方式下引起關鍵效應 (例如發育性神經毒性或免疫毒性效應)	3. 農藥有效成分和加工成品在 GHS 分級為生殖細胞致變異性 1A 或 1B 級。
4. 含有顯著比率之非活性異構物 (isomers) 的有效成份	4. 農藥有效成分和加工成品在 GHS 分級為生殖毒性 1A 或 1B 級。
5. 依據 Regulation (EC) No 1272/2008 分級歸列為致腫瘤 1A 或 1B 等級，且未被 Regulation 1107/2009 之 3.6.3 排除者	5. 《斯德哥爾摩公約》附錄 A 和附錄 B 清單上或是符合公約附錄 D 第 1 段中所有標準之農藥有效成分。
6. 依據 Regulation (EC) No 1272/2008 分級歸列為生殖毒 1A 或 1B 等級，且未被 Regulation 1107/2009 之 3.6.4 排除者	6. 《鹿特丹公約》附錄三清單中列出的農藥有效成分和其加工成品。
7. 經權責單位根據國際測試指引或相關資訊審核歸列為內分泌干擾物，且未被法規 1107/2009 之 3.6.5 排除者	7. 《蒙特婁議定書》中所列農藥有效成分。
	8. 農藥有效成分或其加工成品對人體健康或環境經常造成嚴重或不可逆性之危害者。

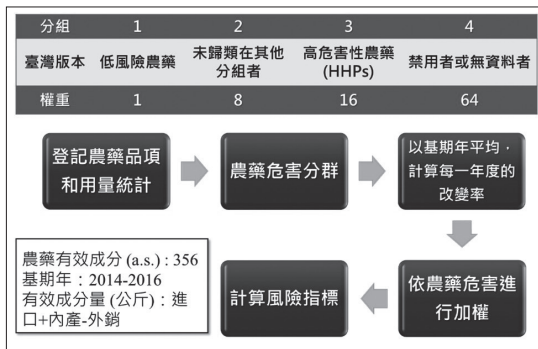


圖1. 臺灣風險指標之計算流程。

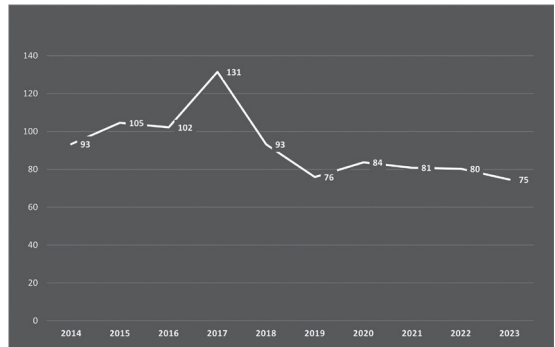


圖2. 2014~2023年間臺灣農藥風險指標變化情形 (以2014~2016年基期年平均為100表示)。

程 (圖1)。調整項目包括 (1) 我國並未有低風險農藥之分類, 擬參考歐盟低風險農藥標準, 將符合條件或已歸屬於低風險農藥者之有效成分者, 危害降級為第一組; (2) 歸類在第三組之辨識條件由 CFS 調整為 HHP; (3) 歸類在第四組條件由「不核准登記/從未登記者 (不代表未來不會登記)」, 調整為「禁用者或毒理資料不全者」; (4) 囿於既有數據之限制性, 暴露量數據由「市場販售量 (換算為有效分量)」改為「年度國內農藥有效成分陳報總量 (即進口+內產-外銷量, 換算為有效分量)」。

肆、我國農藥風險指標估算結果

以2014~2016年為基期年, 分析有總量之356項農藥有效成分之整體風險指標。截至2023年底止, 我國農藥風險指標為75%, 較基期年平均價值下降25% (圖2), 顯示推行化學農

藥風險十年減半行動方案已具初步成果, 整體風險呈現下降趨勢。此外, 再分析個別農藥有效成分風險貢獻度, 發現巴拉刈自2018年啟動禁用程序後其使用需求逐漸被固殺草及丁基拉草取代, 風險有逐漸上升情形, 亟需有風險較低之替代藥物或方法。

伍、結語

農藥風險指標同時考量農藥本身危害性和暴露量的加成結果, 不僅提供管理單位更合理之政策效益評估方式, 亦能辨識出風險貢獻高之有效成分, 用以調整策略執行方向, 有助於風險溝通。惟目前臺灣農藥風險指標受限於資訊來源, 暴露量乃用年度農藥有效成分陳報總量取代歐盟之市場販售量進行計算, 與實際使用量仍有差距、甚或有高估暴露量情形, 未來會持續優化, 提供更精確之數值供權責機關參採。