

除草劑二、四一地及巴拉刈 引起作物藥害之診斷

蔣永正

農委會農業藥物毒物試驗所

摘 要

本研究利用 Sigma Scan Pro 5.0 影像分析軟體，探討 8001vs、8004vs、8006vs、8008vs、及 11001vs、11006vs 等不同類型噴頭，噴施霧粒在不同距離之粒徑分布趨勢，及比較粒徑大小引起藥害之徵狀差異。粒徑細小之霧粒趨向分布於較遠距離，小於 100 μm 之霧粒在距噴頭 500 公分處之粒數相對量最多(31%)，較大粒徑之霧粒(大於 400 μm)主要集中在 100 公分處(50%)。比較噴頭在不同距離之平均粒徑，噴幅相近之系列噴頭，出水量愈大者粒徑亦愈大。型號 8001vs 噴頭由 100 至 500 公分處之平均粒徑，依序為 354, 206, 98, 34 及 21 μm ；8008vs 則為 645, 440, 255, 93 及 28 μm 。噴頭 11001vs 與 11006vs 亦有類似趨勢。比較測試噴頭之液滴飄散距離；8001vs 及 8004vs 大部分集中於 200~400 公分處，8006vs 之噴液，在 100 及 200 公分處之相對粒數分別為 33 及 34%，8008vs 在 100 公分處之液滴粒數高達 52%。編號 11001vs 之噴頭集中於 300 及 400 公分處，100 公分處最少僅 5%，11006vs 液滴主要落於 100~300 公分處，400 及 500 公分處僅 5-8% 左右。比較測試噴頭粒徑之分布；8001vs 噴頭噴出之液滴中有 54% 為 100-200 μm 間之霧粒，粒徑大於 400 μm 之霧粒僅 3%。8004vs 則以 100-200 μm 間之霧粒數最多(46%)，8006vs 則以 200-400 μm 間之霧粒數最多(46%)，次為 100-200 μm 之粒徑占 31%。8008vs 噴液中，粒徑大於 400 μm 及介於 100-200 μm 之霧粒均為 25%。11001vs 以介於 100-200 μm 大小之霧粒數最多(63%)，小於 100 μm 者占 23%，大於 400 μm 之霧粒數僅 2%。11006vs 之液滴粒徑以 100-200 μm (42%) 及 200-400 μm (36%) 為主，其他小於 100 μm 及 200-400 μm 者各占 11%。低劑量之二、四一地及巴拉刈藥液，以 8001vs 噴頭噴施至不同種類之測試作物，記錄植株在不同距離接觸藥劑後，引起之藥害徵狀差異。巴拉刈引起葉片藥斑大小之變化程度與噴頭距離有關。距噴頭 100 公分處，含二、四一地之藥液

會導致葉面皺縮、平行葉脈等徵狀，遠至 300 公分以上時則引起莖葉捲曲等異常。

關鍵詞：二、四—地、巴拉刈、噴頭、微量噴施、藥害徵狀。

Phytotoxicity of 2, 4-D and Paraquat to Crops

Yeong-Jene Chiang

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

Abstract

A wind tunnel to simulate the drift phenomena of spraying was adopted in this study to evaluate different nozzle types on herbicide injury to crops. The results showed the characteristics of the droplets were related to the type of nozzle and injection working pressure of liquid. The increase of droplet size would diminish the drift phenomena. Sensitive crops injury resulting from drift of herbicide is an important concern as these crops often are grown in close proximity. One feature known to influences drift is the size distribution of the spray droplets. Small droplets that have a low terminal velocity comparable with the wind speed above crops are prone to drift. Due to the small droplets in the atomized spray from air-assist sprayer, drift can be a consequence. Droplet size also can affect herbicide spray performance. Injury of herbicides to non-target crops was mainly caused by spray drift. Often, herbicides have the potential for reducing growth of susceptible non-target crops with a very low level. Droplet size also can affect herbicide spray performance. Injury of paraquat and 2, 4-D had the potential for reducing growth of susceptible crops with a very low level.

Key words: 2, 4-D, paraquat, spray nozzle, symptom of herbicide injury.

