

農藥使用暴露風險及安全防護措施

李仁厚 李宏萍*

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所 殘毒管制組

摘要

本計畫目的以綜合論述方式將田間農民施用之暴露量評估方法、安全及防護與國際調和，並將 1994 年至 2003 年台灣農民實際噴藥暴露量資料，整理農民噴藥器械及噴藥量之基本資料包括歷年 326 名農民噴藥進行 16 種作物，5 種不同噴藥方式之試驗人次。急性暴露量評估(Percentages of the toxic dose per hour, PTDPH)值小於 1% 時表安全，慢性暴露量評估(Margin of Safety, MOS)值小於 1 時表不安全，建議農民基本之防護措施以保障噴藥農民之健康。

關鍵詞：農藥、暴露量、風險評估、農民、噴藥方式。

Risk assessment of pesticide exposure and pesticide protective equipment

Jen-Ho Li, Hon-Pin Li*

Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute,
Council of Agriculture

ABSTRACT

The goal of the project was to examine current issues in the field of pesticide exposure assessment with the aim of reaching an international harmonized approach to methods of exposure assessment and pesticide safe use and protection from pesticide application. Collected 1994-2003 local 326 generic pesticide exposure data of 9 years with 5 different sprayer equipment and 16 different crop pesticide application in Taiwan. On the basis of this assumption, modeling of worker exposure has been suggested as a basis for the estimation of surrogate or generic data that may be used in a first step for

* 通訊作者。E-mail: hplee@tactri.gov.tw

risk assessment. These results showed that Percentages of the toxic dose per hour (PTDPHs) of pesticides of less than 1% should be safe. PTDPHs including both dermal and inhalation exposure were used to evaluate the acute risk assessment of the 5 kinds of application equipment. Margin of Safety (MOS) values were evaluated for chronic risk assessment with 6 h of applied. MOS values lower than 1 should be a source of concern.

Key words: Pesticide, exposure, risk assessment, farmer, sprayer.

前言

農業方面為了防治病蟲草害之發生農藥之使用無法避免，農藥是有毒、具生物活性的化學物，它們被使用在環境中用來控制如雜草、害蟲及菌類的有害物。農藥使用在農業上，增加生產力，從 1940 年代當合成有機農藥首度被引用之後，農藥銷售及使用便大量的增加。以目前世界上使用的農藥總計約 1,550 種主成分，成品農藥製劑種類約在 4 萬 5000 種以上。我國從 1940 年代合成有機氯農藥首度被引用之後，農藥銷售及種類逐漸增加。農藥依據農委會民國 96 年的統計，共計核准登計 518 種農藥成品，而其農藥有效成分計 366 種，其中 119 種(含混合劑)已禁用，農藥有效成分佔 9,492 公噸⁽¹⁾。農藥暴露發生的方式有三種主要的途徑：皮膚、吸入及口部攝食。通常大部份的職業性農藥暴露是經由皮膚途徑發生的，但是對某些種類的農藥(如燻蒸劑)及農藥噴灑的方式(如噴霧)，吸入的途徑可能較為明顯。農藥的口部攝食是由不良的衛生習慣(如用受污染的手抽煙及吃東西)導致或是自殺而進入體內。而使用人暴露之農藥不僅包括實際之噴藥農民，農藥工廠農藥之合成、製程、搬運、包裝之作業人員，更包括了作物採收人員、溫室、穀倉及住家庭園之噴灑農藥等之暴露，故如何安全使用農藥而不造成農藥暴露之風險，乃是迫切需要建立之評估方法，故筆者亦積極擬促成對本國農藥使用人之暴露評估技術之建立，支援行政決策上之參考資料並進一步建議農藥使用人基本之防護，以達安全使用農藥之目的。

農藥的毒性

農藥對人體產生毒害的程度與農藥本身的毒性、農藥與人體接觸的劑量、暴露於農藥中時間的長短有關。又由於人體各器官酵素種類不同，農藥對人體的傷害也因它進入人體的途徑而異。

農藥侵入人體後的中毒現象⁽²⁾：

1. 物理現象：毛髮脫落，皮膚出現紅斑，眼睛充血或發炎等。
2. 行為的改變：包括昏睡、鬆懈、四肢不規則的動作等。
3. 取食量的改變：不正常的食慾，連帶影響體重的增減。
4. 取水量的改變：同時也造成排尿量的不正常。
5. 血球的改變：紅血球、白血球、血小板數目及形態發生不正常的變化。
6. 血液化學的改變：包括血糖、尿素氮、血清蛋白、三酸甘油脂、膽固醇、血中酵素及凝血作用的改變等。
7. 尿的改變：包括還原糖、尿蛋白、沉澱物的改變及滲血現象。
8. 碳水化合物新陳代謝用及肝臟功能的改變。
9. 器官形態及重量的改變。
10. 死亡。

