

操作壓力對定置式農藥噴灑系統效率影響之研究

Study of Pressure Variation Effect on Sprinkler Pesticide Application Systems Performance

國立台灣大學農業工程學系講師 國立台灣大學農業工程學研究所碩士 國立台灣大學農業工程學系教授

陳 增 壽

Tzen-Show Chen

林 詩 淦

Shin-Kan Lin

蘇 明 道

Ming-Daw Su

摘 要

近年來由於勞力缺乏及農業技術提昇，農藥噴灑已逐漸由自動化噴藥系統代替以往之人工方式，但噴藥系統之設計與操作並無一定之規範及準則，一般農民為求達到防治效果，多半採用過當的操作，造成藥液的浪費及環境污染，為求改善此現象，有必要發展一套對噴藥系統試驗及評估之模式。以往之研究中雖曾提出以噴灑效率特性曲線來表示系統之特性，但僅提出時間對系統效率之影響，對於其他之相關因子，如操作壓力、噴頭配置、以及如何進行田間實際植株之試驗均未完成，本研究乃承繼以往之研究，以定置式高壓噴藥系統為對象，研討操作壓力對系統效率及性能之影響。本研究發現高壓噴頭之試驗及操作應以噴頭旋轉圈數代替以往以秒數為時間控制之依據。另外發現在霧化最低壓力及最高壓力（產生操作不正常狀況）範圍內，操作壓力之變化對系統特性之影響並不大，系統之操作應以控制時間變化及空間配置為主。

關鍵詞：農藥，農藥噴灑，噴灑灌溉，效率。

ABSTRACT

Manual pesticide applications are recently replaced by automatic pesticide application systems due to lack of labor in Taiwan. Sprinkler irrigation systems are modified, special sprinklers and higher pressure are used for automatic pesticide application. Because there are no design criteria for this kind of applications, most of the systems used on farm are found to be over-designed or over operated in order to guarantee the pest control effectiveness. Soil and groundwater may be polluted by the pesticide residual. The objective of this study is to build an evaluation algorithm for high pressure sprinkler pesticide application systems. Experiments for the sprinklers were done indoor under no wind condition to capture the spray patterns. Different operating pressures and operation duration were used. Water sensitive paper is used

simulating the plant leaves for pesticide adherent registration. These data of single sprinkler test are then used for simulation of the sprinkler pesticide application systems for performance evaluation. Because the slow rotation of pesticide application sprinklers, number of rotations are suggested to be used for operation duration control for more uniform field applications. It was also found that the performance will not be altered much by the increase of pressure when a threshold pressure are surpassed. The system performance are more affected by the operating duration and the arrangement of the sprinklers.

Keywords : Pesticide, Pesticide application, Sprinkler irrigation, Efficiency.

前 言

台灣地區農業使用相當頻繁，更由於農村生活水準提高及勞力之缺乏，使自動化噴藥系統之需求日益殷切，國內噴藥系統自動化之研討已進行數年並累積相當之經驗及成果，但大都屬於噴藥機械或無人噴藥車之研討，台灣地區有許多農民由以往噴灑灌溉之經驗，架設定置式高壓噴霧系統進行農業之噴施，不論是動力噴藥設施或噴霧噴藥系統，均缺乏有系統效率評估之指標及方法，目前系統設計及操作均依經驗而行，對系統之效率以及對環境所可能造成污染之評估均付闕如，未能於發展噴藥自動化之同時兼顧對環境污染之衝擊以及經濟效益之提昇，實有必要建立一套對噴藥系統試驗及評估之模式，供作設計及操作之參考。

利用噴灑灌溉系統進行肥料及農藥之施放的構想由來已久，但國內及國外大部分相關之研究均偏重於肥料或農藥混入裝置之研發，或是有關噴霧器本身噴霧特性以及噴霧時隨風散失量的減少等之研討，至今較少有關於利用高壓噴霧系統進行噴藥之均勻性或效率之評估研究，然而均勻性及效率之研討對於系統之設計及評估相當重要，而且由於噴藥和施水灌溉不盡相同，其中更涉及空間分佈特性之探討。以往雖已有研究進行微噴霧噴藥系統均勻性及效率評估方法之研討，建立在實驗室內利用水試紙對噴頭噴藥附著度及均勻度之檢驗方式，並利用空間內差模式推估噴霧系統之整體性能，初步建立評估噴藥系統之方法，但在研討中亦發現一般灌溉上使用之微噴頭

由於噴灑之性能不穩定並不適合做農藥噴施之用，同時亦發現噴灑時間及操作壓力對系統之效能及殘藥污染有重要之影響，文獻中雖對噴灑時間及噴灑效率之關係有所陳述，但對操作壓力及殘藥污染之研討，以及整體系統效率之評估仍須進一步研討。

噴灑時間及壓力直接影響藥液附著度之高低及其分佈之狀態，其中噴灑時間對附著度之影響已具初步之結果，本研究嘗試探求操作壓力變化之影響，瞭解壓力、附著度及空間分佈之關係，供作噴藥系統設計及評估使用。本研究承續相關文獻中有關時間變化與附著度關係之研究，以果樹噴藥為主要研究對象，從事實驗設計，假設果樹為圓柱狀，利用「區域化變數理論」之克利金推估方法對試驗資料進行內差及疊加，以求得果樹圓柱表面噴灑藥液之附著狀況，期以少數之試驗資料模擬推求整體之分佈狀況。