前 言

農藥噴施原則為使用最少藥量達到藥液均勻密佈之目的，因此藥液粒子

往往會小到某種程度，導致噴施時發生飄散(drifting)的情形，不僅造成目標區內害物的防治效果降低，及鄰近非目標區內敏感作物的藥害，甚至有污染環境之風險^(3, 4, 10)。藥滴從噴嘴噴出後，以兩種方式沉降在物體表面，一是靠重力降沉，另一是經由噴嘴緊壓後的慣性噴出，隨著氣流向任意方向的表面沉降。當有障礙物如圍籬等存在時，較大的藥滴會撞擊在障礙物上而往下掉落，較小者則會隨氣流繞過障礙物繼續往前飛行，一般這種所謂的由空氣帶動的飄散(air-borne drift)，其距離不會超過 15 公尺，在順風狀況下總飄散量的一半以上，都是掉落在前 8 公尺內，飄散量隨距離愈遠亦愈低；但小的藥液粒子因為表面積與體積的比例較大，所攜帶的水分子易於蒸發，則原有的藥滴會再分散成更小的粒子，因而在掉落前可以再飛行好幾千公尺^(4, 12)。類似植物莖，茸毛及昆蟲腳等狹形錐狀的構造，則易於捕捉很小的藥液粒子。飄散也會在噴施後一段時間才發生，即所謂的揮發飄散(vapour drift)，和農藥本身的揮發性有關，在特定的氣候狀況下會呈氣態形式，從目標區持續向四周移動。飄散的距離及造成藥害的程度受到許多因子的影響，主要可分為四大類：噴施狀況、農藥性質、氣候變化、及噴施區特性。噴施狀況包括藥滴大小、噴嘴型式、噴桿高度與噴施壓力等變化；農藥性質為劑型及藥劑對植物的毒性程度；氣候變化則涵蓋風速與風向、溫度及相對濕度；至於噴施區特性是指噴施區位置，及噴施區作物的高度及密度^(1, 7, 12)。本研究針對系統性除草劑二、四一地，及接觸性除草劑巴拉刈，使用不同類型噴頭噴施植株後，比較由噴頭粒徑大小引起之藥害徵狀差異，提供藥害診斷之參考及依據。

材料與方法

噴頭性能測試

試驗配置、霧粒收集及粒徑量測方式，參考蘇⁽⁵⁾及樂等⁽⁶⁾噴灌系統效率評估模式之研究。於隧道型遮蔽空間內，將 8001vs、8004vs、8006vs、8008vs 及 11001vs、11006vs 等不同類型之噴頭，分別架設於離地 80 公分之平台上，以壓力 30 psi 之高壓碳瓶噴霧器，持續將含色料之水溶液平行噴灑 5 秒鐘，噴頭附近之平均風速為 2.6 ± 0.41 mps (meter per second)。於距離噴頭 100, 200, 300, 400 及 500 公分之離地 30 公分處，置放 A₄ 大小之濾紙，以收集噴頭於不同距離飄散之液滴，並進行液滴粒徑之影像分析，比較不同類型噴頭噴灑之霧粒特性。

飄散藥害測試

測試植材：於霧峰農業藥物毒物試驗所溫室內進行之盆栽試驗，採用胡瓜(清綠雜交一代)、西瓜(農友抗病610)、絲瓜(東光)、茄子(屏東長茄)、蕃茄(農友301)及莧菜為測試材料。將種子直接播種於直徑15公分，高度12公分之栽植盆中(裝土約1.5公斤)，於測試作物生長至 2~3 葉時(播種後約14日)，每盆間苗成一株，並於植株生長至 5~6 葉完全展開時進行藥劑噴施試驗。

測試藥劑：使用之除草劑分別為氰胺公司生產之 80% 二、四一地可溶性粉劑，及嘉泰公司生產之 24% 巴拉刈液劑。二、四一地及巴拉刈之測試劑量均為登記量之百分之一，依序分別為 24 g/ha 及 9.6 g/ha。

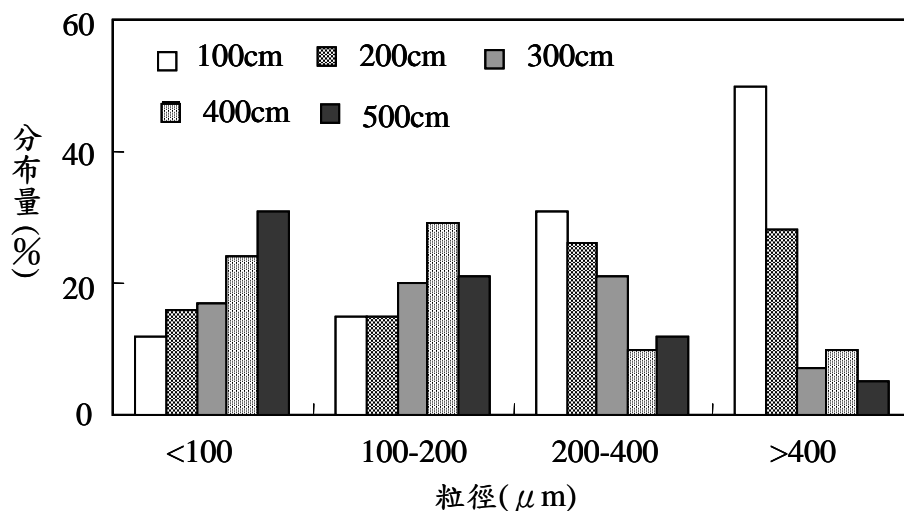
除草劑模擬噴施及藥害徵狀記錄：於隧道型遮蔽空間內，將編號 8001vs 之噴頭架設於離地 80 公分之平台上，以壓力 30 psi 之高壓碳瓶噴霧器，將 24 g/ha 劑量之二、四一地及 9.6 g/ha 劑量之巴拉刈藥液，分別均勻噴施於測試植株上(植株高約 30 公分)，持續噴灑 5 秒鐘。測試植株之盆栽置放於以噴頭為起點之 100, 200, 300, 400 及 500 公分處。噴後進行不同距離葉片之藥斑分布調查，比較系統性及接觸性除草劑，微量及大量接觸植株，引起作物藥害之徵狀差異。