當然，上面許多現象除了靠患者本身的自覺外，還要靠醫師的臨床檢查才能發現。

急性毒害的分類

農藥除了使用時可與人類接觸外，使用後也會擴散到空氣中或沾到食物，當劑量很高時，會直接影響到人畜產生急性毒害，農藥的急毒性分類如表 1。

LD₅₀ 是半數致死藥量，表一中經口、經皮膚的資料，乃是使試驗動物口服或皮膚塗擦某一藥量經過 14 天，有半數死亡時稱此藥量為 LD₅₀，單位是毫克藥量/公斤試驗動物體重；而經呼吸毒性的資料，乃是將受試驗動物暴露於含某一藥量

表 1、農藥急性毒性之分類⁽⁵⁾

Table1. The Classification of pesticides by hazard

毒性分類	極劇毒	劇 毒	中等毒	微 毒
經口LD ₅₀ (mg/kg)	固體 ≤ 5	5-50	50-500	> 500
	液體 ≤ 20	20-200	200-2000	> 2000
經皮膚LD ₅₀ (mg/kg)	固體 ≤ 10	10-100	100-1000	> 1000
	液體 ≤ 40	40-400	400-4000	> 4000
經呼吸LC ₅₀ (mg/l)				
(EPA標準)	≤ 0.02	0.02-0.2	0.2-2.0	2.0-20
(WHO標準)	≤ 0.5	0.5-2.0	2.0-20	20-100

的空氣中 1 小時之後，14 天內有半數死亡，則稱此藥量為 LC_{50} ，單位為毫克藥量/公升空氣體積。

當選擇農藥時，如果藥效相近，應該盡量避免使用劇毒農藥。尤須注意的是，許多農藥，經皮膚的毒性大於經口的毒性，例如蟎離丹(Morestan)、益發露(Euparen)等口毒性歸於微毒類，而皮膚毒性則屬於中等毒類。又如巴拉松，易被皮膚吸附，如果赤身暴露於噴灑後的空氣中是很危險的。所以在做選擇時，經口、經皮膚、經呼吸三種毒性資料都要考慮到。

慢性中毒

施用農藥者或製造工廠中的工人，由於長期接觸藥劑，雖然所接觸的量遠低於急毒性的致死量，但是發生慢性中毒的例子，屢見不鮮。如以有機磷劑為例，長期與低於致死量的有機磷劑接觸，常造成神經混亂、情緒激動及疲勞等病徵。

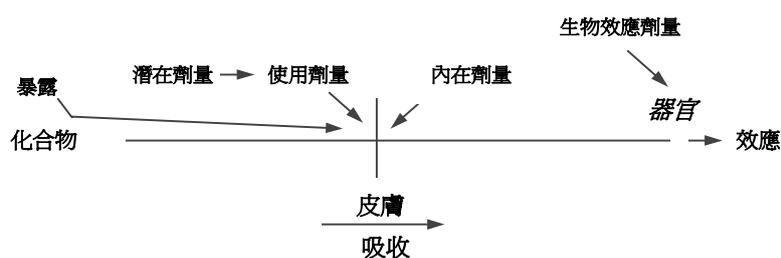
農藥暴露之途徑

農藥使用人暴露農藥之三個主要途徑，包括由皮膚、呼吸及口吃入體內，而評估農藥暴露劑量上包括體外暴露劑量及至體內之劑量。如下圖分三途徑⁽⁸⁾。

一、皮膚：藥劑與皮膚接觸而透過皮膚進入體內。曾有報告提到，穿著污染巴拉松的衣服，由皮膚吸附轉移至受害器官而造成死亡。

農藥暴露之途徑 - I

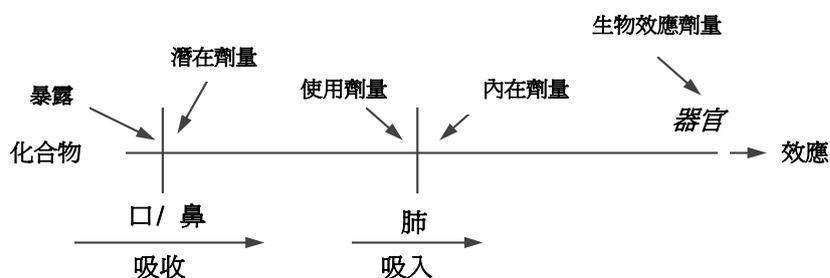
皮膚



二、呼吸：藥劑以氣體、粉末、霧狀或蒸氣存在時，由呼吸而進入人體。因藥劑顆粒或液滴大小不同會造成不同程度的傷害，一般半徑大於 $10\ \mu\text{l}$ 的顆粒不能到達肺部，而 $3\ \mu\text{l}$ 或小於 $3\ \mu\text{l}$ 的顆粒很容易就經過咽喉氣管而到達肺泡。