文獻探討

以往有關噴藥之研究多為噴藥機械及農藥藥效上之改良與試驗，而關於噴灑系統噴施農藥之研究則較為少見，由於農民對噴藥自動化及用藥安全之需求日益增加，此方面的研究才日漸受重視。蘇昭山(1963)完成微粒動力噴霧機性能試驗，陳貽倫(1965)對噴霧器進行噴霧量、打氣力量與橡皮管、開關、接頭之能量損失等三項試驗，並於1971年完成了動力微粒噴霧(粉)機、人力噴霧機及人力噴粉機等三類噴霧(粉)機之檢驗標準。隨著噴灑灌溉系統之發展，農藥與肥料直接被注入灌溉系統中施放做多目標之利用，以減少勞力降低成本，Hermann G. J., G. M. McMaster & D. W. Fitzsimmons

(1974) 提出描述化學物質在噴灌支管混合情形的研究報告。蔡明華(1974)分析比較吸入式、壓入式與注入法等三種肥料注入灌溉管路之方法，設計一簡易之自動液肥混入裝置，並提出適當之施肥方法以供灌溉系統多目標使用之參考。吳家昇亦於1976提出一簡易自動液肥混入裝置。黃騰鋒(1994)研究茶園穿孔管噴灌液肥混入裝置，由於施肥和噴灌之特性及需求相似，均是將水份與肥料均勻的送入土壤中，因此噴施水溶性液肥之問題較單純，該研究證實以管路灌溉系統兼施液肥，成效良好。

McMaster and Douglas (1976) 研究利用噴灌系統噴施農藥以控制馬鈴薯蟲害，認為以灌溉系統噴施農藥能有效防治馬鈴薯蟲害。W. W. & J. R. Young & E. A. Harrell(1979) 利用單噴嘴系統實驗，研究將殺蟲劑注入灌溉水中後對玉米蟲害的控制情況，實驗結果顯示能有效控制玉米蟲害，可知以噴灑系統噴施農藥為一可行之方法。林永順、劉清和(1988)以自走鼓風式噴藥車對柑桔園噴施農藥，結果發現能節省農藥、工資等費用，東勢、卓蘭、關山等地柑桔產區柑農使用結果與一般農民慣用之高壓式噴霧機施藥方式比較，每公頃每次施藥量可節省22.7%~50%，工作效率提高2.96~4.46倍。洪明治(1989)研究果園自動化管路噴藥系統，利用自動迴轉式高壓噴頭從事管路噴藥系統之設計，認為可以提高工作效率、節省噴藥工資、避免農藥中毒及噴藥工人雇工不易之困難、且不受天候影響。台中農改場(1992)針對簡易溫室開發成功一套低成本之自動噴藥裝置，利用一可移動之垂直架上裝置數組不同方向的噴嘴，噴藥時移動垂直架以完成噴藥工作，此裝置擁有與其他自動噴藥系統相同之優點。

陳孝瑜(1993)利用美國製雨鳥(Rain-Bird)SP-24型微噴霧嘴進行實驗，在一定的農藥附著度情況下，探討其適當的操作壓力、噴嘴之配置方式與間距，作為發展微噴霧噴藥系統之依據。李俊德(1994)及蘇明道(1994)利用微噴頭進行室內試驗，針對時間與位置兩項變因進行研討，亦即經由藥液附著度對時間及空間上之變化研究噴頭試驗與噴灑施藥系統設計及評估之方法。研究中將噴頭架設於室內實驗室中在無風狀態下進行噴灑試

驗，並使用對水份敏感的水試紙進行藥液之附著度採樣以進行噴灑特性之分析。附著度在時間上之變化，可由線性關係導出時間變化關係式；在空間上的變異則利用區域化變數理論進行空間內差，分析附著度在空間上之變化情形，進而利用附著度在目標區之均勻程度來評估系統優劣。研究中並提出噴藥系統之效率特性曲線做為噴頭檢定與噴藥系統設計之依據。

由於實際之需要，以噴灑系統噴施農藥之技術日漸為農民所接受，但目前關於噴藥噴頭性能、及其用於農藥噴施之設計與評估之規範相當缺乏，田間之噴藥系統設計均以經驗為之，有可能因設計不當或過度設計而造成經濟損失或污染環境。本研究擬以目前農民經常使用之高壓噴藥噴頭為對象，研討操作壓力對定置式高壓噴藥系統效率之影響，作為日後相關器材檢定及系統設計與評估之參考。

高壓噴頭噴灑性能

目前農民大都採用高壓噴灑噴頭來架設田區之管路噴藥系統，使用在茶及梨等較高價園藝作物之栽培上，由於國內市場很小，噴頭生產廠商無法提供噴頭性能資料，有些廠商甚至已經停產，目前收集台灣地區農民常用之高壓噴頭共有照晉、政和及漢宇三種廠牌共六種形式，於室內試驗場進行基本性能之檢定，結果列如表1內。由表中可看出不同廠牌之高壓噴頭特性大致相似，流量隨著操作壓力增加而增加，但噴灑直徑則縮小，且噴頭每旋轉一圈之時間亦會因壓力加大而縮短，故操作壓力為系統操作時一重要之影響因子。