結果與討論

噴施霧粒粒徑分析

六種測試噴頭 8001vs、8004vs、8006vs、8008vs、11001vs 及 11006vs，在 2.1 kg cm^{-2} 之噴施壓力下之出水量，依序分別為 264, 1020, 1440, 1740, 300 及 1452 毫升。將不同出水量之測試噴頭，在壓力 30 psi 及風速 $2.6 \pm 0.41 \text{ mps}$ 下，架設於離地約 80 公分處，連續噴射含色料之水溶液約 5 秒鐘，並於距離噴頭 100, 200, 300, 400, 及 500 公分處，以濾紙收集由噴頭飄落之霧粒，再以數位相機及影像擷取卡，拍攝及擷取濾紙上分布之霧粒圖像後，利用 Sigma Scan Pro 5.0 影像分析軟體，分析霧粒在距離噴頭 100~500 公分範圍內粒數相對分布量之趨勢。圖一顯示小於 $100\mu\text{m}$ 之霧粒，在距離噴頭 100~300 公分處之粒數相對分布量為 12-17%，400 及 500 公分處分別為 24 及 31%。粒徑大小在 100-200 μm 間之霧粒，分布在距離 300~500 公分處之相對量(20-29%)亦較 100 及 200 公分處(15%)為多；200-400 μm 粒徑之霧粒分布，則以 100 公分處最多(31%)，其次為 200 及 300 公分處(依序為 26% 及 21%)，400 及 500 公分處分別為 10 及 12%；大於 400 μm 粒徑之霧粒則主要分布在 100 公分處(50%)，其次為 200 公分處(28%)，300~500 公分處之粒

數(5-10%)較少(圖一)。霧粒粒徑的分布變化，與噴頭之距離有關，一般離噴頭愈遠，霧粒愈趨細小，但距噴頭等遠處分布之粒徑大小亦頗分歧⁽²⁾。



圖一、不同距離飄散之霧粒粒徑分布。

Fig. 1. The spray particle size of different drifting distance at 30 psi with water.

噴頭粒徑及噴霧距離測試

將 8001vs、8004vs、8006vs、8008vs、及 11001vs、11006vs 等不同類型之噴頭，架設於離地約 80 公分之固定架上，使用之噴施壓力為 30 psi，連續噴射含色料之水溶液約 5 秒鐘，噴頭附近測得之風速為 2.6 ± 0.41 mps，噴後以濾紙收集距噴頭 100, 200, 300, 400 及 500 公分處飄落之霧粒，並以數位相機及影像擷取卡，拍攝及擷取濾紙上分布之霧粒影像，利用 Sigma Scan Pro 5.0 影像分析軟體，比較霧粒粒徑大小及粒數相對分布量之差異。收集之霧粒粒徑經影像分析後之讀值，最小之觀測值為 $19\mu\text{m}$ ；最大值為 $675\mu\text{m}$ 。

型號 8001vs 噴頭於不同距離測定之平均粒徑，由近而遠依序為 354, 206, 98, 34 及 $21\mu\text{m}$ ；8008vs 則為 645, 440, 255, 93 及 $28\mu\text{m}$ (表一)。噴頭 11001vs 之平均粒徑，由近而遠依序為 292, 197, 86, 31 及 $20\mu\text{m}$ ；11006vs 則為 405, 334, 152, 56 及 $23\mu\text{m}$ (表一)。噴頭粒徑隨飄散距離的加長，均有變小之趨勢。比較噴幅相近之不同噴頭，出水量愈大者則粒徑亦愈大。液滴大小除與出水量有關外，尚受噴幅角度寬廣之影響，出水量較大之噴頭，分布之霧粒粒徑有較大之趨勢，但噴射距離較近；噴幅角度較寬之噴頭，噴施之霧粒則較角度窄者為細，因此田間實際使用時，角度寬之噴頭應較貼近目標物，才不致引起飄散藥害之發生^(7,8)。

