

生化及化學法聯檢之農藥殘留管理研究： 北市模式

鄭允¹ 黃毓斌² 江明耀^{2,*} 侯怡亘³ 粘君綺³

摘要

鄭允、黃毓斌、江明耀、侯怡亘、粘君綺。2015。生化及化學法聯檢之農藥殘留管理研究：北市模式。台灣農業研究 64(1):53–63。

台灣農產運銷系統自 1985 年開始，採用以乙醯膽鹼酯酶檢定毒性之生化方法管制有機磷及氨基甲酸鹽類農藥殘留。至 2014 年止，已輔導設置逾 380 處工作站，每年檢測 78 萬件以上蔬果樣本。其中，以台北市政府建構之聯檢制度最為完善，以酵素抑制率 45% 為標準，超標蔬果立即停止拍賣並銷毀，同時採樣送交衛生局以化學分析法鑑定殘留農藥之種類及濃度，若違反農藥殘留容許量規定則依食品衛生管理法之規定進行處罰。本研究乃就 2009–2012 年間該公司以生化法檢出 554 件陽性樣本之產地資訊及衛生局之化學分析結果進行解析，結果如下：554 件超標樣本平均每件含農藥 3.31 種，平均合計濃度為 1.91 mg L^{-1} ，其中殺蟲劑與殺菌劑之比例為 2 : 1。就有機磷及氨基甲酸鹽類農藥，合計檢出率為 95.1%，平均每件樣本檢出 1.4 種。此指數大於 1，因毒理作用相同而有累加問題，僅依據個別藥劑之容許量判定，會低估合計之總毒性。其中，經化學分析確認超過國家容許量標準，而違反食品衛生管理法者計 259 件，平均每件含 4.1 種農藥，合計濃度為 3.2 mg L^{-1} ，所含有機磷及氨基甲酸鹽類合計達每件 1.8 種，平均濃度為 1.4 mg L^{-1} 。檢出殺蟲劑以有機磷最多佔 47.5%，依序為合成除蟲菊精佔 19.4%、氨基甲酸鹽類佔 17.2%、新尼古丁佔 15.9%。抗膽鹼酯農藥中檢出頻度之高低，依序為陶斯松 (53.3%)、佈飛松 (23.8%)、加保扶 (19.5%)、納乃得 (9.6%)、毆殺滅 (5.6%)、毆殺松 (5.4%)、達馬松 (4.5%)、愛殺松 (4.0%)、益滅松 (2.2%) 及加保利 (1.8%)。在 500 餘處蔬果生產供貨組織中，超標及違規之前 10 處供貨單位即佔生化法超標總件數之 45.9%，以及違規總件數之 41.7%，其中 6 處位於雲林縣，均生產小葉菜類；另外 3 處位在彰化縣，以生產甘藍芽、茄子及豆類為主；最後 1 處在嘉義縣，亦為小葉菜類產區。其各種藥劑殘留模式與產地及菜種有相當之關係。迄今國際上蔬果農藥殘留管制仍缺乏產地源頭管理之預警系統，因本研究之四年分年資訊有重現性，若試以此等資料之分析結果發展預警系統，監控高風險產地，將有助於減少蔬果之農藥殘留。

關鍵詞：農藥、殘留量、蔬果、乙醯膽鹼酯酶。

前言

食品安全中最受關注的莫過於蔬果農藥殘毒問題，農藥的殘留受諸多因素影響，如作物類別、病蟲害多寡、農藥理化性質、用藥習性及天候等。此一問題不易由模擬或試驗方式推

論，應檢測上市蔬果之樣本較為落實。雖然政府行政系統有常態性監測 (Tseng *et al.* 2013) 及田間監測工作，但每年檢測件數僅約 2 萬件，但其樣品來源屬逢機抽查性質，難就所得結果進行系統性解析與闡述，不但無從歸納蔬

投稿日期：2014 年 9 月 12 日；接受日期：2014 年 11 月 28 日。

* 通訊作者：mingyaw@tari.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所應用動物組前研究員。台灣 台中市。

² 農委會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。

³ 農委會農業試驗所應用動物組研究助理。台灣 台中市。

果農藥殘留問題特質，亦無法引申出有效解決對策¹。

目前，衛生單位依「食品衛生管理法」² 標準程序作業，時效上無法攔截殘毒違規蔬果上市，難以達到該法原意保護國民健康之初衷。為此，農業試驗所開發以乙醯膽鹼酯酶 (acetylcholinesterase; AChE) 檢測有機磷 (organophosphate) 及氨基甲酸鹽類 (carbamate) 兩大類神經毒農藥 (Anonymous 1980; US EPA 2000) 的生化檢驗技術 (Chiu *et al.* 1991)，供快速篩檢上市蔬果之用。自 1985 年起，產地及批發市場逐漸採用，台北市更由衛生局會同台北農產運銷公司及相關局處進行生化與化學兩種檢驗併行之聯檢制度，即先於市場進行生化快篩攔截農藥殘毒超標 (enzyme inhibition positive; EIP) 蔬果，再取樣由衛生局以化學法複驗後，依「安全容許量」標準判定是否違規 (tolerance-violation; TV)³。該局曾於 1993–1994 年間評估兩項檢驗技術間之異同及風險，發現酵素抑制率達 45% 以上時約有六成 (61%) 樣本違反「安全容許量」標準，而據此一相關性，訂定為生化快篩之「超標標準」⁴，實施迄今已 20 年。近年來，農委會公告禁用多種劇毒農藥，也增加登記多種安全性較高的新型農藥，如新尼古丁等 (Liao 2005)，因此宜再行評估生化檢驗之取締標準。此外，亦應就蔬果殘留農藥之現況進行瞭解，以冀能尋求防阻對策。

