

霧耕栽培用噴霧機具之研製¹

吳浩銘²、張金元²、陳裕星²、田雲生²

摘 要

本研究設計並試製定置式及往復移動式等2種霧耕栽培用噴霧機具，以提供霧耕栽培藥用植物之參考。本研究設計之定置式噴霧機具採用高壓動力噴霧機，將水分或液肥由管路輸送經噴頭霧化，向上噴灑進行噴灌作業；而往復移動式噴霧機具則以自走臺車承載造霧機，將水分或液肥霧化向上噴灑於作物根部，以完成噴霧作業。試驗結果顯示，往復移動式節水性較佳，用水量僅約為定置式1/27左右，唯以定置式栽培的薏苡生長情況較為理想。經比較霧耕和土耕對薏苡根系生長與代謝物含量之變化，結果顯示薏苡根系中，霧耕根系的總代謝物含量較土耕為高。

關鍵字：霧耕栽培、噴霧機具、薏苡

前 言

藥用植物使用在日常生活及醫療上已具悠久歷史，並為臺灣具競爭力的產業之一。隨著醫藥的發展與進步，以及對環境生態及多樣性的注重，發展具有高附加價值及市場潛能的藥用植物已勢在必行，因此研發相關之栽培機具日益重要^(7,9,10,12)。由於許多藥用植物的根系含藥用特性成分尤多，經萃取、加工製成之產品，極具產業利用性，但現行栽培法以土耕居多，若能採用離地或立體化栽培管理，並結合設施及噴霧耕等機械化作業，將可降低栽培介質的消耗，達到減少廢棄物的目的^(5,8,11,13)。薏苡學名*Coix lacryma-jobi*；英文名 Job's tears, Adlay。薏苡根為我國傳統中醫方劑常使用之藥材，據本草綱目記載，薏苡根食味甘，微寒，無毒，具有清熱，利濕，健脾，殺蟲等^(4,6)功效。薏苡根含有豐富的機能性成分，包括植物固醇、酚酸、薏苡素(6-methoxybenzoxazolinone)等，近年又發現特殊薏苡內醯胺代謝物具有毒殺A549、HT-29及COLO 205等肺癌與大腸癌細胞之作用^(1,2,3)，可用於預防或治療癌症。鑒於此，本場針對薏苡等藥用作物進行相關研究，嘗試以根系噴霧方式進行栽培管理，研製2種型式噴霧栽培機具加以測試，並且分析本場所育成之薏苡‘臺中3號’，在霧耕栽培下，比較其根系的特殊代謝物成分，以期建立最適機械化栽培管理模式，達成省工、省水之節能生產，並建立霧耕之生產條件，進而供農友參考應用。

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第0833號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究助理、助理研究員、助理研究員、副研究員。

材料與方法

本研究規劃試製2種適合根系植物之霧耕栽培噴霧機具，此機具能定時定量噴霧，供給植物所需水分或養液霧化噴於根部，使作物根系與空氣及霧化養分接觸，以減少栽培介質的使用，達到減廢之目的。

一、噴霧機具功能設計原則

- (一)為減少人工澆灌作業與辛苦，以設施及機械化進行栽培作業，同時噴霧機具可以電控方式管理為規劃方向。
- (二)因應噴霧灌溉作業次數可控制，機具須具有定時啟動之功能。
- (三)噴霧機具於作業後之水分及養液補充，為減少人工補充麻煩，採用以電磁閥控制開關進水、補水或養液補充。

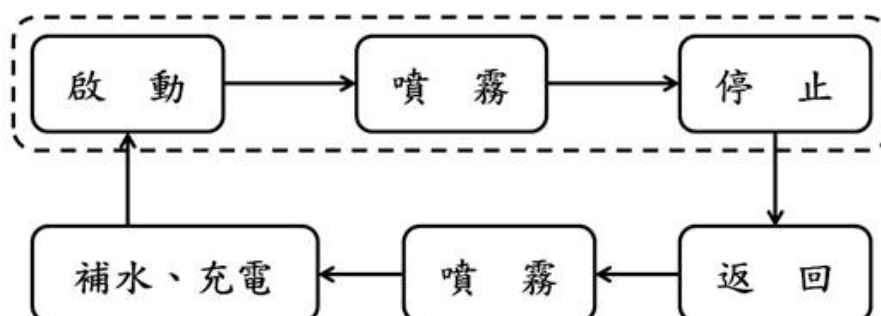
二、噴霧機具設計規劃及作業流程

(一)噴霧機具設計規劃

依照前述設計原則，試製定置式及往復移動式2種型式噴霧栽培機具，並使用鋁管材料組裝成雙層平面式立體栽培架，上層為栽培藥用植物，下層則是供2種型式噴霧栽培機具於下層空間內進行噴霧作業，霧化水分均勻散佈於此區域，以供給藥用植物根部吸收與成長，噴霧作業方式分別採高壓定置式及往復移動式。定置式噴霧機具使用管路高壓噴霧作業模式，以管路及噴頭組成架構，並以鋼索支撐固定相關管線，噴霧作業以時間控制器進行控制；往復移動式噴霧機利用二條圓鐵管為平行軌道，四輪臺車加上電池及電動馬達組成行走部，並以市面上降溫用離心式造霧機為噴霧裝置。