農藥暴露之途徑 - II

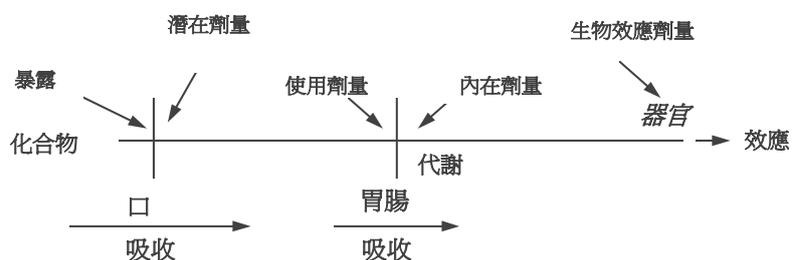
呼吸



三、經口：人類攝食殘留有農藥的食品，或是因意外使藥劑由口進入身體，經過胃、腸，由腸絨毛吸收進入血液中。

農藥暴露之途徑 - III

口



農藥暴露量評估：過去、現在、未來

農藥暴露評估是由化學、毒理學、生物學、農藝學及工業衛生等範圍中逐漸累積起來的專門技術及知識。最初評估職業農藥暴露量的構想是出自於急毒性有機磷農藥對操作者的影響，促使 Durham 及 Wolfe 進行相關研究工作，其提出以空氣採樣、貼布及清洗方法來直接量測農藥暴露量的方法⁽⁷⁾。在此之前，只能採用職業傷害評估，而非風險評估。農藥之混合者、裝填者、噴灑者、農田工作者等職

業操作者，其暴露模式可能相似，且暴露量可能隨作物生長季節而逐漸增加。對於施用農藥後再進入農田之「再進入」農田操作者，也有進行暴露評估的需要。除前述 Durham 及 Wolfe 提出之量測方法外，另也有發展由農藥噴灑時落至葉片上的殘留量與表面沉積量之間的比率，來估算農田工作者之暴露量的方法。

農藥使用之風險評估必須加以量化後才能有評估之依據，而此定量測定包括直接及間接測定兩種，對於此評估技術之測定方式國外已有相關單位有不同之制定方法，相較於農藥毒性之預估量在國際上已有一套被普遍採認之國際標準，職業農藥暴露評估並無相似的國際標準，但一些國際組織或國家，如世界衛生組織(WHO)及美國環境保護署(US EPA)，其所提出的暴露評估指導文件(guideline)，受到各界普遍採用。WHO 先於 1975 年提出「農業上有機磷農藥之暴露研究—標準流程」⁽²⁰⁾，針對有機磷殺蟲劑在皮膚上的沉積，推薦使用由 Durham 及 Wolfe 所發表的貼布方法；再於 1982 年提出適用於評估所有種類農藥的「農藥暴露量田間研究標準流程」⁽²¹⁾。1986 年國際農業化學組織(NACA)制定對於農藥混合、裝載及使用人之安全評估試驗規範⁽¹³⁾；1987 年美國環境保護署(US EPA)制定對農藥使用監測評估指南⁽⁸⁾，以及於 1993 年制定田間工作人員農藥暴露風險評估指南⁽⁴⁾；1992 年，加拿大制定田間及室內工作人員農藥暴露評估試驗規範等^(10,16)。在此同時，仍持續改進暴露量測方法，例如發展出全身測定儀及個人空氣採樣器的方法。至 1997 年，經濟合作暨發展組織(OECD, Organization for Economic Cooperation and Development)提出「農業操作過程中職業農業暴露研究之指導文件(Guidance Document for the Conduct of Studies of Occupational Exposure to Pesticides During Agricultural Application)」，文件中回顧及整合當時採行的各項農藥暴露評估方法⁽¹⁸⁾，其所述之適用對象雖僅及於農藥之混合、裝載、及噴灑者，但對於估算施用後及非農藥操作下的農藥暴露，亦具參考價值。歐盟國家中，如英國及丹麥，其現行制度仍採用前述 OECD 指導文件作為量測農藥暴露量的依據^(12,19)。

