

# 以問題導向法建立學生於農藥殘留檢驗之 基本概念

江政剛<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 國立東華大學化學系，<sup>2</sup> 國立東華大學東台灣農藥殘留與毒物檢驗中心

Email: ckchiang@gms.ndhu.edu.tw

## ■ 前言

2024 年 9 月台東縣金峰鄉發生一起疑似食物中毒事件，一位阿嬤自製的小米粽導致多名食用者中毒和住院，其中三人不幸喪生。當檢驗單位進行農藥殘留檢驗分析時，在食餘檢體及患者的血液樣本中皆檢測出托福松 (terbufos)。托福松主要用於防治十字花科蔬菜的害蟲，但不應用於小米等作物。托福松的急性中毒症狀包括噁心、嘔吐、呼吸困難等，可能迅速導致昏迷或死亡，對人體健康造成嚴重威脅。一般而言，托福松是一種半致死劑量相對較低、毒性極高且具有神經毒性之有機磷農藥。

十二年國民基本教育中引入農藥殘留檢驗的基本知識，對於學生的科學素養和未來學習具有深遠影響。根據教育部《十二年國民基本教育總綱》和《自然科學領域課程綱要》(教育部，2014)，此概念知識不僅能提升學生對食品安全及環境保護的認識，亦能掌握重要的科學概念和技能。舉例來說，農藥殘留檢驗涉及化學、生物和環境科學等多領域知識，學習過程中學生能理解農藥的使用、影響及其檢測方法，提升相關的科學素養。

本文中，筆者結合 Barrows 教授的問題導向學習法策略 (Problem-Based Learning, PBL) (Barrows, 1986)，引導學生思考及探索農藥殘留相關問題，進而理解國家推動農藥殘留檢驗的正當性與重要性。本文將闡明政府機關建立之農藥基本定義，簡介新興的樣品前處理技術 QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe) 分析法原理，以及現今農藥殘留檢驗技術的發展。這些主題不僅對於理解農藥對環境和健康的影響至關重要，亦能幫助讀者掌握相關的科學知識和技術，進而提升食品安全意識。

## ■ 農藥的基本原理與最大殘留容許值

農藥是用來防治農作物及其產品上的病蟲鼠害與雜草的化學物質。可幫助提高農作物的產量和品質，但同時也可能對人體、動物和環境造成一定風險。因此，農業部動植物防疫檢

疫署於 2018 年制定《農藥管理法》(全國法規資料庫, 2018) 來管理農藥的登記、進口和販售, 主要目的是保護農業生產和生態環境, 防止有害生物及農藥對人體和環境的危害, 並確保它們在使用時不會對健康和環境造成危害。

## 一、農藥的標示方式

根據農藥管理法(全國法規資料庫, 2018), 農藥是指用於防治農林作物或其產品所遭受的病害、蟲害、鼠害及雜草, 或者用於調節農林作物的生長及影響其生理活動的物質, 還包括調節有益昆蟲的成長過程。一般來說, 農藥名稱通常由三個主要部分組成, 提供農藥市售產品的重要信息。以「18.2% 益達胺水懸劑」為例:

(一) 成分含量(18.2%): 說明農藥中有效成分的含量。若百分比越高, 表示農藥的效力越強, 能更有效地防治害蟲或病害。

(二) 原料名稱(益達胺): 說明農藥的主要成分名稱, 用來對付哪些害蟲或病害, 以及如何發揮作用。

(三) 劑型(水懸劑): 說明農藥的物理形式, 液體、粉末或其他形式。本例中, 「水懸劑」代表一種液態農藥, 使用時需要將它和水混合。

上述命名方式不僅幫助我們識別不同農藥, 亦確保使用時能遵循正確的安全和操作指南, 保護自己和環境。

## 二、農藥常見的種類

依照農業部動植物防疫檢疫署(2023)建置的農藥資訊服務網, 整理我國農藥管理及展望, 表 1 節錄台灣常見施用與具有較高毒性之農藥:

表 1 台灣常見施用與具有較高毒性之農藥

| 農藥類別                       | 農藥普通名稱                         | 毒性     |
|----------------------------|--------------------------------|--------|
| 有機磷劑 (Organic phosphate)   | 愛殺松、托福松、陶斯松、甲基巴拉松、達馬松、福瑞松、美文松、 | 劇毒、中等毒 |
| 氨基甲酸鹽劑 (Carbamates)        | 納乃得、加保扶、加保利、滅必蟲、免賴得、貝芬替        | 劇毒、中等毒 |
| 合成除蟲菊精類 (Pyrethroid)       | 賽滅寧、百滅寧、亞滅寧、芬普寧、護賽寧            | 輕毒     |
| 有機硫磺殺菌劑 (Dithiocarbamates) | 鋅錳乃浦、甲基鋅乃浦、免得爛                 | 輕毒     |

舉例來說，有機磷農藥是一種含磷化合物，通常以“XX 松”命名，可通過口服、皮膚接觸或薰蒸等多種途徑進入蟲體，發揮殺蟲作用，廣泛用於農業、控制害蟲和病害。當人類誤食有機磷農藥，將抑制人體中膽鹼脂酶之活性，造成乙醯膽鹼積聚在神經系統中，導致中毒者的神經過度刺激，產生流口水、流眼淚、噁心、嘔吐與呼吸困難等毒性症狀。由於有機磷具有強烈親脂性和滲透性，使用時農業工作者應穿戴適當的防護裝備，以減少皮膚接觸和吸入的風險。

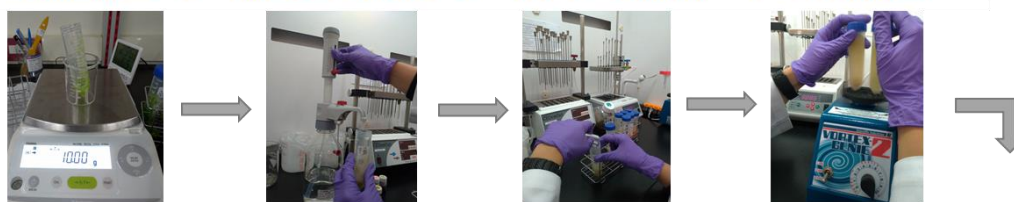
### 三、半致死量農藥最大殘留容許值

半致死劑量與最大殘留容許量，皆是評估化學物質的毒理學特性之重要指標。一般來說，半致死劑量 (LD50) 是在動物實驗中，能導致 50% 實驗動物死亡的化學物質劑量。LD50 值越小，表示該化學物質的毒性越強。此數值通常以每公斤體重的毫克數 (mg/kg) 表示 (環境部化學物質管理署，2017)，而 LD50 常用於比較不同化學物質的毒性，幫助科學家和醫療專業人員識別哪些物質更具危險性。最大殘留容許量 (Maximum Residue Limits, MRL) 是針對特定農藥在特定農作物上的最高農藥殘留量標準 (衛生福利部食品藥物管理署，2024)。它是一個貿易標準，而非安全限制。換言之，MRL 是農產品在國際貿易中必須符合的農藥殘留標準。若農產品的殘留量超過 MRL，可能面臨貿易限制，但不一定存在安全疑慮。了解 MRL 的定義和意義，有助於我們正確看待農藥殘留問題，並促進全球農產品貿易的順暢發展。

### ■ QuEChERS 淨化方法

QuEChERS 方法與食品安全息息相關 (林韶凱、徐慈鴻，2016)。該方法在 2002 年於歐洲農藥殘留研討會議 (European Pesticide Residue Workshop, EPRW) 中首次提出，主要用於分析農產品中殘留農藥，以確保食品安全；主要目的是盡可能提升從各種農產品基質中萃取目標分析物的效率，尤其適合農藥的殘留檢測。此法通常使用乙腈作為水溶性溶劑，在高濃度的鹽類輔助下，從樣本中有效萃取出所需的農藥殘留成分。圖 1 簡介 QuEChERS 方法於農藥殘留檢驗的簡易流程圖：