本研究針對聯檢系統檢出之殘留抗膽鹼 (Anticholinergic) 劇毒農藥⁵ 的生化檢驗「超標樣本」進行評估，以共同運銷至台北農產運銷公司的農產品為取樣範圍，超標樣本所含農藥，以衛生局及農業試驗所之分析結果為依據，進行下列項目之解析：(1)「生化檢驗」超

標樣本含抗膽鹼農藥之確認。(2) 超標樣本農藥殘留之「數」與「量」。(3) 超標樣本之「容許量違規區分」及其農藥殘留內容。(4) 檢出農藥之用途區分。(5) 檢出殺蟲劑之化學區分。(6) 混用農藥及累加毒性 (Common Mechanism Group; CMG)⁶ 問題。(7) 目標農藥檢出頻度比較。(8) 超標及違規產地檢出頻度比較。

本研究著重資料之重現性，故以 2009–2012 連續四年之樣本進行解析及比較。

材料與方法

本研究之樣品取樣地點為台北農產運銷股份有限公司，其市場交易規模佔台灣全島消費量之 15–20%，2009–2012 連續四年之年平均交易量為蔬菜 465,616 Mg 以及水果 211,980 Mg，合計 677,596 Mg，蔬果之日平均交易量為 1,856 Mg，貨源來自全島各地⁷。取樣分析對象以台灣本地生產之蔬果為範圍，進口蔬果部分屬輸入邊境管制，資料未納入分析。樣品抽樣原則依蔬果種類及產地來源單位採用滾動式抽樣，確保各項蔬果及各供貨單位均有大致相同的抽樣機率，避免偏重少數品項或供貨單位，每日抽樣約 150–180 件進行農藥殘毒生化檢驗篩檢。經分析 2009–2012 連續四年之資料，期間共計檢驗 223,135 件，年平均抽檢 55,784 件。

農藥殘毒生化檢驗係以行政院農委會農業試驗所利用農藥敏感品系家蠅 (*Musca domestica* L.) 頭部製備之乙醯膽鹼酯酶進行樣本萃取液之 *Ellman's test* (Ellman *et al.* 1961; Bergmeyer *et al.* 1984) 檢測，並依台北市聯檢小組訂定之 45% 酵素抑制率「超標標準」進行篩檢，4 年中共篩檢出毒性超標樣本 554 件。

¹ 監察院財政及經濟委員會糾正行政院農業委會、衛生署及經濟部標準檢驗局有關農藥管理及蔬果查驗案全文。2001。及監察院財政及經濟委員會調查高雄果菜運銷公司檢驗蔬果農藥殘留量流程出現嚴重疏失案之調查意見及糾正案全文。2004。

² 行政院衛生署。2002。食品衛生管理法。

³ 台北市政府查驗蔬果殘留農藥聯合執行小組第 12 次會議紀錄。1994。

⁴ 台北市政府查驗蔬果殘留農藥聯合執行小組第 14 次會議紀錄。1996。

⁵ 行政院衛生署及榮民總醫院臨床毒藥物防治諮詢中心編撰之「常見毒藥物中毒急診手冊」對毒性物質之說明。1985。

⁶ US EPA. 2002. Guidance on cumulative risk assessments of pesticide chemicals that have a common mechanism of toxicity. & US EPA. 2002. Response to public comments on office of pesticide program's guidance on cumulative risk assessments of pesticide chemicals that have a common mechanism of toxicity.

⁷ 台北農產運銷公司年報。

超標樣本分別送樣至台北市衛生局進行化學複驗，採用「食品中殘留農藥檢驗方法-多重殘留分析方法」⁸分析樣品所含各類農藥及殘留量；及農業試驗所以 TLC/酵素呈色法 (Stahl 1967)，檢測水溶性抗膽鹼農藥之殘留。「超標樣本」之農藥分析內容、日期、菜種、批號、重量及產地來源等資訊均依台北農產運銷公司列案管理之內容考證。

結果

乙醯膽鹼酯酶篩檢呈陽性反應之樣本，理應含有機磷或氨基甲酸鹽兩類抗膽鹼目標農藥的殘留。本研究中 554 件「超標樣本」中，經衛生局以 GC/MS、HPLC、LC/MS/MS 等方法檢出 451 件 (81.4%) 含「偏脂溶性」之目標農藥，農業試驗所以 TLC/AChE 方法檢出 76 件 (13.7%) 含「偏水溶性」目標農藥如覆滅蟎 (Formetanate) 等，兩者合計 527 件，確認含抗膽鹼農藥者達 95.1% (表 1)。因此生化檢驗「超標樣本」均能以多種化學分析方法鑑定其毒性來源，4 年之農藥殘毒複驗確認率為 90.7–98.7%。

有關「超標樣本」農藥殘留之「數」與「量」關係分析，鑒於早期衛生署對食品中之農藥殘留有總量管制，若同一樣本中檢出 2 種農藥，則檢出藥劑之原有容許量需除以 2 來計算，若檢出 2 種以上農藥時，則依此類推，後來該署取消此項規定，然而殘留農藥之「數」與「量」，對消費者健康之影響均是負面的，理應加以管