表一、不同噴頭飄散之霧粒平均粒徑¹⁾

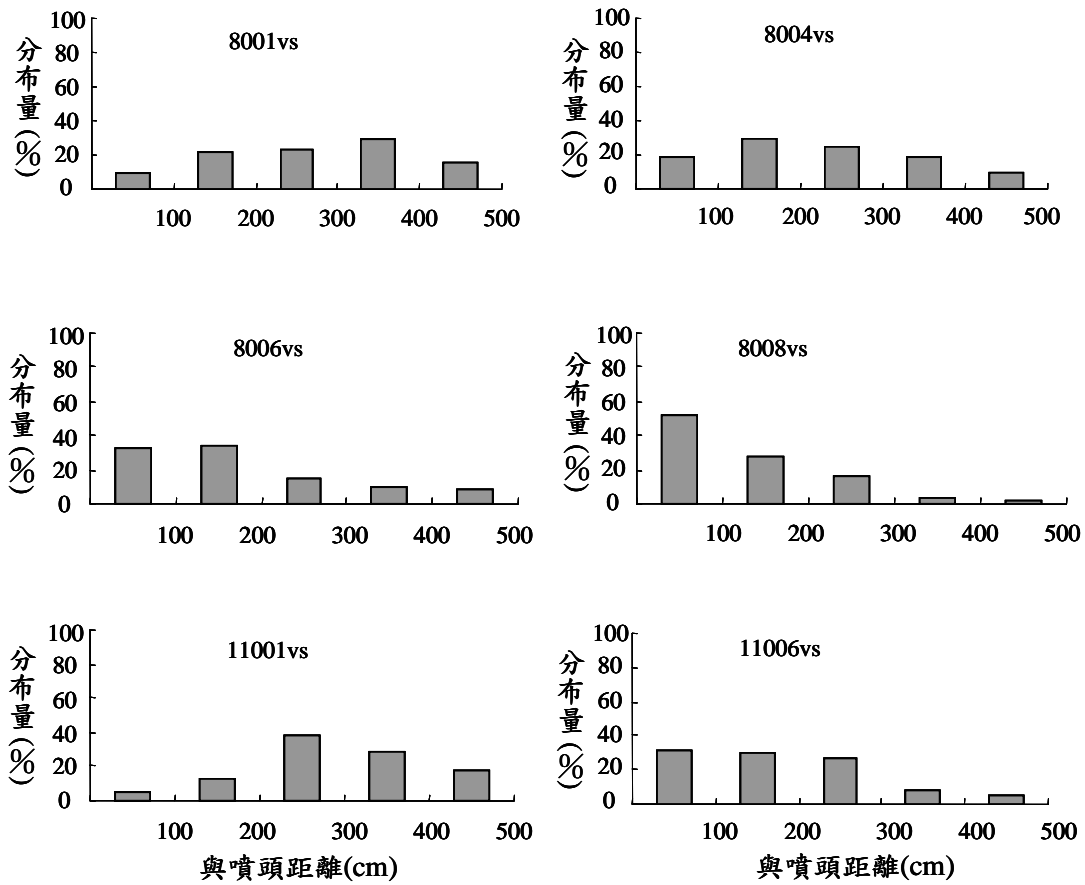
Table 1. The spray particle size of different nozzle tips at 30 psi with water

噴頭型號	與噴頭距離(cm)				
	100	200	300	400	500
	----- μm -----				
8001vs	354	206	98	34	21
8004vs	395	293	150	51	20
8006vs	452	356	161	83	26
8008vs	645	440	255	93	28
11001vs	292	197	86	31	20
11006vs	405	334	152	56	23

¹⁾噴施壓力 30psi，噴桿高度 80 公分。

比較六種測試噴頭於不同距離之液滴粒數相對分布量變化差異。型號 8001vs 及 8004vs 之噴頭，在 500 公分飄散距離內之相對粒數差異不大，大部分集中於 200~400 公分處，8006vs 之噴液粒數則主要集中在 100 及 200 公分處(33-34%)；8008vs 亦有類似趨勢，於 100 公分處之相對粒數達 52%(圖二)。型號 11001vs 與 11006vs 噴頭之液滴粒數，則有明顯不同之相對分布類型，前者集中於 300 及 400 公分處，於 100 公分處收集之粒數量為最少僅 5%，11006vs 噴出之液滴則主要落於 100~300 公分處，400 及 500 公分處之相對粒數亦僅 5-8% 左右(圖二)。噴嘴型式、噴桿高度與噴施壓力為影響飄散之重要的因子，扇型寬幅之噴嘴噴出之霧粒較細，出水量較大的噴嘴則藥液粒子較大減少飄散風險，只是用水量提高會增加噴藥的負擔^(8,9)。