## 1、檢體秤重 2、加入乙腈溶液 3、加入萃取粉劑 4、劇烈震盪



## 9、回溶上機 8、氮氣吹乾 7、震盪後離心 6、加入淨化粉劑 5、離心

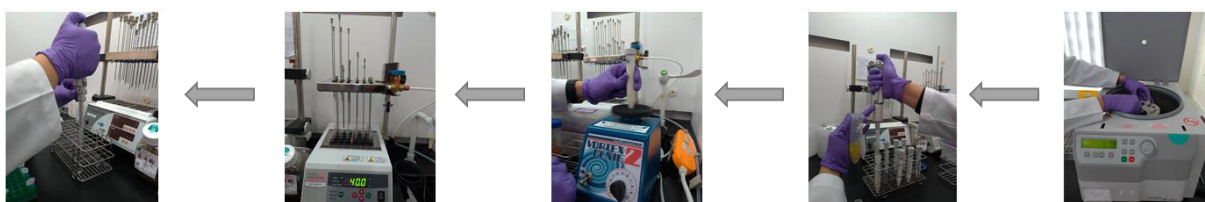


圖 1：食品中殘留農藥檢驗方法 - 多重殘留分析方法（五）應用 QuEChERS 方法的流程圖

## 一、QuEChERS 方法的流程

QuEChERS 去除農藥殘留檢驗分析的原理 (黃玉如, 2013), 可分為三部分：

(一) 樣品均質化：將農產品 (如鮮食、穀物或茶類等) 利用均質器磨碎成細小顆粒，增加樣品與溶劑的接觸面積，提升萃取效率。

(二) 液相-液相萃取：一般來說，QuEChERS 的操作流程中溶劑的選擇至關重要，不僅可提高萃取效率，亦能顯著減少非目標化合物的共萃取。使用乙腈從樣品中萃取農藥，過程中加入鹽類產生相分離，並可添加修飾劑強化萃取效果。

(三) 分散式固相萃取：加入吸附劑去除萃取液中的雜質，例如糖、脂質、色素等，以減少干擾並提升分析物的訊號雜訊比。常見的吸附劑包括碳 18 (C18)、一級二級胺 (primary secondary amine, PSA)、石墨化碳黑和無水硫酸鎂，能夠有效去除糖、脂質、固醇、有機酸、蛋白質、類胡蘿蔔素、葉綠素及其他色素，尤其適合處理農產品中常見的干擾物質。

## 二、QuEChERS 的優點與在食安檢驗中的重要性

與傳統的固相萃取法相比，QuEChERS 方法將大量固體吸附劑直接混入萃取液中，去除基質干擾，有助於延長分析儀器壽命並提升分析結果的準確度；因其快速、簡單、便宜、有效、耐用和安全的特性，已被廣泛應用於各國的食品安全檢驗。臺灣現行的「食品中殘留農藥檢驗方法 - 多重殘留分析方法（五）」亦基於 QuEChERS 方法及原理 (衛生福利部食品藥物管理署, 2024)。

## ■ 常見的三種台灣農藥殘留檢驗相關技術

### 一、生化檢驗法

生化檢驗法是一種快速的農藥殘留檢測方法(周桃美, 2017)。此法藉由特定農藥對乙酰膽鹼酶活性的抑制下來推估殘留量。隨著農藥含量增加, 反應溶液的顏色則變深, 可使用分光光度計計算吸光度數值後, 估算農藥的總含量。此法非常簡易好操作, 但無法區分農藥種類和濃度。