建立操作者農藥暴露預測模式資料庫是另一個發展重點，預測模式建構於大量的實際農藥暴露量測資料，經由這些資料的整合，可建立一個預測模式，當輸入適當之參數後，資料庫即可顯示與暴露相關的預測結果。現行的預測模式主要有四個：英國模式(UK Predictive Operator Exposure Model, UK POEM)、德國模式、荷蘭模式、以及北美國家所建立的農藥處理者暴露資料庫(Pesticides Handler Exposure Database, PHED)。歐盟也建立 EUROPOEM 資料庫，其可與英國及德國模式搭配，提供參考資訊。實務上，歐盟國家大多採用英國 POEM 模式及德國模式。目前北美國家也正在進行 PHED 與 EUROPOEM 的整合工作，以建立一個新的資料庫「施用者及處理者暴露資料庫(Applicator and Handler Exposure Database,

AHED)⁽¹¹⁾。經由預估模式所得之預測暴露值，在農藥審查的暴露風險評估程序中，被引用作為判定風險是否可被接受的重要指標，在在顯示先進國家對農藥使用人安全之保障，故筆者亦積極擬促成對本國農藥使用人之暴露評估技術之建立，支援行政決策上之參考資料並進一步建議農藥使用人基本之防護，以達安全使用農藥之目的。

農藥暴露之量測方法

民國 82 年台灣引進美國 EPA 及 WHO 之農藥暴露之量測方法^(3,10,16)，如下敘述：

一、分別選定欲評估農藥及噴灑已推薦作物之農民，農藥工廠作業人員，分別進行皮膚暴露量、呼吸及生物監測三方面試驗。

二、皮膚暴露測試

在不改變農民配藥、噴藥之情況及防護下，農民身上依其不同部位貼上吸附墊，其位置如下：A. 口罩(一般使用之紗布口罩 15cm x 11cm)，B. 前胸一片，C. 後背一片，D. 左右上臂各一片，E. 左右前臂外側各一片，F. 左右大腿前方各一片，G. 膝蓋下左右小腿前方各一片，A、B、C、D、E 之吸附墊分別以 α -cellulose 質材貼布貼於農民各部位，F、G 部位因為水稻抽穗前噴藥高度所及，以 α -cellulose 質材均無法取樣，分別為砂布質材之貼布，其它作物仍然使用 α -cellulose 質材，貼布下襯同樣大小之玻璃紙用訂書針固定，以防止衣服上原有之農藥污染上層之吸附層。吸附墊以膠帶貼在衣服或身體上，故真正之吸附面積 $8 \times 10 \text{ cm}^2$ ，工作一小時後，貼布取下後以錫箔紙分別包好放入塑膠帶中，左右手分別在 250 mL 95% 藥用酒精中浸洗 15 秒。左右腳分別在 500 mL 95% 藥用酒精中浸洗 15 秒，分別倒入玻璃瓶中，樣品分別放於 4°C 冷藏冰箱攜回實驗室。(見圖 1)

三、模擬呼吸暴露偵測

分別在農民、配藥農民及農藥工廠作業人員身上配帶攜帶型空氣採樣馬達，模擬呼吸每分鐘 1L 之量經由吸附管(XAD-2、活性碳、 α -cellulose.. 等不同吸附質材)噴藥一小時或工作四小時加以收集。

四、生物監測試驗

分別將農民噴藥時期 24 小時之尿液收集後攜回實驗室以測其農藥及其代謝產物。

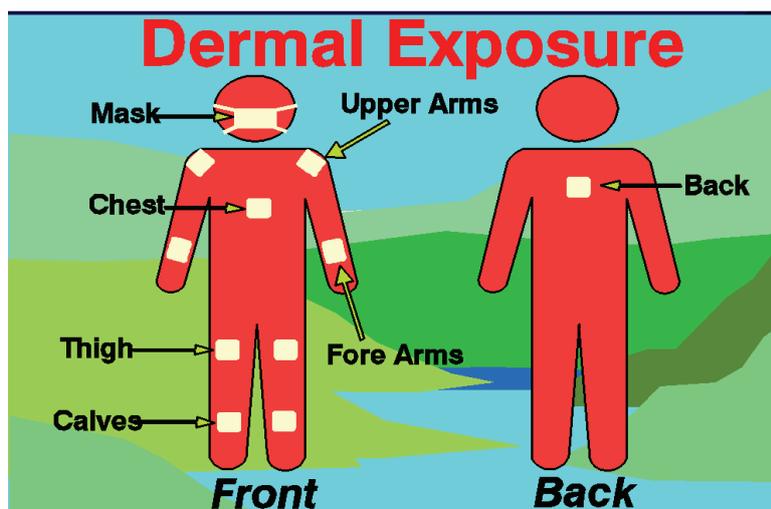


圖 1. 農藥皮膚暴露量測試貼布位置

Fig. 1. Pads on different body region for dermal exposure assessment

五、環境監測

分別在不同農藥工廠作業環境放置攜帶型空氣採樣馬達，每分鐘 1L 之量經由吸附管(XAD-2、活性炭、 α -cellulose..等不同吸附質材)在農藥工廠作業環境工作四小時加以收集。