比較測試噴頭不同粒徑之粒數相對分布量變化；於 8001vs 噴頭噴出之液滴中，100-200 μm 間之霧粒數高達 54%，其次分別為小於 100 μm 及 200-400 μm 大小之液滴，粒徑大於 400 μm 之霧粒僅 3%(圖三)。噴頭 8004vs 則以 100-200 μm 間之霧粒數最多(46%)，次為粒徑 200-400 μm 之霧粒(35%)，噴頭 8006vs 之噴液中，則以 200-400 μm 間之粒數最多(46%)，粒徑 100-200 μm 者為 31%，型號 8008vs 與 8006vs 之噴頭有相類似之粒徑分布類型，但粒徑大於 400 μm 之霧粒與 100-200 μm 者相當，相對粒數約為 25%(圖三)。型號 11001vs 與 11006vs 噴頭液滴之粒徑相對粒數量有明顯差異，前者以 100-200 μm 大小之霧粒數最多(63%)，小於 100 μm 者占 23%，粒徑大於 400 μm 之霧粒數僅 2%(圖三)。噴頭 11006vs 噴出之液滴粒徑則大部分為 100-200 μm

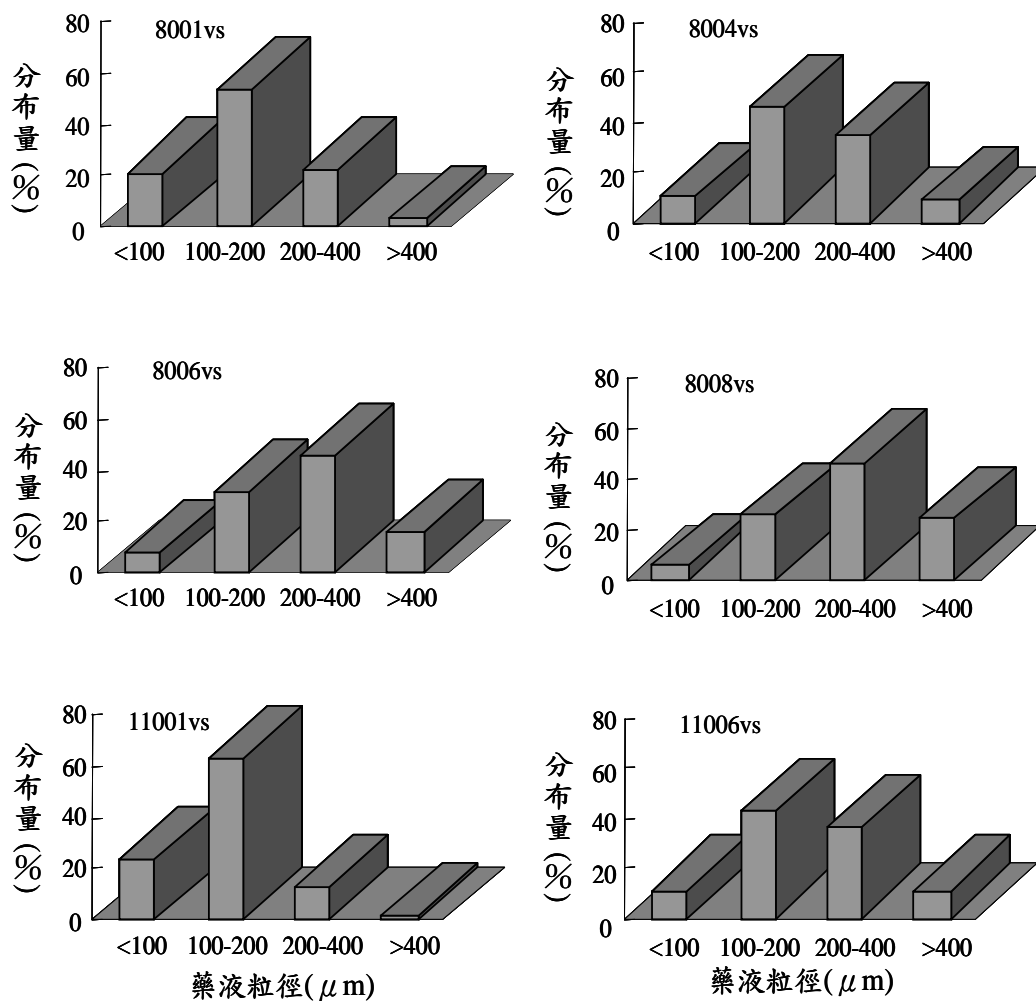


圖二、不同噴頭霧粒之飄散距離。

Fig. 2. Drifting distance of the spray particles of different nozzle tips at 30 psi with water.