噴灑試驗配置

目前農民使用之噴灑噴藥系統大多未能在系統架設前做好完善之設計，如果事後才發現效果不彰，往往因改善不易徒增困擾。但要設計合理之系統，必須先對噴頭之性能有完整之了解，因此有必要設計合理、有效且簡便之試驗程序，以便獲取噴頭性能資料。

果樹之外形極為複雜且常因樹種不同而有所差異，且樹葉多成隨機分佈互相重疊遮斷，由於

表 1. 高壓噴灑噴基本性能資料

測試壓力 (kg/cm ²)	流量 (lpm)	直徑 (m)	轉速 (sec)	測試壓力 (kg/cm ²)	流量 (lpm)	直徑 (m)	轉速 (sec)
3.0	3.26	11.0	40.0	3.0	10.0	18.0	16.6
4.0	4.07	11.0	27.5	4.0	13.0	18.0	14.2
5.0	4.42	11.0	23.5	5.0	14.0	18.0	12.7
6.0	4.68	11.0	23.5	6.0	16.0	16.0	11.5
7.0	5.31	10.0	20.5	7.0	17.0	16.0	10.8
8.0	5.75	10.0	13.7	8.0	18.0	16.0	10.1
9.0	6.11	9.0	13.3	9.0	19.0	16.0	9.4
10.0	6.62	8.0	12.5	10.0	20.7	14.0	8.6
11.0		8.0	11.5	11.0	21.4	14.0	8.1
12.0		8.0	10.8	12.0	22.2	14.0	7.9
13.0		8.0	10.2	13.0	23.1	12.0	7.6
14.0		7.0	9.8	14.0	24.0	12.0	7.2
				15.0	25.0	12.0	6.8
				16.0	26.0	12.0	6.7
				17.0	26.1	12.0	6.6
				18.0	26.7	12.0	6.5
3.0	4.05	16.0	113.0	19.0	27.9	12.0	6.5
4.0	4.69	16.0	102.0	20.0	29.2	12.0	6.5
5.0	4.96	16.0	67.0				
6.0	5.85	15.0	56.0				
7.0	5.88	14.0	47.0				
8.0	6.25	14.0	42.0				
9.0	6.59	14.0	37.0				
10.0	6.67	13.0	31.0				
11.0	6.82	13.0	28.0				
12.0	6.98	13.0	26.0				
13.0	7.23	13.0	24.0				
14.0	7.69	12.0	22.0				
15.0	8.70	12.0	20.5				

目前尚未有較合適之方式描述此種隨機之分佈情況，故假設果樹為圓柱狀，且只有圓柱表面受藥。影響農藥噴散之因子眾多，其中外在的因子主要為風速、溫度與濕度，其中又以風速影響最大且變化較大，因此試驗首先需在無風狀態下進行，瞭解噴頭性能後再進一步探討風對噴頭性能之影響。本研究延續採用李俊德(1994)所提出之試驗方法，假設噴頭之噴灑狀況對空間各方向呈均勻分佈且噴灑之附著度與時間成正比關係，做如圖1之試驗佈置，試驗地點為水利局崎頂灌溉試驗站，試驗方法敘述如下：

- (1)在三組垂直桿上每隔 20 公分安置一張水試紙。
- (2)將垂直桿分別置於間隔 60 度之三軸上。
- (3)噴嘴高度為 143.5cm，以噴頭為起點每隔 50 公分做一次試驗，直至噴灑範圍外，但因在距離較近時會因佈置擁擠不易操作，或會因噴頭滴下之水滴濺到試紙上造成誤差，且一般以高壓噴頭進行試驗時，近距離之附著度皆超過 100 % 甚多，因此本研究之試驗距離是從 150cm 開始。

附著度判讀

本研究在室內試驗場內以噴灑之水霧來模擬噴藥狀況，並以水試紙採集資料。水試紙為對水份相當敏感之試紙，未經使用之乾燥水試紙為黃色，在遇水後則變為藍色，將水試紙置於噴灑範圍內，則可測得該位置之藥液附著度。附著度係指藥液在樹葉表面之附著程度。本研究中附著度判讀標準之訂定是以一微噴霧噴嘴由數秒至數十秒做不同時間之噴灑，取粗顆粒與細顆粒二組資料，依附著程度分佈之範圍由最小至最大由 0 %、10 %、20 % 直到 100 %，訂出二張附著度百分比判讀圖。本研究目前採用人工方式將完成試驗之水試紙與附著度判讀表進行比對，比較其藍色部份佔總面積之多寡與判讀表對照可得其標示之百分比，其中判讀之百分比以 5 % 為最小單位，即可能讀出 5 %、10 %、15 % 等等之附著度。以人工判讀附著度可能產生誤差，本研究將一次試驗蒐集所得之試紙（共 55 張）由同一人在不同時間判讀，對兩次判讀之間之誤差進行研討，其判讀差