理，本研究分析樣本檢驗結果所得到殘留農藥之「數」與「量」關係簡述如下：(1) 554 件「超標樣本」共檢出 1,833 次農藥，個別樣本檢出農藥數之頻度如圖 1，平均每件樣本含藥數為 3.30 種，證實農民混用多種藥劑之習性，四年之範圍為 2.74–3.75 種，標準誤差為 ± 0.47 (表 2)，分年度之結果相似。(2) 雖然農藥殘留量是依「容許量」分項計算，但 554 件樣本均呈現混用多種農藥之狀況，不同藥劑之殘留總量亦不容忽視，過去曾經依檢出農藥之數目進行總量管制，而今雖無此項措施，但問題仍舊存在，尤其部分農藥更涉及 CMG 問題。為提供個別樣品殘留農藥總量之簡易比較方法，參考慣用於鹽鹵中含不同化學成分鹽類之總和濃度 (salinity) 計算方式，合併估算殘留農藥濃度 (pesticide titre)。依此方式估算，樣本中檢出之農藥殘留總量，每件之平均農藥濃度為 1.91 mg L^{-1} ，四個年度之結果落在 $1.65\text{--}2.15 \text{ mg L}^{-1}$ 之範圍，標準誤差為 $\pm 0.23 \text{ mg L}^{-1}$ (表 2)，分年差異不顯著。

「超標樣本」之容許量違規區分及其農藥殘留內容分析結果顯示，衛生局以化學分析判定 259 件違反農藥殘留容許量規定，佔總數之 46.9%，四個年度之範圍為 39.7–59.1%，標準誤差為 $\pm 9.0\%$ (表 3)，各年間之差異不顯著。再就 259 件「違規樣本」(tolerance-violation of enzyme inhibition positive; TVEIP) 與另 295 件「超標未違規」(non-violation of enzyme inhibition positive; NVEIP) 樣本之農藥殘留

表 1. 「超標樣本」含抗膽鹼酯農藥之確認率。

Table 1. The anticholinergic pesticides confirmation rates in the enzyme inhibition positive (EIP) samples.

Year	No. of EIP samples	Anticholinergic pesticides confirmation rate	
		HPLC + GC/MS	HPLC + GC/MS + TLC
2009	136	108 (79.4%)	128 (94.1%)
2010	132	110 (83.3%)	128 (97.0%)
2011	139	103 (74.1%)	126 (90.7%)
2012	147	130 (88.4%)	145 (98.6%)
Total	554	451 (81.3% \pm 6.1%)	527 (95.1% \pm 3.5%)

⁸ 衛生署。2012。署授食字第 1011902143 號公告修正。食品中殘留農藥檢驗方法—多重殘留分析方法 (三)。

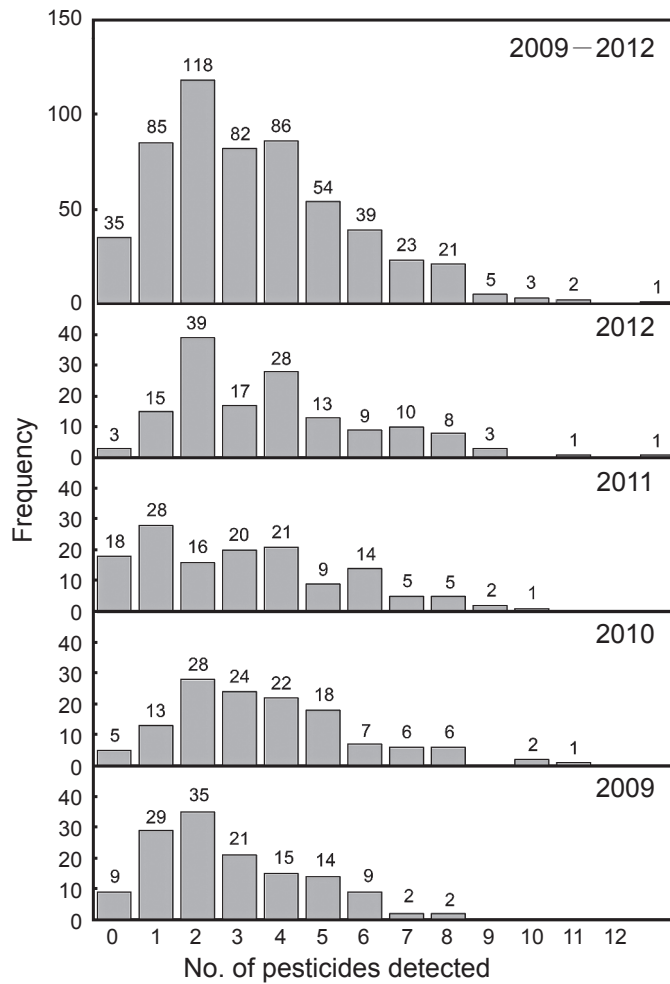


圖 1. 超標樣本含農藥種數頻度分佈圖。

Fig. 1. The frequency distribution of number of pesticides detected in 554 EIP-samples.

表 2. 「超標樣本」之農藥殘留「數」與「量」。

Table 2. The pesticides and their titers in the EIP samples.

Year	No. of EIP samples	Average number of pesticides per sample	Average titer per sample (mg L ⁻¹)
2009	136	2.74	1.65
2010	132	3.64	2.15
2011	139	3.09	1.81
2012	147	3.75	2.04
Total	554	3.30 ± 0.47	1.91 ± 0.23

概況進行比較，「違規樣本」之平均含藥數為 4.11 種 (四年之範圍為 3.24–4.65，標準誤差為 ± 0.62) 高於「未違規樣本」之 2.54 種 (四年之

範圍為 2.33–2.97，標準誤差為 ± 0.29)。而「違規樣本」之農藥濃度為 3.15 mg L⁻¹ (四年之範圍為 2.81–3.47 mg L⁻¹，標準誤差為 ± 0.28 mg L⁻¹)，

表 3. 超標樣本中「違規樣本」與「未違規樣本」之農藥「數」與「量」。

Table 3. The pesticides and their titers in the tolerance-violation (TV) vs. non-violation (NV) EIP samples.