(42%)及 200-400 μm (36%)大小之霧粒，其他小於 100 μm 及 200-400 μm 者各占 11%(圖三)。藥滴大小為影響飄散最重要的因子，對農業上常用的液壓噴霧器而言，噴施時所有產生的液滴大小範圍分佈很廣，從小於 10 μm 到大於 1000 μm 的粒子都有；一般以VMD(volume median diameter)數值來描述噴施後產生的所有藥液大小分佈的型式，VMD為中間值；即其中有一半的藥液體積會比VMD小，其餘則比VMD大^(2, 10)。小霧粒藥液所具有的能量較低，因為噴桿離地面愈遠，上方的風速愈大則愈易造成飄散，但噴桿太低又易引起重覆曝藥的危險。利用液壓式噴霧器提供的壓力會將水柱分散成水滴，壓力愈大液滴愈小，也愈有飄散的可能，但壓力不夠則會影響藥液分佈不均勻。通常小於 150 μm 的液滴，較

具長距離飄散的潛力；對於超過 200 μm 者，噴施時需在鄰近敏感作物區附近，預留一安全緩衝區，即可減少飄散引起之藥害程度，但實際的飄散情形，尚受到噴施時風速的影響。一般推薦的藥滴大小為；殺菌劑 150-200 μm ，殺蟲劑 200-300 μm ，除草劑 250-400 μm ，實際噴施時選擇適當噴嘴的依據，則由減少飄散所需使用的大型粒子，和達到均勻覆蓋所要使用的小型粒子間的平衡點來決定^(7, 12)。



圖三、不同噴頭之粒徑分布。

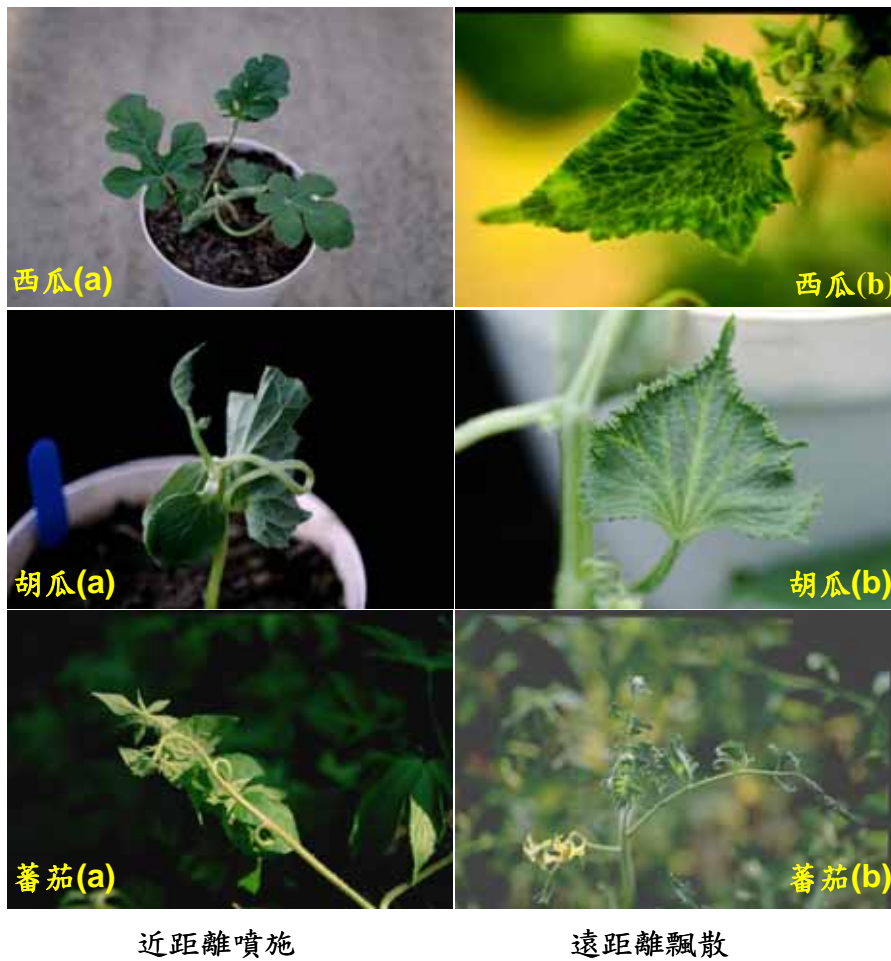
Fig. 3. The spray particle size distribution of different nozzle tips at 30 psi with water.