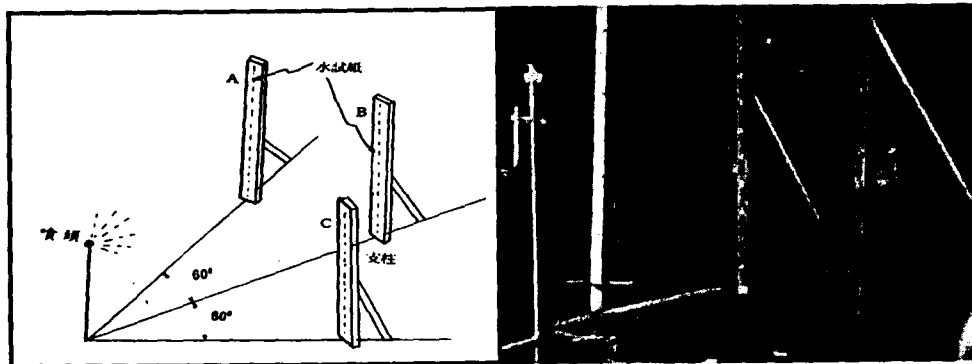


圖 1. 噴灑試驗佈置圖

資料來源：李俊德（1994）

異值如表 2，由表中可以看出誤差皆在 10 % 以內，且有超過百分之九十以上之差異在 5 % 以內，表示由同一人判讀有相當良好的一致性，若將差異之正負值分開比較，差異值為正或負之出現之機率分佈相若，並無明顯高估或低估之偏差現象。

表 2. 同一人於不同時間附著度判讀之差異值

5	0	0	5	0	0	0	0	5	0	5
5	5	5	5	0	0	0	5	0	0	0
5	5	10	5	0	0	0	0	0	0	0
10	10	0	0	0	5	0	5	10	5	0
0	5	5	5	0	5	0	5	5	5	5

(單位: %)

空間內差

區域化變數理論源自採礦工程中之礦量分析，主要應用於由少量的資料推估某物理量於區域內分佈之狀況。本研究將區域化變數理論應用於附著度分析時由少量之試驗資料推估整個噴灑範圍內之附著度分佈狀況。克利金推估法 (Krigging Estimation) 是以區域化變數理論為理論基礎之估算方法，利用理論變異圖求出已知點對推估點之權重值，進而求出預測值。其主要功能是對某個具有空間分佈特性之物理量 (如本研究中之藥液附著度)，利用少數資料進行空間內差，以推估某個特定區域內該物理量之分佈狀況。

李俊德 (1994) 曾對有關於空間內差之研討中，利用空間繪圖程式 SURFER 中之克利金推估模組 (Krigging routine) 進行空間內差得到相當良好之結果，本研究將繼續利用 SURFER 來處理有關實驗數據之空間內差。判讀附著度時因只判讀為五之倍數 (如 5 %，10 %，15 %……等)，因此利用 SURFER 推估之值應修正為相同形式，修正之方法是當推測值之個位以下部分小於 2.5 % 時修正為 0 %，大於 7.5 % 改為 10 %，介於二者之間則為 5 %。利用空間繪圖程式 SURFER 中之克利金推估模組 (Krigging routine) 來處理有關試驗數據之空間內差，首先以間隔 50cm 進行試驗資料採樣，收集 1.5m、2.0m、2.5m、3.0m 之試驗資料輸入 SURFER 做空間內差推估 17.5m、2.25m、2.75m 之附著度百分比，與實際資料比較，其間之誤差列如表 3。

由表 3 發現實測值與推估值之誤差約在 5 % 到 15 % 左右，絕大部份均在 10 % 以下。再以間隔 100cm 進行採樣，以 1.0m、2.0m、3.0m 試驗值推估 1.5m、2.5m 之值，誤差列如表 4，由表中發現誤差可達 25 %，以 100cm 間隔資料進行推估時會造成較大的誤差，故建議仍以 50cm 為間隔進行試驗採樣之基準。

表 3. 採樣間距 50cm 實測值與推估值之比較 (單位為 %)

距離 高度	1.75m	2.25m	2.75m	1.75m	2.25m	2.75m
	時間：噴頭旋轉一圈			時間：噴頭旋轉二圈		
20 cm	5	-10	-10	0	10	0
40 cm	0	0	-5	-5	15	10
60 cm	0	5	-5	-10	5	5
80 cm	0	-5	0	0	5	5
100 cm	-10	0	0	-10	5	-10
120 cm	-10	5	10	0	5	-15
140 cm	5	0	15	0	5	-10
160 cm	0	5	10	-5	5	0
180 cm	5	15	5	10	10	5
200 cm	0	5	5	-5	5	5
220 cm	0	5	0	0	0	0
240 cm	0	0	0	0	0	0
260 cm	0	0	0	0	0	0
280 cm	0	0	0	0	0	0
300 cm	0	0	0	0	0	0

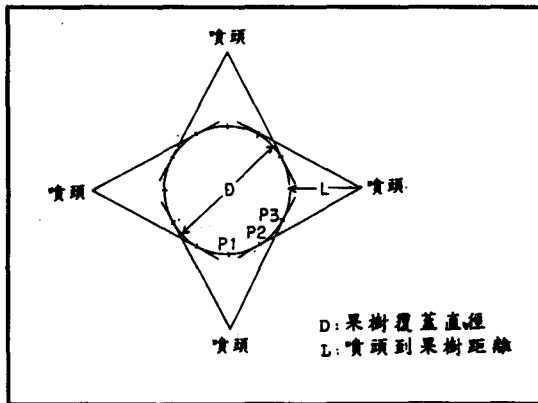
表 4. 採樣間距 100cm 實測值與推估值之比較 (單位為 %)