農藥暴露量風險評估

安全評估方法^(3,6,10,16)

由皮膚暴露測試中 α -cellulose 質材貼布及以酒精浸洗液分別分析其中單位面積農藥含量($\text{ng}/\text{cm}^2/\text{min}$)，乘上各部位之面積，相加後再乘以暴露時間即為潛在的皮膚暴露量(potential dermal exposure)(D_{Ep} , mg/hr)，扣除原有皮膚衣物之保護後為實際的皮膚暴露量(actual dermal exposure)(D_{Ea} , mg/hr)，但依田間噴藥之實際農藥主成分、噴藥量、時間可求出理論的皮膚暴露量(theoretical dermal exposure)(D_{Et} , g/hr)，由實際的皮膚暴露量除以理論的皮膚暴露量可求得預估之皮膚暴露百分比(D_{Epred} , %)。依每人每日工作時間、平均成人體重 60 公斤，求出每人每公斤人之實際皮膚暴露吸收量(ADD_{DE} , $\text{mg}/\text{kg}/\text{day}$)。空氣採樣之農藥含量(R_E , mg/hr)，依每人每日工作時間，平均成人體重 60 公斤及每人每日之呼吸量約 22 m^3 等計算因子，求出每人每公斤人之呼吸量(ADD_{RE} , $\text{mg}/\text{kg}/\text{day}$)。以每小時毒性物質百分比(PTDPH, Percentage of Toxic Dose Per Hour)以評估急性暴露量，分別以每小時皮膚暴露量(D_E , mg/hr)加上每小時呼吸量(R_E , mg/hr)之十倍除以動物皮膚實驗 LD_{50}

之量及農民、工廠作業人員之體重即可(式 1)。再以每人每公斤每日之可攝取量(ADI, mg/kg/day)與皮膚暴露吸收量(ADD_{DE})之 0.1 倍加上呼吸暴露量(ADD_{RE})相比較為 MOS 值為慢性暴露量值，當大於 1 時表安全(式 2)。

式(1)：

$$PTDPH = \frac{D_E + R_E \times 10}{D_{LD50} \times b.Wt.}$$

PTDPH (Percentage of Toxic Dose Per Hour)

D_E：單位時間內之皮膚暴露量(mg/hr)

R_E：單位時間內經由呼吸所造成之暴露量(mg/hr)

D_{LD50}：由動物皮膚試驗所測之LD₅₀(mg/kg)

b.Wt：暴露人員之體重(kg)

假設直接由空氣中呼吸到農藥量之10倍為急毒暴露之預估值。

式(2)：慢性暴露量評估

$$ADD(\text{mg/kg/day}) = ADD_{DE} \times 0.1 + ADD_{RE}$$

$$\text{呼吸暴露量} : ADD_{RE} = (R_E \cdot I_h \cdot T_w) / b.Wt$$

$$\text{皮膚暴露量} : ADD_{DE} = (D_E \cdot S \cdot T_w) / b.Wt$$

$$MOS = \frac{ADI}{ADD_{DE} \times 0.1 + ADD_{RE}}$$

MOS (margin of safety)

D_E：單位時間內之皮膚暴露量(mg/hr)

R_E：單位時間內經由呼吸所造成之暴露量(mg/hr)

I_h：每人每天之呼吸量(L)

T_w：每人每天之工作時間(hr)

S：平均每人之體表面積(cm²)

b.Wt：暴露人員之體重(kg)

ADD：每公斤人每天工作時間之暴露量(mg/kg/day)

ADI：每人每公斤每日之可攝取量(mg/kg/day)

* 假設每人每天之呼吸量為22m³，則每人每分鐘之呼吸量為15.3 L。

$$(15.3 \text{ L/min} = 22 \text{ m}^3/\text{day} \times 1000 \text{ L/m}^3 / 24 \text{ hr/day} / 60 \text{ min/hr})$$