除草劑模擬噴施及藥害徵狀記錄

依據前述建構之藥劑噴施方式，選擇 8001vs噴嘴，將二、四一地及巴拉刈藥液，模擬噴施至不同種類之測試作物，記錄植株在不同距離接觸藥劑引起之藥害徵狀差異。二、四一地為生長調節素型除草劑，葉片吸收後，徵狀出現極為快速，低劑量下葉面皺縮且產生多條平行的葉脈，有如鳥羽狀，莖節處會脆裂變形，因為會累積在分生組織內，花果嫩芽也會變形；高劑量下則會引起上偏的捲曲，植株莖葉捲曲、產生不定根為主要徵狀，但影響程度與植物種類、生育期、曝藥量及曝藥時間有關。本研究中超過 400 公分處(平均粒徑 34 μm)之植株，大都呈現低量接觸之葉片皺縮(圖四(a))，較近距離之植株仍以捲曲為主(圖四(b))。粒徑大小與霧粒飄散程度有關，影響作物葉片接觸及吸收之藥量，導致系統性除草劑引起之藥害徵狀有明顯差異^(11, 15)。放置於距噴頭 100~200 公分處(平均粒徑 200 μm 以上)之植株，接觸巴拉刈藥液後，葉片出現塊壯之白褐化乾枯現象，超過 400 及 500 公分處之植株則呈細小分散之褐斑(圖五(a)及(b))。因為巴拉刈為接觸型藥劑，作用快速且在植體內轉移受限，在幼嫩植株仍會引起顯著之生長停止現象，大小不同程度之藥斑及組織脫水褐化等典型藥害徵狀，測試植株上藥斑發生程度之變化，則隨出水量及噴射距離有明顯不同(圖四)。飄散引起作物藥害的關鍵，在於藥劑對敏感作物的毒性程度，一般由於飄散降落在非目標區的藥液粒子，大到 150-200 μm 者，大都在噴施區附近，對敏感作物而言，應注意噴施時的氣候與安全距離；小到 150 μm 以下者，因為液滴不斷的蒸發分散成更小的粒子，持續飛行一段距離後，掉落在大面積之非目標區，藥量已減低至極微量，因此作物的敏感性實為藥害是否發生的決定因子。風速為飄散發生的決定性因子，尤其對小於 150 μm 的藥液粒子影響最大，飄散的總體積百分比，會隨風速增加成直線或平方關係的提高。風向則主要是對位於順風下方之敏感作物影響大^(7, 13, 14)。

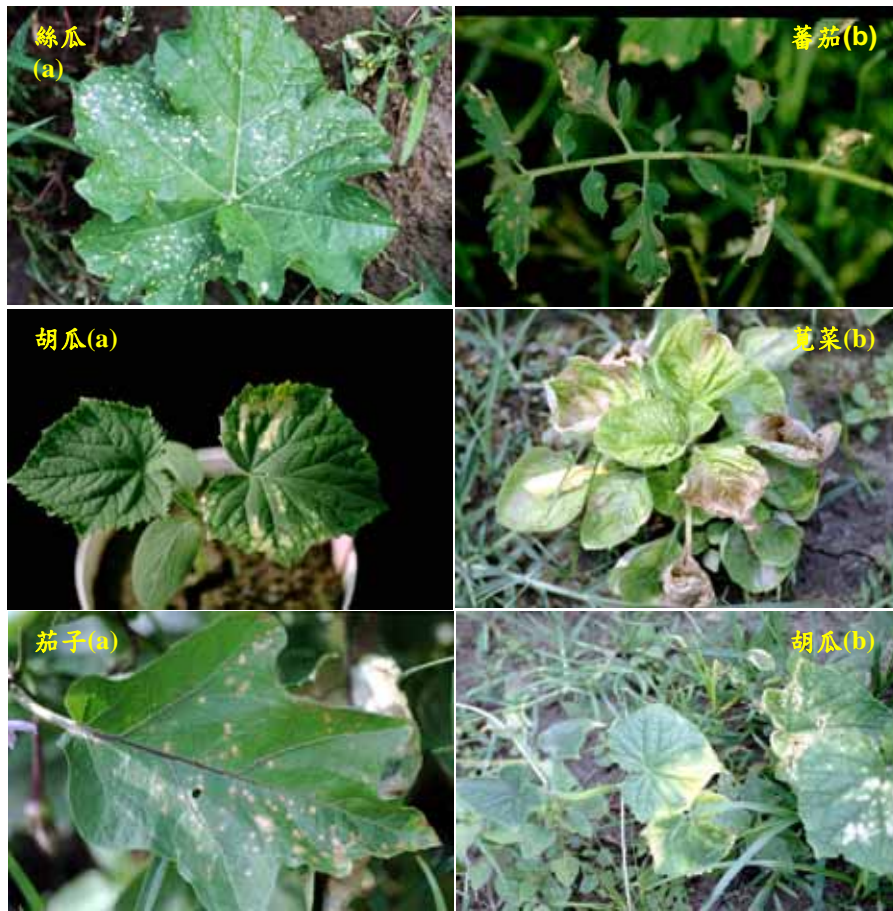
臺灣地區耕地狹小，大部分農戶耕作之單位面積零星，同時因為土地利用率高，作物相複雜，導致農藥的施用十分頻繁。因此非目標區作物藥害的發生，成為藥害案件中的普遍現象，由於多為不易預知的偶發性意外，往往造成損害的面積也非常可觀。噴施農藥在減少藥液飄散問題時，應注意噴嘴、