高度 (cm)	1.5m	2.5m	1.5m	2.5m
	時間：噴頭旋轉一圈		時間：噴頭旋轉九圈	
20	-10	15	10	-5
40	5	0	20	-10
60	0	-5	25	-20
80	5	-5	0	-15
100	0	-5	-5	-15
120	-15	-10	0	-20
140	-20	-15	-5	-25
160	-15	-15	-20	-20
180	20	-5	-10	0
200	20	0	5	5
220	5	0	5	0
240	0	0	0	0
260	0	0	0	0
280	0	0	0	0
300	0	0	0	0

系統特性曲線

噴藥時噴頭之配置與噴灑灌溉系統相似，但噴灑是將水份噴灑至空中後最終皆落至地面，而噴藥系統噴出之藥液則需附著於果樹上，故必須考慮枝葉的高度與覆蓋之直徑，假設 H 代表枝葉

噴藥區高度，D 為枝葉覆蓋直徑，L 為噴頭到果樹距離。將果樹周圍分為 12 等分（如圖二），可求出單一噴頭在所及範圍內各點之附著度，因噴頭各方向呈均勻之噴灑並配置成對稱，因此僅以空間內差求得 P1、P2 及 P3 三點資料代表，即可以套疊的方法求出系統之噴灑型態。



資料來源：李俊德（1994）

圖 2. 噴頭配置示意圖

在做系統噴灑附著度之套疊時，有時會產生附著度因相加而超過 100 % 的情形，但因判讀附著度時最大值為 100 %，超過 100 % 後可能還會有藥液再噴灑上去，但已無法附著而會滴落下來；因此做附著度疊加時如有超過 100 % 時則以 100 % 表示之。附著度超過 100 % 後，噴藥已經明顯過量，所以噴灑目標區附著度超過 100 % 的比例，亦可為噴藥系統評估之指標，表示噴灑過量易造成污染。噴灑目標區內藥液附著之均勻度亦為評估系統優劣之重要指標，李俊德（1994）定義一差異係數來表示系統均勻性，差異係數愈小時其均勻性愈佳，表示各點之附著度愈接近，差異係數等於零時，則各點附著度一致。

$$C_v = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - M|}{Mn} \dots\dots\dots (1)$$

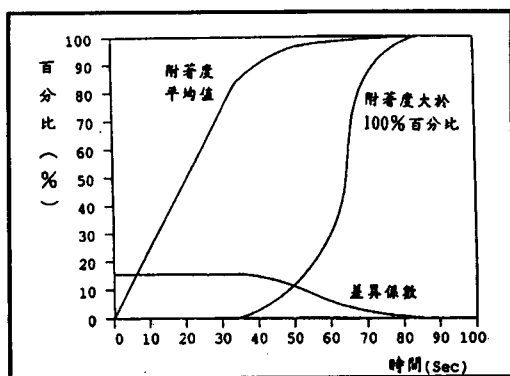
- 式中：C_v：差異係數
M：觀測平均值
X_i：附著度觀測值
n：觀測資料個數

若分別計算不同時間附著度之平均值、差異係數及超過 100 % 的比例，可以製作一噴藥效率特性曲線（如圖三所示），X 軸為時間，Y 軸分別代表差異係數、附著度大於 100 % 之比例、及附著度平均值之百分比。由圖中可看出若要求平均附著度需達 90 % 以上且不希望造成環境上的污染時，則可建議將操作時間控制在 40sec 到 50sec 之間，如此附著度大於 100 % 百分比能低於 10 % 且差異係數也僅在 10 % 左右，故藉由噴灑效率特性曲線即評估一噴藥系統之效率及作為系統操作時之依據。

噴灑壓力變化之影響

影響噴灑效率的因素，主要為時間、空間及壓力變化；噴灑時間及壓力直接影響空間附著度之高低及藥液分佈之狀況，一般果園農民噴藥時之操作壓力約在 15 kg/cm² 左右，為求出一較適當之操作壓力，必須先瞭解在此壓力上下範圍之噴灑狀況，因此首先將試驗壓力變化範圍訂在 13 kg/cm² 到 19 kg/cm² 之間。操作壓力變化試驗之摘要列於表 5，操作時間皆為三圈，分別以 13 kg/cm²、15 kg/cm²、17 kg/cm²、19 kg/cm² 四種壓力進行試驗，由噴灑附著度壓力變化試驗所得之特性曲線如圖 4 所示，圖中之附著度曲線頗為平緩，當壓力由 13 kg/cm² 增加到 19 kg/cm²，附著度增加的幅度極小（5 % 至 10 % 之間），差異係數和 N 值變化亦不大，表示在最低霧化壓力及最高壓力（產生操作不正常狀況）範圍內，系統噴灑之各種特性受操作壓力變化之影響並不大，而控制操作時間及配置對系統之特性乃具決定性的影響。由於壓力變化對噴灑特性之影響不大，在噴灑效果差不多的情況下，進行系統操作時便可選擇以較經濟的壓力來操作。由於大的操作壓力具較小的噴灑半徑及較大的流量，若以較大的壓力操作，則噴頭之間距必須縮小，就整系統而言就必須以較多的成本架設及操作較多數量的噴頭，且在噴藥量增加的同時，污染量亦隨之增加。另外，由於以高壓操作時噴頭會將藥液霧化成更細小的顆粒，容易增大其擴散範圍，對環境影響更大，故就經濟及環境保護的觀點來看，應盡量以