Year	No. of samples	Average number of pesticides per sample	Average titer per sample (mg L ⁻¹)
TVEIP			
2009	54 (39.7%)	3.24	2.81
2010	78 (59.1%)	4.45	3.25
2011	59 (42.5%)	4.12	3.09
2012	68 (46.3%)	4.65	3.47
Total	259 (46.9% ± 8.6%)	4.11 ± 0.62	3.15 ± 0.28
NVEIP			
2009	82 (60.3%)	2.41	0.88
2010	54 (41.0%)	2.46	0.56
2011	80 (57.6%)	2.33	0.86
2012	79 (53.7%)	2.97	0.81
Total	295 (53.1% ± 8.6%)	2.54 ± 0.29	0.78 ± 0.15

高過「未違規樣本」之 0.78 mg L⁻¹ (四年之範圍為 0.56–0.88 mg L⁻¹, 標準誤差為 ± 0.15 mg L⁻¹), 以上資料之分年差異均不顯著。

檢出之農藥, 依農藥使用之目的可區分為殺蟲劑、殺菌劑及其他等三類, 依檢出頻度計算, 殺蟲劑為 67.1%、殺菌劑為 30.3%, 另有

生長調節劑與除草劑等其他用途者為 2.6% (表 4), 四年之分年檢出比率差異不顯著。

檢出殺蟲劑之種類, 依農藥有效成分分類, 主要屬有機磷、氨基甲酸鹽、合成除蟲菊精及新尼古丁等四類化學結構 (表 5), 總計檢出 1,229 次, 其中有機磷為 47.5%、氨基甲酸

表 4. 檢出農藥之用途區分比率。

Table 4. Detected frequencies of pesticides in the EIP samples classified by the purpose of application.

Year	Total detected frequency	Classes of pesticide		
		Insecticide	Fungicide	Other
2009	373	256 (68.6%)	117 (31.4%)	0 (0.0%)
2010	480	310 (64.6%)	166 (34.6%)	4 (0.8%)
2011	429	284 (66.2%)	122 (28.4%)	23 (5.4%)
2012	551	379 (68.8%)	151 (27.4%)	21 (3.8%)
Total	1,833	1,229 (67.1% ± 2%)	556 (30.3% ± 3.2%)	48 (2.6% ± 2.5%)

表 5. 「超標樣本」中, 不同化學類別殺蟲劑之檢出率。

Table 5. Detected frequencies of insecticides in the EIP samples, classified by their chemical natures.

Year	Detected frequency	Organic phosphorus	Carbamate	Synthetic pyrethrin	Nicotine
2009	256	123 (48.1%)	56 (21.9%)	53 (20.7%)	24 (9.4%)
2010	310	140 (45.2%)	57 (18.4%)	54 (17.4%)	59 (19.0%)
2011	284	137 (48.2%)	41 (14.4%)	60 (21.1%)	46 (16.2%)
2012	379	184 (48.6%)	54 (14.3%)	69 (18.2%)	72 (19.0%)
Total	1,229	584 (47.5% ± 1.6%)	208 (17.2% ± 3.6%)	236 (19.4% ± 1.8%)	201 (15.9% ± 4.5%)

鹽為 17.2%，兩者合計 792 次佔 64.7%。

就毒理作用機制相同之抗膽鹼農藥而言，554 件「超標樣本」平均每件樣品檢出 1.4 種，合計濃度為 0.8 mg L^{-1} ，而在 259 件違規樣本中檢出 468 次，平均每件含 1.8 種，合計濃度為 1.4 mg L^{-1} ，已造成「藥不同，但毒理相同」之 CMG 問題，合成除蟲菊精及新尼古丁之檢出頻率在每件樣本中約 0.5 次，較不具有 CMG 問題。各類殺蟲劑之分年度檢出比率差異不顯著。

針對混用農藥及累加毒性問題，經統計檢出農藥種類及檢出量，多數「超標樣本」檢出之農藥均超過 1 種（圖 1），最多者達 13 種，合計濃度最高者達 36.2 mg L^{-1} 。除 CMG 外，即使是不同毒理作用之農藥，其間是否有「累加」、「協力」或「拮抗」等作用，亦無法得知。「容許量」是依單一農藥所訂定，無法判定多種作用相同農藥，殘留在同一樣本中之累加毒性。本次檢出樣本中普遍存在 CMG 問題，並且是毒性最高的有機磷及氨基甲酸鹽類，兩者均抑制負責神經傳導作用的 AChE。雖然近年來政府以禁用的方式，減少有機磷及氨基甲酸鹽類的使用，但調查資料（表 5、表 6）顯示有機磷及氨基甲酸鹽類仍約佔檢出殺蟲劑的 2/3，且四年之檢出資料顯示沒有逐年下降的趨勢，顯然，同類作用機制藥劑之「市場替代性」會降低禁用成效。

由於本研究之重點在抗膽鹼劇毒農藥，有 95% 以上樣本所含目標農藥均經確認。且依檢出頻度之高低表列如表 6，陶斯松檢出頻度最多為 295 次，佔 554 件「超標樣本」之 53.3%，其次為佈飛松之 132 次為 23.8%，而再次者加保扶之 108 次為 19.5%，檢出機率低於 10% 而高於 5% 者依序為納乃得、毆殺滅及毆殺松，低於 5% 者則為達馬松及愛殺松等共 8 種，四年中各單項農藥檢出率之高低亦穩定無變化，由此可見農民選藥具有習慣性。