### 二、拉曼法

為解決生化檢驗法無法鑑定殘留農藥的品項, 農藥所與汎錫科藝公司發展「拉曼光譜農藥快速檢驗技術」(農業藥物試驗所, 2017)。此法將 QuEChERS 法淨化後的檢體滴加到表面增強拉曼散射光譜之專利晶片上後, 藉由攜帶型拉曼雷射即時檢測儀器, 在 15 分鐘反應時間內, 對 230 種農藥進行鑑定與比對。

### 三、層析串聯質譜法

為讓農藥殘留檢驗具有高靈敏度與高定量準確性, 食藥署公告正式檢驗方法——多重殘留分析方法(五), 檢體採用 QuEChERS 農藥淨化流程後, 以液相與氣相層析串聯質譜法之多重反應監測技術(MRM), 對於 410 項農藥進行高通量分析之檢驗分析技術。

## ■ 教案設計

為讓農藥殘留檢驗概念連結學生的日常生活, 教師可利用 PBL 教學法, 讓學生主動參與學習過程, 設定自己的學習目標並負責探索問題; 鼓勵學生發展自我學習能力, 增強其學習興趣和動機。舉例來說, 表 2 整理 PBL 教學法施行框架, 引用 Delisle 討論框架並增加問題指引(徐靜嫻, 2013):

表 2 常見的 PBL 教學法施行框架(本研究整理)

| 產生問題      | 分析事實          | 探究議題           | 施行計畫            |
|-----------|---------------|----------------|-----------------|
| 問題應如何解決?  | 由問題設定之敘述知道什麼? | 為解決前述問題還需知道什麼? | 如何找到解決問題的資料和策略? |
| 說明問題關鍵詞及呈 | 分析問題相關事實及     | 發現及探討解決問題      | 尋找問題解方的資料       |

| 現的事實 | 待解決部分 | 的先備知識 | 與相關策略 |
|------|-------|-------|-------|
|------|-------|-------|-------|

註：引自 **PBL 融入實習課程之研究** 表 2 ( 徐靜嫻, 2013 )。

若以「農產品中殘留農藥檢驗方法」為問題，以下是教師教學中具體的 PBL 教學方向：

### 一、產生問題

教師可利用台東的小米粽中毒事件，設定以下問題：「因為小米粽有高濃度的托福松農藥殘留，導致食用者中毒進而死亡。科學家如何知道是托福松農藥殘留所造成？」

### 二、分析事實

分析問題並創造事實情境，教師解釋農藥的基本定義及相關性質，作為探究問題的起點，並提出相關問題。例如：「如何確保我們食用的農產品不含有害的農藥殘留？」，並介紹 QuEChERS 的技術特點。相關事實如下：

#### (一) 農藥的基本定義：建構知識與連結日常生活

教導學生農藥是什麼，以及它們在農作物生長中的作用。可討論市場上看到的水果和蔬菜，讓學生了解這些食材可能使用哪些農藥來防治病蟲害。

#### (二) QuEChERS 方法的檢驗分析流程與特點

教導學生 QuEChERS 方法的原理與分析流程，嘗試讓學生利用「QuEChERS」、「農藥殘留檢驗」、「食品安全」作為關鍵字進行網路資訊搜尋，可利用農業部農藥所提供的相關資訊，理解 QuEChERS 方法在農藥殘留檢驗中的重要性。

### 三、探究議題

了解農藥殘留檢驗的重要性，教師可嘗試與全台灣的農藥殘留檢驗單位進行實務訪談交流，幫助學生理解農藥殘留檢驗與食品安全的重要關聯性，組織學生進行小組討論和合作學習，分享對農藥特性的理解及其在實際檢驗中的應用。

#### (一) 連結生活議題

利用新聞事件，如台東賓茂部落的小米粽中毒事件，讓學生明白農藥殘留對健康的影響。真實故事能引起學生興趣，思考如何確保自己食用的食物是安全的，並引入 LD50 與 MRL 的相關知識。