小的壓力來操作。為尋求適當之操作壓力，需找出讓附著度開始下降之臨界壓力，由於以試驗之最小壓力 13 kg/cm² 分析之附著度仍未有明顯下降的趨勢，故以低於 13 kg/cm² 之壓力繼續進行試驗以尋求一適當之操作壓力。



資料來源：李俊德 (1994)

圖 3. 噴藥效率特性曲線示意圖

表 5. 壓力變化之試驗摘要表

廠牌：照普 (噴頭旋轉三圈)		試驗時間 (sec)									
距離	1.5m	1.75m	2.0m	2.25m	2.5m	2.75m	3.0m	3.25m	3.5m	3.75m	4.0m
13kg/cm ²	30.13	32.20	31.95	32.74	34.66	33.24	33.84	31.52			
15kg/cm ²	28.07	28.28	28.01	28.48	33.11	28.95	32.69	29.57			
17kg/cm ²	26.26	26.60	28.02	27.50	25.44	27.15	28.82	26.65			
19kg/cm ²	24.59	25.75	24.91	25.73	24.59	25.65	26.85	25.13			
距離	3.5m	3.75m	4.0m	4.25m	4.5m	4.75m	5.0m	5.5m			
13kg/cm ²	32.19	32.82	30.04	29.65	29.69	29.32	28.61				
15kg/cm ²	29.70	28.21	28.05	27.25	26.99	27.09	27.13				
17kg/cm ²	27.21	27.56	25.86	25.45	25.41	25.08	25.26				
19kg/cm ²	26.48	25.76	23.89	24.12	24.34	24.56	24.15	24.37			

為尋求適當之操作壓力，於是再作一個壓力為 9 kg/cm²、10 kg/cm² 以及 12 kg/cm² (試驗摘要列於表 6) 的試驗，將此資料加進變壓力試驗之分析，得如圖 5。討論壓力低於 13 kg/cm² 之情況，由圖 5 中可看出附著度在 12 kg/cm² 以下已有開始下降的趨勢，且 N 值下降的幅度更大，較適當之操作壓力應在 12 kg/cm² 以下，且以 9 kg/cm² 或 10 kg/cm² 為最合適。而在圖 5 中右圖之配置情況下，附著度及 N 值在壓力 13 kg/cm² 以下有明顯下降且有附著度過低的現象，故此配置仍以 13 kg/cm² 為較理想的操作壓力。由此可以看出高壓噴頭有一臨界之操作壓力，高於此一臨界壓力以後，加大噴灑之壓力對整個系統之效率並不會提昇，反而會因壓力之加大而縮小噴灑半徑，使得風飄損失引起之污染性增加；加大壓力亦會提高流量，在系統效率未見提昇之情形下，可以推知殘液對環境之污染又更增加，因此對於每一個高壓噴藥噴頭應訂出其臨界操作壓力，供作設計及操作之參考，以免浪費能源並減少噴藥對環境之衝擊。

表 6. 壓力變化之試驗摘要表

噴頭旋轉三圈		試驗時間 (sec)					
距離	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	4.0m	
9kg/cm ²	37.57	36.72	37.09	37.38	36.53	36.13	
10kg/cm ²	35.78	35.59	35.13	36.06	36.09	35.94	
12kg/cm ²	32.26	31.58	33.02	32.20	32.53	32.63	

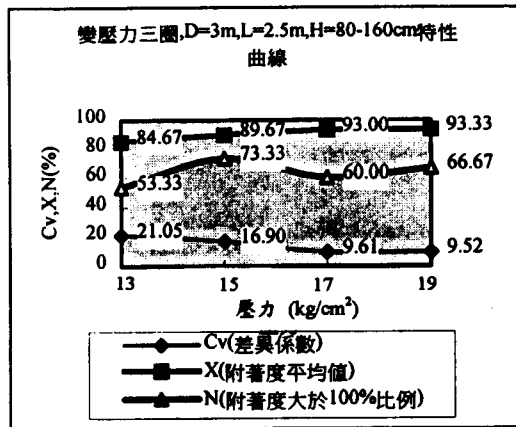
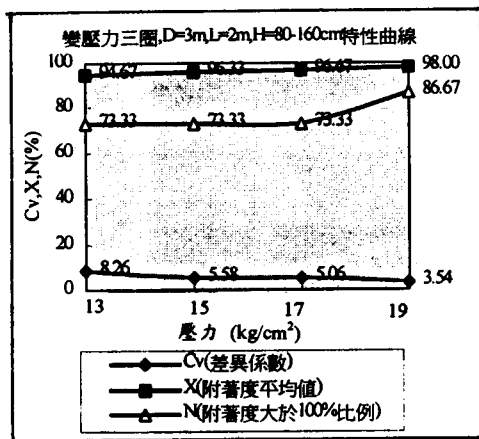


圖 4. 變壓力特性曲線 (13-19 kg/cm²)