在超標及違規產地檢出頻度比較結果，四年中全部 500 餘處生產供貨產地中有十處產地達超標 254 次（表 7），佔全部「超標樣本」之 45.9%，該十處產地之「容許量違規」108 件亦佔全部「違規樣本」之 41.7%，此十處產地之超標與違規樣本間具有線性關係（圖 2， $R^2 = 0.752$ ）。可見 2% 之高風險產地即可造成約 40% 的農藥殘留問題。再比較此十處產地檢出之「超標樣本」菜種（表 7）及農藥（圖 3），其中雲林縣排名一至五的五處產地均生產小葉菜，且其地理位置均位於相鄰（圖 4），各類農藥殘留之頻度幾乎完全相同，為同一用藥模式，鄰近之第九名產地同為小葉菜產地，用藥亦類似，唯有以加保扶取代陶斯松的情形。彰化縣之「超標樣本」以甘藍芽為主，其用藥類似小葉菜類，但用藥模式與雲林縣因地緣不同而有所區隔，未見使用佈飛松，但陶斯松同為

表 6. 「超標樣本」之單項抗膽鹼農藥檢出頻度比較。

Table 6. Detected frequencies of individual anticholinergic insecticides in the EIP samples.

Pesticide	Detected frequency				
	2009 (n = 136)	2010 (n = 132)	2011 (n = 139)	2012 (n = 147)	Total (n = 554)
Chlorpyrifos	50 (36.8%)	76 (57.6%)	74 (53.2%)	95 (64.6%)	295 (53.3% ± 11.8%)
Profenofos	48 (35.3%)	29 (22.0%)	22 (15.8%)	33 (22.4%)	132 (23.8% ± 8.2%)
Carbofuran	30 (22.1%)	26 (19.7%)	21 (15.1%)	31 (21.1%)	108 (19.5% ± 3.1%)
Methomyl	17 (12.5%)	13 (9.8%)	9 (6.5%)	13 (8.8%)	52 (9.4% ± 2.5%)
Oxamyl	0 (0.0%)	6 (4.5%)	6 (4.3%)	19 (12.9%)	31 (5.6% ± 5.4%)
Acephate	8 (5.9%)	9 (6.8%)	7 (5.0%)	6 (4.1%)	30 (5.4% ± 1.2%)
Methamidophos	11 (8.1%)	6 (4.5%)	8 (5.8%)	0 (0.0%)	25 (4.5% ± 3.4%)
Ethion	4 (2.9%)	5 (3.8%)	2 (1.4%)	11 (7.5%)	22 (4.0% ± 2.6%)
Phosmet	0 (0.0%)	4 (3.0%)	8 (5.8%)	0 (0.0%)	12 (2.2% ± 2.8%)
Carbaryl	1 (0.7%)	5 (3.8%)	0 (0.0%)	4 (2.7%)	10 (1.8% ± 1.7%)

表 7. 十處高頻度超標產地之「超標 (EIP)」及「違規 (TVEIP)」樣品之檢出頻度比較。

Table 7. Ten farmers' associations produced vegetables and fruit with highest EIP detection counts in 2009–2012.

Association	Detected vegetables	Detected frequency (EIP)					Detected frequency (TVEIP)				
		2009	2010	2011	2012	Total	2009	2010	2011	2012	Total
#1	Small leaf vegetables	12	11	6	9	38 (6.9%)	5	7	1	2	15 (5.8%)
#2	Small leaf vegetables	10	12	10	5	37 (6.7%)	4	7	4	1	16 (6.2%)
#3	Small leaf vegetables	10	10	7	6	33 (6.0%)	4	7	1	2	14 (5.4%)
#4	Small leaf vegetables	8	2	10	11	31 (5.6%)	5	2	3	5	15 (5.8%)
#5	Small leaf vegetables	7	10	3	9	29 (5.2%)	2	6	0	2	10 (3.9%)
#6	Bud of cabbage	2	5	8	5	20 (3.6%)	0	2	5	2	9 (3.5%)
#7	Small leaf vegetables	1	3	7	6	17 (3.1%)	4	5	2	0	11 (4.2%)
#8	Egg plant	6	2	5	4	17 (3.1%)	1	2	4	2	9 (3.5%)
#9	Beans and Shallot	5	6	6	0	17 (3.1%)	0	0	3	3	6 (2.3%)
#10	Small leaf vegetables	9	3	0	3	15 (2.7%)	0	2	0	1	3 (1.2%)
	Total					254 (45.8%)					108 (41.7%)

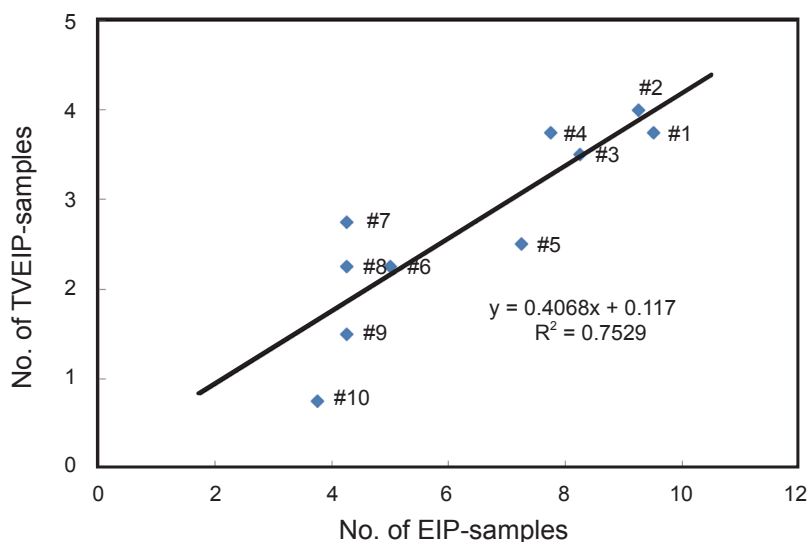


圖 2. 十處高頻度超標產地之違規相關性。

Fig. 2. The correlation of EIP-samples and TVEIP-samples in ten most high frequency residues detected farmers' associations.