## (二) 連結可持續發展目標

討論有機農業與可持續發展的重要性，讓學生了解選擇有機產品和支持環保農業的益處；可組織參觀當地的有機農場，讓學生親身體驗無農藥栽培的過程。透過這些方式，有效連結農藥殘留檢驗概念至學生對生活議題及可持續發展目標的關心，提高學生對食品安全的認識，亦培養他們對科學探究的興趣和能力。

## 四、施行計畫

呈現可能的解決方案，為瞭解農藥殘留檢驗技術如何應用於含有高濃度托福松農藥的小米粽，教師可嘗試與全台灣的農藥殘留檢驗單位進行訪談交流，幫助學生理解農藥殘留檢驗與食品安全的重要關聯性，組織學生進行小組討論和合作學習，分享對於農藥特性的理解及其在實際檢驗中的應用，提升學生的科學素養。

### (一) 參訪全台灣鄰近之區域檢驗中心

利用學生對於食安議題的關注及農藥應用的疑慮，教師可聯繫台灣各地的區檢中心進行實地參訪行程(如表 3)。舉例來說，筆者目前是國立東華大學東台灣農藥殘留與毒物檢驗中心的品質主管，近年來國立花蓮高中李俊賢老師帶領選修「生活中的化學」高二學生參訪農檢中心，讓學生認識農藥殘留檢驗技術的方法及應用，以落實 108 課綱探究與實作之精神。

表 3 台灣各地區農藥殘留檢驗區檢中心聯絡資訊

| 單位                       | 地址                   | 連絡電話        |
|--------------------------|----------------------|-------------|
| 農業部農業藥物試驗所               | 台中市霧峰區光明路 11 號       | 04-23302101 |
| 國立東華大學東台灣農藥殘留與毒物檢驗中心     | 花蓮縣壽豐鄉大學路 2 段 1-16 號 | 03-8905288  |
| 國立成功大學永續環境實驗所            | 臺南市安南區安明路三段 500 號    | 06-3840136  |
| 國立屏東科技大學農水產品檢驗與驗證中心      | 屏東縣內埔鄉學府路 1 號        | 08-7703202  |
| 美和學校財團法人美和科技大學農水產品檢驗服務中心 | 屏東縣內埔鄉美和村屏光路 23 號    | 08-7799821  |
| 國立虎尾科技大學農業與生物科技產品檢驗服務中心  | 雲林縣虎尾鎮文化路 64 號       | 05-6315868  |
| 財團法人台北市瑠公農業產銷基金會         | 新北市新店區民權路 50 號       | 02-29158703 |

|                       |                   |             |
|-----------------------|-------------------|-------------|
| 國立中興大學農藥殘留檢測中心        | 台中市南區興大路 145 號    | 04-22840812 |
| 國立宜蘭大學生物資源產品檢測暨技術推廣中心 | 宜蘭縣宜蘭市神農路 1 段 1 號 | 03-9317794  |
| 國立臺東大學農漁牧產品檢驗中心       | 台東縣台東市大學路二段 369 號 | 089-517540  |
| 國立聯合大學農藥檢測中心          | 苗栗縣苗栗市南勢里聯大 2 號   | 03-7382186  |

## (二) 探究與思考不同檢驗技術的優缺點

教師可設計一個簡單的實驗或活動，讓學生了解如何檢測農藥殘留的相對原理。例如：參考財團法人主婦聯盟環境保護基金會（2014）檢驗蔬菜中硝酸鹽之試紙比色法進行實驗，雖然未涉及實際的農藥檢測，但能幫助學生理解科學原理。由於現行檢驗方法皆基於不同的科學原理來進行分析，我們可思考：「現行檢驗技術如何影響我們對食安的信心？若檢測結果不合格，我們應如何應對？」