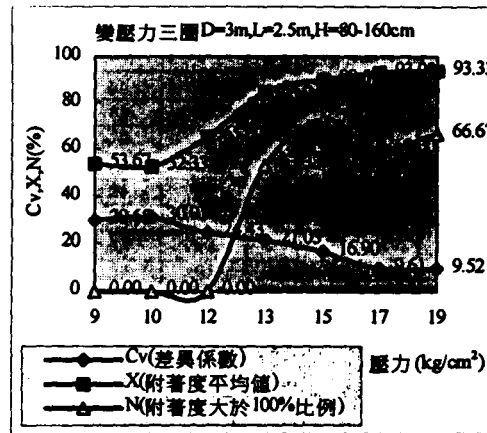
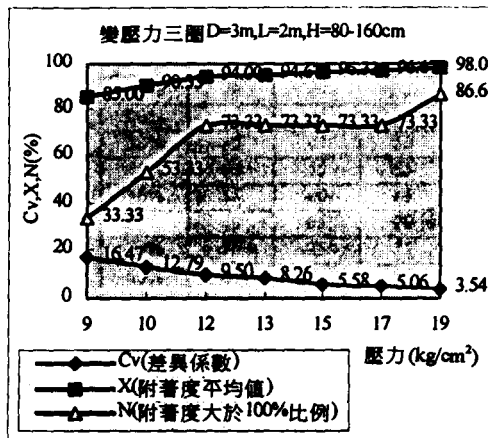


圖 5. 變壓力特性曲線(9-19kg/cm²)

結果與討論

本研究利用市面上一般農民使用之高壓噴藥噴頭進行噴灑特性之研討，為考慮以後大量作噴頭檢定試驗之可行性，試驗中只在噴灑範圍內做最少量之噴灑附著度資料採樣，並引入區域化變數理論做空間內差以補足所需之資料，經過分析結果，空間內差應用於高壓噴頭之噴灑附著度資料為一可行之方法。瞭解噴頭噴灑附著度於空間與時間、壓力之變化，可清楚描述整個噴灑型態，有助於噴藥系統之合理設計及供日後該系統操作管理時效率評估之參考。由本研究對高壓噴頭之試驗及分析中得到下列結果：

1. 區域化變數理論適用於描述高壓噴頭噴灑之型態，以間隔 50cm 進行試驗採樣即屬適當。以人工方式判讀水試紙之附著度可能產生誤差，建議由同一人在每次試驗完成之際立即對同一組試驗裡所有試紙進行附著度判讀，以免水試紙受潮影響結果。
2. 研究中探討系統之效率時將附著度疊加以模擬系統之噴灑特性乃承襲以往噴灑系統模擬之作法，但附著度與水量之累加不同，由判讀表上可以看出，其中之附著度只是相對之比較而非附著面積之百分比，將附著度值相加似不能完全表達藥液重疊之情況，但目前相關文獻亦找不到更合適之方式，而且由於藥液附著之隨機性，即使改用電腦之影像分

析來判讀噴灑附著度，亦無法改善疊加之問題，故建議後續之研究可就此做進一步之探討以尋求較佳之解決方法，如可將模擬之情況與實際田間試驗做比較，決定一校正係數，使試驗分析之結果更能符合實際之需要。

3. 為解決附著度疊加的問題，本研究亦嘗試利用電腦以亂數模擬試紙上之各種不同附著度，再將不同之附著度疊加，扣除重疊部份得到疊加後之附著度，分別進行一百次後可得各種疊加值如表 7 所示。由表 7 中可發現，附著度高者經過疊加後，其附著度增加並不大，表示有較多的重疊，表 7 所得之結果亦可供往後試驗分析時疊加之參考。

表 7. 亂數模擬 100 次之附著度疊加百分率表

	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
10%	20	30	33	43	53	60	70	80	90
20%	30	33	43	50	60	63	73	83	90
30%	33	43	50	53	63	70	73	83	93
40%	43	50	53	60	70	73	80	83	93
50%	53	60	63	70	73	75	80	90	93
60%	60	63	70	73	73	80	83	90	93
70%	70	73	73	80	80	83	90	93	93
80%	80	83	83	85	90	90	93	93	100
90%	90	90	93	93	93	93	93	100	100

4. 高壓噴頭由於轉速較一般之微噴霧噴頭慢，為顧及各方向之均勻性，試驗時間之控制宜以噴頭旋轉之圈數(如一圈、二圈)代替一般之固定時間(如 10 秒、20 秒)控制。
5. 如能使維持系統之噴灑特性達到合理之水準，應減少噴頭數以減少無效噴藥量，降低

對環境之衝擊。

6. 高壓噴頭有一臨界之操作壓力，高於此一臨界壓力以後，加大噴灑之壓力對整個系統之效率並不會提昇，反而會因壓力之加大而縮小噴灑半徑，使得風飄損失引起之污染性增加，加大壓力亦會提高流量，在系統效率未見提昇之情形下，可以知道殘液對環境之污染又更增加，因此，對於每一個高壓噴藥噴頭應指出其臨界壓力，供作設計及操作之參考，以免浪費能源並減少噴藥對環境之衝擊。
7. 對於每一個新的噴頭，建議以下面的方式進行測試：
 - ① 先就不同之壓力測試其流量、噴灑半徑及轉速。
 - ② 根據作物噴灑之需要，選擇垂直或水平試驗。
 - ③ 進行壓力變化試驗，再依據配置之需要分析求得一最適當之臨界操作壓力。
 - ④ 以該壓力再進行時間變化之試驗，可根據各種不同配置找出最佳之操作時間。
 - ⑤ 根據上述步驟便可獲得在不同配置情況下之最佳操作壓力及操作時間。