有機磷類，替代佈飛松的狀況是明顯可見的。地緣不同時，尚有另一項影響因素，即可能與不同地區性農藥供應商所推銷用藥有關。而彰化縣另一項常檢出的「超標樣本」為茄子，與農民使用水溶性之覆滅蟎防治二點葉蟎有關。本研究發現殘留農藥之種類及頻度分布模式有其定則，與地緣及菜種等原因有關（圖 3），若

累積足夠模式資料時，應有助於推論或追蹤未記名違規菜種之來源產地，也可用於預測何處產地、何種蔬果會有較高機率的農藥殘留問題產生。

討論

本研究欲以明確的範圍、技術及期間，進

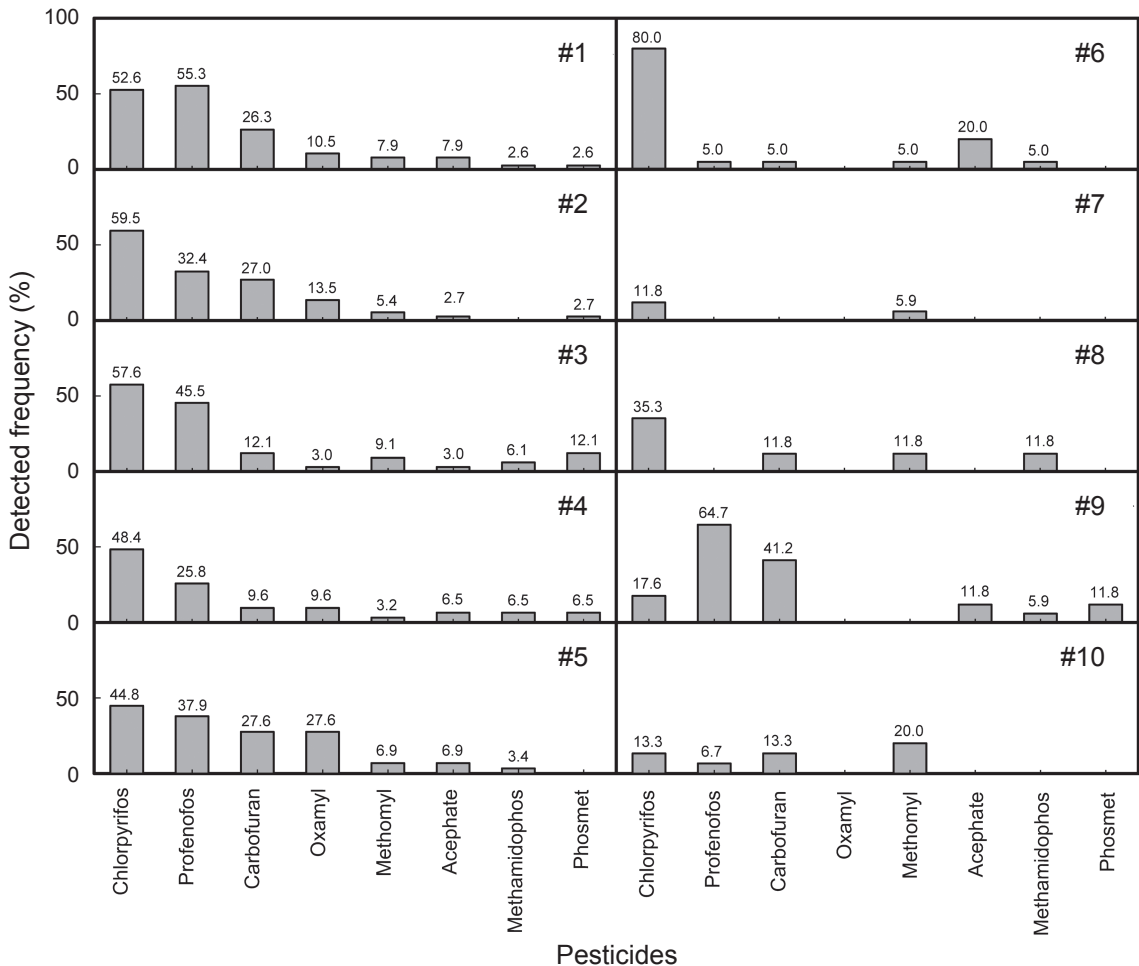


圖 3. 十處高頻度超標產地之用藥模式。

Fig. 3. The anticholinergic insecticides residues patterns of ten most high frequency residues detected farmers' associations.

行蔬果樣本之收集與分析，冀能闡明農藥殘留的實際內容。由乙醯膽鹼酯酶篩檢有機磷及氨基甲酸鹽兩大類殺蟲劑殘留之樣本進行分析，受檢農產品之種類、數量及來源等，均有詳實之記載，使後續之解析對策有所依據。此外，由分年資料差異可檢視結果之可信度。分析結果顯示，四年的分年資料重現性佳，亦即差異不顯著。結果明確呈現農民用藥具有習慣性，亦呈現台北市生化與化學聯檢系統，於技術面、法規面與執行面均已達成熟穩定之水準。

生化與化學聯檢系統所篩選之「超標樣本」具下列特質：(1) 均含有機磷或氨基甲酸

鹽類之殘留，確認率超過 95%。(2) 平均含 3 種以上農藥，其中殺蟲劑佔 2/3、殺菌劑佔 1/3，且抗膽鹼農藥超過 1 種而有 CMG 的問題，以個別「容許量」評估安全性會有低估風險之可能。(3) 有五成樣本違反食品衛生管理法之農藥安全容許量規定。