## (三) 食品安全與清洗蔬果之重要性

教導學生購買蔬果後應該如何清洗，例如：使用自來水利用流水沖洗或去除果皮，皆可減少農藥殘留風險。教師可進行實作，讓學生親自清洗各類蔬果，並討論減少農藥殘留的原因。

## (四) 問題討論與課堂反思

教師可利用小組合作，讓學生分組討論活動中學到的知識和技能。並聚焦於下列問題：

1. 農藥殘留檢驗對於食品安全的重要性為何？
2. 肉毒桿菌毒素與氯化鈉的 LD50 約為 100 ng/kg 與 40 g/kg，請問何者毒性比較強？
3. 說明 MRL 與每日容許攝入量 (ADI) 的相互關聯性。
4. 為何全球制定農藥 MRL 時的標準可能不一致？
5. QuEChERS 方法全名是甚麼？實際應用中可能面臨哪些挑戰？
6. 如何評估不同農藥於農產品之殘留風險？

## ■ 結語

農藥殘留檢驗在食品安全中扮演著至關重要的角色，利用 QuEChERS 方法結合液相與氣相層析串聯質譜法，能夠有效識別食品中潛在的有害物質，從而保障消費者的健康安全。筆者希望本文提到的農藥殘留檢驗知識與教學設計，能夠有助於教師介紹農藥使用及其殘留問題。

基於前述內容，教師可設立反向思考問題，如「若未進行充分的農藥殘留檢測，是否導致農產品中殘留的農藥對人體健康造成威脅，甚至引發全球性公共衛生危機？」或延伸至「農藥的合理使用和管理，對於保護環境及生態系統為何至關重要？」透過政策法令推動前述的農藥殘留檢驗方法，應可以鼓勵農友使用安全及合規的農藥，進而有效減少對土壤和水源的污染，亦可提升農友生產的農產品產值，進而達到綠色農業之永續發展目標。

## ■ 參考文獻

周桃美 (2017)。農藥及蔬果農藥殘留檢驗方法現況分析簡介。

<https://www.tc.edu.tw/cms-file/607e97201a3172244b2e5481.pdf>

林韶凱、徐慈鴻 (2016)。農產品中殘留農藥快速萃取技術。

<https://www.moa.gov.tw/ws.php?id=2505160>

徐靜嫻 (2013)。PBL 融入實習課程之研究。《教育科學研究期刊》，58 (2)，91-121。

教育部 (2014)。十二年國民基本教育課程綱要。臺北市：教育部。

黃玉如 (2013)。安全、快速、低成本- 農殘分析新方法——QuEChERS 簡介。《茶葉專訊》，83，8-10。

農業部動植物防疫檢疫署農藥資訊服務網 (2023)。我國農藥管理及其展望。

<https://pesticide.aphia.gov.tw/information/Data/BriefContent/68>

農業藥物試驗所 (2017)。「拉曼」不慢，食安把關的新利器！

<https://www.acri.gov.tw/Item/Detail/%E3%80%8C%E6%8B%89%E6%9B%BC%E3%80%8D%E4%B8%8D%E6%85%A2%EF%BC%8C%E9%A3%9F%E5%AE%89%E6%8A%8A%E9%97%9C%E7%9A%84%E6%96%B0%E5%88%A9%E5%99%A8%EF%BC%81%E8%BE%B2%E5%A7%94%E6%9C%83>

農藥管理法 (2018)。全國法規資料庫。

<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=M0140012>

衛生福利部食品藥物管理署 (2024)。食品中殘留農藥檢驗方法 - 多重殘留分析方法(五)。

<https://www.fda.gov.tw/tc/siteListContent.aspx?sid=103&id=41418>

衛生福利部食品藥物管理署 (2024)。農藥殘留容許量標準。

<https://consumer.fda.gov.tw/Law/PesticideList.aspx?nodeID=520>

環境部化學物質管理署 ( 2017 )。如何管理環境衛生用藥之毒性，以防造成嚴重之危害？。

<https://www.cha.gov.tw/cp-42-2199-1fba2-1.html>

Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481-486.

財團法人主婦聯盟環境保護基金會 ( 2014 )。簡易檢測蔬菜硝酸鹽(試紙比色法)。

<https://www.huf.org.tw/event/content/1531>