* 假設農藥由皮膚之吸收率為0.1。

MOS值小於1時表不安全。

安全評估模式建立

利用 EPA 之皮膚暴露之面積評估方式，並以 D_{Epred} 百分率以預估不同作物之噴藥暴露因子，以生物偵測結果以預估實際之吸收量。

目前國外在農藥登記上考量包括(1)模式建立(2)再進入(reentry)之評估兩方面。目前國外農藥登記模式建立主要包括四個：德國模式(BBA 1988)、英國模式(JMP 1986)、荷蘭模式(van Hemmen 1992)、美國模式(PHED 1992)都有明確訂定出各國之農藥使用量及單位時間下之噴灑面積，及數據取代值之設訂，而國外之農藥使用方式與使用面積、環境均與我國之使用差異頗大。再進入(reentry)之評估由 Nigg 等⁽¹⁷⁾ 和 Zweig 等⁽²²⁾ 最早提出在作物葉上殘留(dislodgeable foliar residue (DFR))而得潛在之皮膚暴露量(Potential dermal exposure)，接著 Zweig 建議實際之轉換係數 $5000 \text{ cm}^2/\text{hr}$ (基於只一面葉表面積)而預估其潛在之暴露量。目前更以三個階段式進行預估，第一階段(tier I)由環境監測或 DFR 值來推估潛在暴露量；第二階段(tier II)由被動式偵測(直接偵測潛在暴露量)；第三階段(tier III)利用生物偵測來測得⁽¹⁵⁾；決定再進入之時間以作為慢性暴露管制之參考。而我國之農藥暴露量在農藥登記上之應用又如何，有待我們進一步考量與實際數據之應証以達評估之目的。因此針對農藥劑型、使用量(kg/ha)、噴藥方式(動力噴霧、背負式、超微量)、作物種類(向上噴洒、向下噴洒)、暴露時間、潛在暴露量(Potential exposure)、實際暴露量(Actual exposure)、呼吸暴露量(Inhalation exposure)等加以逐一考量，以達合理之需求。然而任何決策量之訂定依風險評估上要求“ALARA”(as low as reasonably achievable)之理念上考量才能達到實際管制之目的。

農藥噴灑後之再進入(reentry)農田之安全期及暴露農藥程度可能會很高且可能每天發生，1995 年 4 月，EPA 提出對工人防護標準(Worker Protection Standard)的重要改變。農藥的限制進入間隔(restricted-entry interval, REI)為在施用農藥後限制再進入這個區域的時間。有一些農藥只有一個 REI，如 12 小時，針對所有的作物使用。其他的產品視其作物或施用方法而有不同的 REI。當同時使用 2 種或更多不同 REI 的農藥時，則需遵守較長的間隔時間。一般來講，REI 是：

- 一、毒性分級 I(標示：危險 Danger)的農藥成品噴灑時其再進入間隔(REI)是 48 小時。如果當地區年降雨量少於 25 吋時就要延到 72 小時才能再進入工作。
- 二、毒性分級 II(標示：警告 Warning)的農藥成品噴灑時其再進入間隔(REI)是 24 小時。
- 三、毒性分級 III 及 IV(標示：小心 Caution)的農藥成品噴灑時其再進入間隔(REI)是 12 小時。

雖然 EPA 有一般性之規定，但因直接接觸作物之差異而有所改變，例如丁基加保扶使用於柑桔園建議 7 天後才可再進入工作⁽¹⁴⁾。

農藥暴露量風險評估現況

台灣現有農民之噴藥器械包括背負式(手動)、背負式(馬達)、牽管式(馬達)、超微量(ULV)等方式進行噴灑農藥之工作，依據民國 83-92 年農民噴藥暴露量資料，農民噴藥器械及噴藥量之基本資料包括歷年 326 名農民噴藥進行 16 種作物，5 種不同噴藥方式之試驗人次。急性暴露量評估：PTDPH 值大於 1% 時表不安全，故由此模式推估，當農民以牽管式馬達噴藥，其農藥之動物皮膚毒性 LD50 小於 9.4 mg/kg 時，一定會造成急性之暴露，值得注意。慢性暴露量評估：MOE 值小於 1 時表不安全，若農民每日噴藥 6 小時，由模式推估，當農民以牽管式馬達噴藥，其農藥之 ADI 值小於 0.004 mg/kg/day 時，或以背負式馬達噴藥，其農藥之 ADI 值小於 0.003 mg/kg/day 時，皆為不安全，值得注意。台灣目前已登記之非耕作農地雜草防治用藥有：伏速隆、嘉磷賽胺鹽、嘉磷賽三甲基硫鹽、嘉磷賽異丙胺鹽、固殺草、氟氣比、依滅草、快伏草、得拉本、巴拉刈、菲殺淨、伏寄普、畢拉草、依普同等，而草皮病蟲害防治用藥有：甲基多保淨、得恩地、亞托敏、賓克隆、保粒黴素、賽福座、陶斯松、加福松、三氣松、加保利等。所有推薦藥劑之動物皮膚毒性 LD₅₀ 皆高於 9.4 mg/kg，無急性暴露危險。但施用巴拉刈(ADI: 0.004 mg/kg/day)及加福松(ADI: 0.003 mg/kg/day)時則須注意，有慢性暴露危險。