就「生化法超標」與「容許量違規」之相關性分析結果，以檢出農藥之「數」與「量」進行比較，違規之 259 件樣本較未違規之 295 件高且有明顯之區隔。而全部超標樣本中有 47% 違規，其比率較 1996 年風險評估之 61% 為低。此外，在十處高頻度檢出產地超標樣本數與

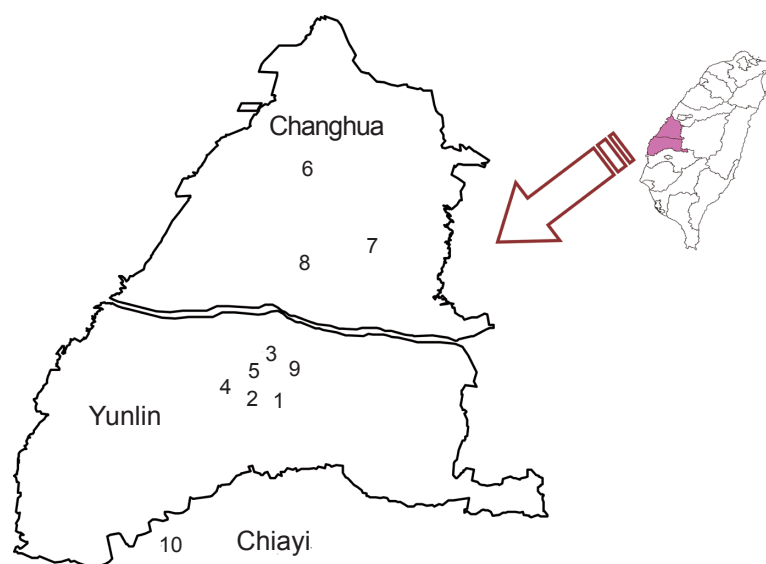


圖 4. 十處高頻度超標產地之地理相關位置。

Fig. 4. The geographic locations of ten most high frequency residues detected farmers' associations.

違規樣本數之相關性測試結果為正相關 ($R^2 = 0.752$, 圖 2), 因此, 原訂之 45% 酵素抑制率為「超標標準」仍具沿用價值。

由超標樣本檢出之農藥殘留內容, (1) 可估算農民使用各類農藥與菜種及產地之關係。(表 6、表 7、圖 2 及圖 3) (2) 殘留農藥模式分析, 建立與來源產地及菜種之相關性。(3) 檢視禁用劇毒農藥措施之成效, 以及同類農藥之市場替代性。(4) 鑑定高風險菜種、產地及生產者之資訊, 可供推廣安全用藥教育之規劃及實施。(5) 消費者之健康風險評估, 以及消費指南資訊。(6) 各種農藥之實際殘留狀況, 以供修訂容許量之用。

過去農藥殘留管理完全仰賴「容許量」之措施, 不僅時效不足, 且容許量是由單一農藥之毒理進行解析訂定, 從未顧及與其他農藥共存時之風險, 以致做出「藥是安全的, 菜是否安全則是未知數」的判定, 而實際上農作物是無法以單一農藥去完成蟲害管理, 本研究由四年連續市場抽樣發現「超標樣本」平均含有 3.3

種農藥, 「違規樣本」更含有高達 4.1 種農藥, 如何能僅以單項藥劑之「容許量」為安全評判依據, 把關國民健康。就抗膽鹼農藥混用率高達 1.4 種/件所衍生常態性之 CMG 問題, 就絕非單一「容許量」之判定足以服眾。這已非「誤判」或「漏判」而是普遍「低估」殘留農藥之危險性, 在美國 FQPA 法案⁹中, 主管殘毒之環保署 (EPA) 也認定 CMG 為首要解決事項, 而重新調整逾千項之「容許量」¹⁰。而我國迄今尚未正視 CMG 問題。禁用劇毒農藥措施亦在本研究中, 呈現因「市場替代性」而效果不彰, 因此, 農藥之殘留管理規範仍有繼續檢討與改進的必要。

防範農藥殘留之管理是以能在源頭產地進行為最佳, 本研究顯示僅 2% 的高風險產地即能造成 40% 以上的農藥殘毒違規問題, 若能經常性地偵測出此等產地, 進行源頭管理加強監控農藥使用方式, 將可大幅提升蔬果的安全品質。

⁹ FQPA. 1996. Public law 104-170-AUG. 3, 1996.

¹⁰ US EPA. 1996. Highlights of the Food Quality Protection Act of 1996. <http://www.epa.gov/opp00001/regulating/laws/fqpa/fqpahigh.htm> & US EPA. 1999. Implementing the Food Quality Protection Act Progress Report. <http://www.epa.gov/opp00001/regulating/laws/fqpa/fqpareport.pdf>

結論

此次研究由計畫性收集資料、層次性內容分析，及分年重現性良好之結果，可看出蔬果農藥殘留不僅有固定模式，且是有跡可循的，不同菜種、不同產地都有其固定用藥模式，藉由研究檢出之內容可找出問題來源，甚至尋求解決方案，如教育訓練，合理用藥等措施，此外更需顧及殘毒管制目的是「維護國民健康」，凡無助於保護消費者之「管理」即是浪費資源。台北市的聯檢制度雖尚有不足之處，但已確實達到為市民健康把關之目的，原定之生化法「超標標準」雖已使用 18 年，在此次評估顯示仍然適用，而在 2009–2012 四年中，經由聯檢系統及其合宜標準，成功攔阻 412 批，總重 37,278 kg 含毒蔬果，全數銷毀未流入市場，達到殘毒管制之真諦。但因抽檢幅度有限，仍需藉由研究問題所得之資訊，促使各高風險菜種之源頭產地生產者全面改進，方能大幅降低農藥殘毒之危害。