謝 誌

本研究承農業委員會 85 科技 -1.6- 糧 -02 計畫經費補助始得以順利完成，謹致謝忱。於研究進行期間，水利局崎頂沙坵地灌溉試驗站朱健一主任、鄭清坤先生、陳石結先生、陳孝瑜先生、劉必雄先生及苗栗水利會林朝慶先生，於試驗工作上諸多配合及協助並提供意見，在此一併表示謝意。

參考文獻

1. 中國農村復興聯合委員會，“管路灌溉方法及技術”，農復會特刊新十五號，1974。
2. 古德業，1985，“農藥使用、產銷管理與工作重點、方向”，農藥世界，第 23 期。
3. 行政院農業委員會，“微噴灌溉”，農委會水利特刊第三號，1994。
4. 李俊德，“噴灑系統噴施農藥效率評估之研

究”，臺灣大學農業工程學研究所碩士論文，74pp., 1994。

5. 吳家昇，“配合灌溉系統之簡易自動液肥混入裝置及其性能與操作方法之研究”，農業工程學報 22(3):74-82，1976。
6. 林永順、劉清和，“自走鼓風式噴藥車柑桔園施藥”，果農合作。490:44-48，1988。
7. 洪明治，“坡地果園管路噴藥兼用噴頭之研究”，臺東區農業改良場研究彙報 1，p.91-96，1987。
8. 洪明治，“果園自動化管路噴藥系統”，豐年，.39(1):20-20，1989。
9. 陳世凱，“區域化變數理論應用於斗六地區含水層流通係數變異性之研究”，臺灣大學農業工程學研所碩士論文，80pp.，1993。
10. 陳孝瑜，“微噴霧應用於噴施農藥之研究”，臺灣大學農業工程學研究所碩士論文，108 pp.，1993。
11. 許敏楓，“雨量空間變異及站網設計之研究”，臺灣大學農業工程學研究所碩士論文，141pp.，1993。
12. 陳貽倫，“農用噴霧器之三試驗”，農業工程學報 .11(2):30-32，1965。
13. 陳貽倫、祝敏雄，“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):45-47，1966。
14. 陳貽倫，“農用噴霧器檢定試驗報告”，農業工程學報 .17(2):7-13，1971。
15. 張瑞麟、李信玄，“礦量評估之地質統計分析研究”，礦冶，中國礦冶工程學會，.32(4):78-99，1988。
16. 黃騰鋒，“茶園穿孔管噴灌液肥混入裝置”，管路灌溉技術研討會資料輯，水利局規畫總隊，1994。
17. 傅琳，“霧灌技術及其應用”，農村實用工程技術(2):21-23，1963。
18. 鄭士仁，“降雨深度最佳估計方法之研究及其應用於區域雨量站網之規劃設計”，臺灣大學農業工程學研究所碩士論文，139pp. 1993。
19. 蔡明華，“配合噴灌系統噴施肥料之裝置及施肥方法研究”，農業工程學報 .20(4):51-64，

- 1974。
20. 龍國維，「簡易設施用低本自動噴藥裝置介紹」，農業世界 110:51-56，1992。
 21. 蘇昭山，「微粒動力噴霧機性能試驗」，農業工程學報 .9(2):21-23，1962。
 22. 蘇明道，1994，「多目標噴灑灌溉系統效率評估之研討」，中國農業工程學報 40(4):46-58。
 23. Bode, L. E., B. J. Butler, and C. E. Goering, "Spray drift and recovery as affected by spray thickener, nozzle type and nozzle pressure", ASAE Transaction, 19(3):213-218, 1976.
 24. Butler, B. J., N. B. Akesson, and W. E. Yates, "Use of spray adjuvants to reduce drift", ASAE Transaction 12 (2):185-186, 1969.
 25. Edward H. Isaaks, R. Mohan Srivastav, "Applied Geostatistics", New York Oxford University Press, 1989.
 26. Hare W. W. & J. R. Young & E. A. Harrell, "Injection of Insecticide in Irrigation Water to Control Corn Earworm and Fall Armyworm on Corn", ASAE Transaction. 22(5):1000-1003, 1979.
 27. Hedden, O. K. "Spray drop size distribution in pesticide sprayer", ASAE Transaction 4(2):158-159, 1961.
 28. Hermann G. J. & G. M. McMaster & D. W. Fitzsimmons, "Mixing in Sprinkler System", ASAE Transaction. 17(6):1020-1024, 1974.
 29. McMaster G. M. & D. R. Douglas, "Fungicide Application Through Sprinkler Irrigation Systems", ASAE, Transaction 19(6):1041-1044, 1976.
 30. Richard H. Cuenca, "Irrigation System Design-An Engineering Approach", Prentice Hall, Inc. 552pp., 1989.
 31. Wilkes, L. H., "Effect of nozzle types and spray application method on cotton insect control", ASAE Transaction 4(2):166-169, 1961.
 32. Yates, W. Z., N. B. Akesson, and R. E. Cowden, "Criteria for minimizing drift residuals on crop downwind from areal applications", ASAE Transaction 17 (4):627-632, 1974.

收稿日期：民國 85 年 10 月 12 日
 修正日期：民國 85 年 11 月 14 日
 接受日期：民國 85 年 11 月 22 日

專營土木、水利、建築等工程

銘峰營造工程有限公司

地 址：台南縣新營市府西路 171 號
 電 話：(06)6328571