農民噴藥之安全防護措施

前面提過，農藥進入人體的途徑不外是皮膚、呼吸及口，因此，必須有防護的衣服及其他設備以避免或減少農藥的接觸，如果使用的農藥毒性愈大則防護必須愈嚴密。而有一件務必做到的事，即施用農藥以後，一定要以清潔劑清潔身體，任何時候，不小心沾上農藥都要立刻沖洗掉。

農藥安全防護依農藥毒性及進入人體之途徑而有不同之建議：

- 一、衣服：著質料緊密的長袖上衣及長褲，如果施用的農藥濃度高或有劇毒性，則應加穿防水雨衣或圍裙。長褲要穿在雨靴外以避免農藥流入。
- 二、手套：以使用不襯裡橡皮手套最好，以免不慎沾染清洗困難。手套長度應蓋過手腕，襯衫衣袖放在手套外以避免農藥流入。

- 三、帽子：寬邊防水如塑膠製品的帽子防護效果最好。
- 四、鞋子：以著長筒塑膠鞋如雨靴防護效果最好。
- 五、護目鏡：防風沙或游泳用護目鏡均可。
- 六、防毒面具：呼吸道比皮膚對農藥更具吸附力，所以除了穿著上述衣物避免皮膚暴露於農藥，最好戴防毒面具，防止農藥由呼吸道進入身體，尤其在施用劇毒農藥或於封閉的地點施藥。防毒面具一般有下面幾種：(見圖 2)
 1. 口罩式：這種面具可遮住口鼻，吸入的空氣經過過濾網，大部分的蒸氣、氣體或顆粒都被吸附而除去。非連續性農藥暴露可戴此類面具。若為活性炭口罩須常更換。
 2. 罐裝面罩式：可遮住面部，它所過濾的物質較前者為多，當連續暴露於農藥中，戴此面具對整個臉部的保護作用較佳。
 3. 燻蒸劑處理或於密閉空間及空氣缺乏處如穀倉等則建議用以下二種防護面具：
 - (1) 灌氣式防毒面具：將新鮮空氣由外面以馬達灌入面罩中，當施用農藥的工作地點空氣不足，且又密封時可用此種面具。
 - (2) 附帶呼吸筒防毒面具：施藥者呼吸的空氣是由背負的呼吸筒內輸入，這種型式與上式有相同的作用，而使用者行動較為自由。
- 一、使用後的清潔：施用農藥後一定要以清潔用品清洗身體，任何時候不小心沾上農藥都要立刻沖洗掉。施用農藥時沾濕衣服，應馬上換下，若被濃縮物或高毒性的物質所沾染，則將衣服燒燬，因為普通洗滌法很難洗淨。噴灑農藥時穿著的衣服不可和日常衣服一起洗，必須另外處理，帽子、手套、鞋、眼鏡每次用後內外洗淨，並檢查手套是否有破。

以施用農藥毒性來作防護建議，則為：(見圖 3)

- 一、微毒性農藥：著長袖襯衫、長褲、鞋子、長手套及口罩。衣服要寬鬆，質料要結實，領口要緊密以保護頸部。鞋子及長手套必須防水，不要用綿手套因為會吸附藥液增加由皮膚進入的機會。
- 二、中等毒性農藥：在上述微毒性裝備外應在長袖衣褲外再穿上連身工作服，以及抗化學藥品的圍兜、帽子及長統鞋。
- 三、極劇毒及劇毒農藥：則應在上述中等毒裝備外再加護目鏡及防毒呼吸器。在背負式噴藥時藥桶與背部應以防水布隔開，以避免藥液流出直接滲入皮膚。



圖 2、防護面具：依序為口罩式，罐裝面罩式，罐氣式，附呼吸筒式防毒面具。

Fig. 2. Respiratory Protection: respirator, mask with filters, mask with pump, self contained breathing apparatus



圖 3、農民施藥依農藥毒性由左至右加強防護

Fig. 3. Depends on pesticides toxicity to enhance protection from left to right

雖然以上之結果在農民施藥上依不同之作物及所使用噴藥器械已有初步暴露量之結果，然而對於實際防護之質材(包括口罩及防護衣)之建議，微毒性農藥：衣物是長袖襯衫、長褲、鞋子、長手套及口罩。衣服要寬鬆，質料要結實，領口要緊密以保護頸部。鞋子及長手套必須是防水的，不要用綿手套因為會吸附藥液增加由皮膚進入的機會。中等毒性農藥：在上述微毒性裝備外應在長袖衣褲外再穿上連身工作服，以及抗化學藥品的圍兜、帽子及長統鞋。極劇毒及劇毒農藥：則