噴桿高度、噴施壓力的適當選擇，噴施時藥劑揮發性及氣候適宜性的判斷，並針對非目標區敏感作物保持噴藥安全緩衝區，如此才能達到有效防治及避免藥害發生的目的。實際上除了藥害問題，殺蟲劑與殺菌劑因為噴施時，對於較小藥液粒子的需求，及不若除草劑般嚴格限制其飄散程度，往往對於目標區附近的其他生物，甚至人畜等安全性形成了危機，因此不論施用任何種類農藥，均應對飄散現象加以防範，以免更加重整個生態環境的負擔。



圖四、植株接觸不同劑量之二、四一地引起藥害徵狀之差異。

Fig. 4. Symptoms caused by 2, 4-D injury with different dosage.



近距離噴施

遠距離飄散

圖五、植株接觸不同劑量之巴拉刈引起之藥害徵狀差異。

Fig. 5. Symptoms caused by paraquat injury with different dosage.

參考文獻

1. 林詩淦。1996。定置式農藥噴施系統效率評估研究。臺灣大學農業工程學研究所碩士論文。54 頁。
2. 陳貽倫、祝敏雄。1966。微粒噴霧器霧粒大小之觀測及統計方法。農業工程學報 12(2): 45-47.
3. 陳增壽、林詩淦、蘇明道。1997。操作壓力對定置式農藥噴灑系統效率影響之研究。農業工程學報 43(1): 26-35.

4. 蔣永正、蔣慕琰。2002。農藥藥害的發生與診斷。行政院農委會農業藥物毒物試驗所印行。臺中。45-50 頁。
5. 蘇明道。1994。多目標噴灑灌溉系統效率評估模式之研討。農業工程學報 40(4): 46-58.
6. 樂家敏、陳茂雄。1994。靜電噴藥系統在農業設施內之應用研究。農業機械學刊 3(4): 37-46.
7. Dexter, A. G. 1993. Herbicide spray drift.
<http://www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/weeds/a657w.htm>.
8. Etheridge, R. E., W. E. Hart, R. M. Hayes, and T. C. Mueller. 2001. Effect of venturi-type nozzles and application volume on postemergence herbicide efficacy. *Weed Technol.* 15:75-80.
9. Etheridge, R. E., A. R. Womac, and T. C. Mueller. 1999. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. *Weed Technol.* 13:765-770.
10. Knoche, M. 1994. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. *Crop Protection* 13:163-178.
11. Liu, S. H., R. A. Campbell, J. A. Studens, and R. G. Wagner. 1996. Absorption and translocation of glyphosate in Aspen(*Populus tremuloides* Michx.) as influenced by droplet size, droplet number, and herbicide concentration. *Weed Sci.* 44:482-488.
12. Ohio State University Extension. 1998. Effect of major variables on drift distances of spray droplets. Ohio State University Extension Fact Sheet. AEX-525-98.
13. Prasad, R. and B. L. Cadogan. 1992. Influence of droplet size and density on phytotoxicity of three herbicides. *Weed Technol.* 6:415-423.
14. Whisenant, S. G., Bouse, L. F., Crane, R. A., and Bovey, R. W. 1993. Droplet size and spray volume effects on honey mesquite mortality with clopyralid. *J. Range Manage.* 46(3): 257-261.
15. Wolf, T. M., B. C. Caldwell, G. I. McIntyre, and A. I. Hsiao. 1992. Effect of droplet size and herbicide concentration on absorption and translocation of 14C-2, 4-D in oriental mustard(*Sisymbrium orientale*). *Weed Sci.* 40:568-575.