誌謝

本研究承台北市農產運銷股份有限公司協助檢驗資料之收集及違規樣品產地資料提供，謹致謝忱。

引用文獻

- Anonymous. 1980. Guidelines to the Use of the WHO recommended classification of pesticides by Hazard. *FAO Plant Protec. Bull.* 28:1–24.
- Bergmeyer, H. U., J. Bergmeyer, and M. Grassl. 1984. Acetylcholinesterase, colorimetric method. p.57–63. *in: Methods of Enzymatic Analysis*. Vol. 4. (Bergmeyer, H. U. ed.) Academic Press. New York. 2302 pp.
- Chiu, C. S., C. H. Kao, and E. Y. Cheng. 1991. Rapid bioassay of pesticide residues (RBPR) on fruits and vegetables. *J. Agric. Res. China* 40:188–203.
- Ellman, G. L., K. D. Courtney, V. Andres, and R. M. Featherstone. 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.* 7:88–95.
- Liao, L. S. 2005. *Practical Pesticide*. Te Li Composite Ind. Ent. and Che Fac Press. Taichung. 1311 pp. (in Chinese)
- Stahl, E. 1967. *Thin-Layer Chromatography: A Laboratory Handbook*. Springer-Verlag Press. Berlin. 979 pp.
- Tseng, S. P., H. C. Su, W. T. Yu, H. K. Chou, J. F. Shyu, M. T. Chen, S. C. Yang, T. P. Lin, P. L. Shu, L. Y. Huang, W. J. Huang, I. F. Tsai, Y. F. Lee, J. Q. Pan, and H. F. Cheng. 2013. Monitoring of pesticide residues on agricultural products from markets and packing firms in Taiwan. *Ann. Rept. Food Drug Res.* 4:23–27. (in Chinese with English abstract)
- US EPA. 2000. *The Use of Data on Cholinesterase Inhibition for Risk Assessments of Organophosphorus and Carbamate Pesticides*. Office of Pesticide Programs Science Policy. Washington, DC. 53 pp.

The Study of Pesticide Residues Control by the Combination of AChE Screening and Chemical Analysis: The Taipei Model

Edward Yun Cheng¹, Yu-Bing Huang², Ming-Yao Chiang^{2,*}, Yi-Hsuan Hou³, and Chun-Chi Nien³

Abstract

Cheng, E. Y., Y. B. Huang, M. Y. Chiang, Y. H. Hou, and C. C. Nien. 2015. The study of pesticide residues control by the combination of AChE screening and chemical analysis: The Taipei model. *J. Taiwan Agric. Res.* 64(1):53–63.

The pesticide residue problem on fruits and vegetables in the Taipei City wholesale market was investigated by both Acetylcholinesterase inhibition screening and the regulatory chemical residue analysis from 2009 to 2012. A total of 223,135 samples were screened and 554 samples were found with more than 45% inhibition on AChE activity (the enzyme inhibition positive; EIP), i.e., an indication of presences of neurotoxic pesticide residue, including organophosphate and/or carbamate. In chemical analysis through GC/MS, HPLC, and TLC, 95.1% of the EIP-samples were confirmed with the causing pesticide identities. In average, each EIP-sample contained 3.30 pesticides with an insecticide to fungicide ratio of 2 : 1, and a combined pesticide titer of 1.91 mg L⁻¹. Among the EIP-samples, 259 (46.9%) samples violated the tolerance regulation (TV) with average of 4.11 pesticides and combined titer of 3.15 mg L⁻¹ for each TVEIP-sample. Since the practice of mixing several pesticides in spray has been confirmed in this study, the attention is then focused on the Common Mechanism Group (CMG) problem or the cumulative toxicity. The combined frequency of organophosphate and carbamate presence in 554 EIP-samples was 792 and the average was 1.41 per sample. Thus, the CMG problem is obvious in these neurotoxic anticholinergic pesticides. The safety judgment by the individual organophosphate and carbamate pesticide tolerance will underestimate the danger of their combined residues. The highest frequencies detected for anticholinergic pesticides were chlorpyrifos (53.3%), profenofos (23.8%), carbofuran (19.5%), etc. High residue risk vegetable and fruit production farmer organizations were identified in the study, a total of 254 EIP-samples (45.9%) came from only ten farmers' associations. Among them, there were 108 tolerance violations (41.7%), the correlation between the EIP cases and TVEIP cases in those ten farmers' association is positive ($R^2 = 0.752$). The pesticides mixing pattern are similar in these adjacent production organizations, and can be used as a tool to trace the origin of residue contaminated farm products with unknown sources. The residue analysis results of 2009–2012 were similar in all aspects with no significant differences between years. The AChE/Chemical combined analysis for pesticide residues control has been a regular practice in Taipei City since 1985. Its purpose is to intercept by rapid enzyme toxicity test. The residues contaminated vegetables and fruits before it have been sold to consumers. From 2009 to 2012, a total of 37,278 kg of residues contaminated vegetables and fruits were taken off from the market and destroyed to protect the consumers.

Key words: Pesticide, Residues, Fruits and Vegetables, Acetylcholinesterase.

Received: September, 12, 2014; Accepted: November, 28, 2014.

* Corresponding author; e-mail: mingyaw@tari.gov.tw

¹ Former Research Fellow, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

² Assistant Research Fellows, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

³ Research Assistants, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.