應在上述中等毒裝備外再加護目鏡及防毒呼吸器。在背負式噴藥時藥桶與背部應以防水布隔開，以避免藥液流出直接滲入皮膚。

結論

美國環境保護署農藥計畫在 2009 年 12 月 7 日又修訂非取食農藥之風險評估方法包括農田工作人員及家人⁽⁹⁾，目前在台灣對農藥操作人員尚未立法來保障農民噴藥後對於再進入工作人員，其暴露風險評估，都還需要進一步之探討，在這一研究領域中，更需要再投注更多之人力、心血，才能真正掌握安全使用農藥。

引用文獻

1. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。2009。農藥資訊服務網，農藥統計。
<http://pesticide.baphiq.gov.tw/statistic.aspx>.
2. 李國欽。1993。化學物質之毒性試驗原理。藥試所專題報導。第31期。第1-14頁。台中。
3. 李宏萍、翁愷慎、李國欽。1995。荔枝果農施藥液農藥暴露量評估。勞工安全衛生季刊 3：37-49。
4. Chester, G. 1993. Evaluation of agricultural worker exposure to, and absorption of, pesticides. *Ann. Occup. Hyg.* 37(5):509-523.
5. Copplestone, J. F. 1988. The development of the WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard. *Bull WHO* 66:545-551.
6. Curry, P. B., S. Iyengar, and P. Maloney. 1995. The tier approach to pesticide exposure assessment: Are we there? pp.123-127. In: P. B. Curry, S. Iyengar, P. A. Maloney, and M. Maloni [eds.], *Methods of pesticide exposure assessment*, Vol. 19. Plenum Press, New York, USA. 224 pp.
7. Durham, W.F. and H.T. Wolfe. 1962. Measurement of the exposure of workers to pesticides. *Bull. WHO* 26:75-91.
8. EPA. 1987. *Pesticide Assessment Guidelines, Subdivision U- Applicator Exposure Monitoring*. U.S. EPA Washington, D.C.
9. EPA. 2009. *Revised Risk Assessment Methods for Workers, Children of Workers in Agricultural Fields, and Pesticides with No Food Uses*. U.S. EPA Washington, D.C.
10. Fenske, R. A. and K. Teschke. 1995. Study design considerations for occupational pesticide exposure assessment, pp. 51-59. In: P. B. Curry, S. Iyengar, P. A. Maloney,

- and M. Maloni [eds.], *Methods of pesticide exposure assessment*, Vol. 19. Plenum Press, New York, USA. 224 pp.
11. Glass, C. R. and K. Machera. 2009. Evaluating the Risks of Occupational Pesticide Exposure. *Hellenic Plant Protection Journal* 2:1-9.
 12. HSE, Health and Safety Executive. 2009. *The Applicant Guide: Completing an Application Overview For Operator and Consumer Exposure*. U.K. HSE.
 13. Honey, C.R.C. 1986. NACA Overview on Assessment of mixer-loader-applicator exposure to pesticides. *Toxicol. Lett.* 33:175-182.
 14. Iwata Y., J. B. Knaak, M. E. Dusch, J. R. O'Neal and J. L. Pappas. 1983. Worker reentry research for carbosulfan applied to California citrus trees. *Agric. Food Chem.* 31(6):1131-1136.
 15. Krieger R.I. 1995. Pesticide exposure assessment. *Toxicol Lett* 82-83:65-72.
 16. Nielsen, A., P. Curry and T. Leighton. 1995. The pesticide handlers exposure database (PHED): Regulatory overview, pp. 89-93. In: P. B. Curry, S. Iyengar, P. A. Maloney, and M. Maloni eds. *Methods of pesticide exposure assessment*, Vol. 19. Plenum Press, New York, USA. 224 pp.
 17. Nigg HN, J. H. Stamper and R.M. Queen. 1984. The development and use of a universal model to predict tree crop harvester pesticide exposure. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 45:182-186.
 18. OECD, Organization for Economic Co-operation and Development , 1997. *Guidance Document for the Conduct of Studies of Occupational Exposure to Pesticides During Agricultural Application*. OCDE/GD(97)148.
 19. Swedish Chemicals Agency. 2007. *Guidance Document on the Assessment of Operator Exposure to Plant Protection Products under Swedish Conditions*.
 20. WHO, World Health Organization. 1975. *Survey of Exposure to Organophosphorus Pesticides in Agriculture. Standard Protocol,* VBC/75.9. WHO, Geneva.
 21. WHO, World Health Organization, 1982. *Field Surveys of Exposure to Pesticides. Standard Protocol*. VBC/82.1, WHO, Geneva.
 22. Zweig, G., J. T. Leffingwell and W. Popenorf. 1985. The relationship between dermal pesticide exposure by fruit harvesters and dislodgeable foliar residues. *J. Environ. Sci. Health B.* 20:27-59.