(二)作業流程

往復移動式噴霧機具作業程序為噴霧機具啟動後，四輪臺車自動往前行走同時進行噴霧作業，碰觸到折返點之微動開關(可置於行進中之任何位置)，即停止並往回行走與噴霧，於回到原點後進行補水及充電作業，其作業流程如圖一所示，流程圖中，虛線框者為定置式噴霧機具噴霧作業；實線框者為往復移動式噴霧機具之噴霧作業。



圖一、定置式與往復移動式噴霧機具控制流程圖

Fig. 1. The flow chart of fixed type and mobile carriage type sprayers

三、試驗設備與材料

- (一)供試設備：試驗研製完成之定置式及往復移動式2種噴霧栽培機具。
- (二)量測器材：直流電壓紀錄器(YOKOGAWA Datum-Y Portable Data Station XL100 Series，精度0.01 v)、計時器(CABORT 168，精度0.01 sec)、電子秤(英展MTCH，精度0.01 kg)、皮尺、量杯等。
- (三)供試材料：薏苡‘臺中3號’，於2013年7月播種於3吋盆中，發芽後移植到霧耕系統，日夜溫介於25~35℃，栽培一個月後，將所有處理薏仁之根以40℃烘乾磨粉至70 mesh存放於-20℃冷藏備用。
- (四)高效能液相層析儀HPLC (High Performance Liquid Chromatography)，廠牌Hitachi型號L-7100 Pump equipped and UV detector。

四、噴霧栽培機具試驗項目及測試方式

- (一)耗水量試驗：定置式噴霧栽培機具採用吸水形式，因此於水桶做一記號待噴完霧後，量測補入之水量；往復移動式噴霧機具係將離心式造霧機放置電子秤上，再將水盆內裝水稱整體重量，以1、5及10分鐘各進行噴霧，減少之重量即為消耗之水量，每個時間各試驗3次求平均，再進行下一次試驗。
- (二)往復移動式噴霧機具補水機構之補水量試驗：自動補水機構採以浮球槓桿原理控制入水口的啟閉，另利用重力方式搭配延遲計時器控制電磁閥啟閉模式，進行出水口控制，延遲計時器設定1刻度即為1秒鐘，以1~10秒鐘各進行補水量試驗，每個時間各試驗5次求平均。
- (三)往復移動式噴霧機具行走速度試驗：軌道架設全長為20 m，且有設置可移動之折返點裝置，可依種植範圍進行調整，調整往復移動式噴霧機具上之變頻器，並以人工計時量測機具行走時間。
- (四)往復移動式噴霧機具電瓶電壓降試驗：利用YOKOGAWA Datum-Y Portable Data Station XL100 Series量測電瓶電壓變化量，機具進行間歇及連續兩種模式試驗，觀察其運轉時電瓶電壓降狀況。間歇模式為每次啟動間隔時間控制約30 min，使噴霧機具於噴霧作業完成後，可進行回站充電作業；連續模式為每次噴霧作業完，回到控制臺補完水後，即進行噴霧作業。
- (五)薏苡作物栽培試驗：以薏苡為栽種試驗對象，進行實際栽培種植試驗，先將薏苡種子經預措發芽後進行移植，以吸水性介質(海綿、棉花)夾持或包覆後，固定於1 cm厚度珍珠板上，並分成定置式及往復移動式霧耕噴霧機具兩組進行作物栽培。作物栽培條件設定：同為早上5時開始噴霧至下午7時關閉，每隔30分鐘噴霧一次。定置式於夜間時段(7:00 PM至5:00AM)停止噴霧，且每次噴霧時間約為1分半鐘；往復移動式夜間每隔2小時噴霧作業，進行霧耕栽培試驗觀察薏苡(根部)生長之情況。
- (六)薏苡根部代謝物化學指紋分析圖譜試驗：薏苡根合併5株為一樣品，樣品烘乾前後紀錄重量，分析產量及含水率，三重複，將樣品磨粉後秤取1 g以20 ml甲醇於45℃下超音波

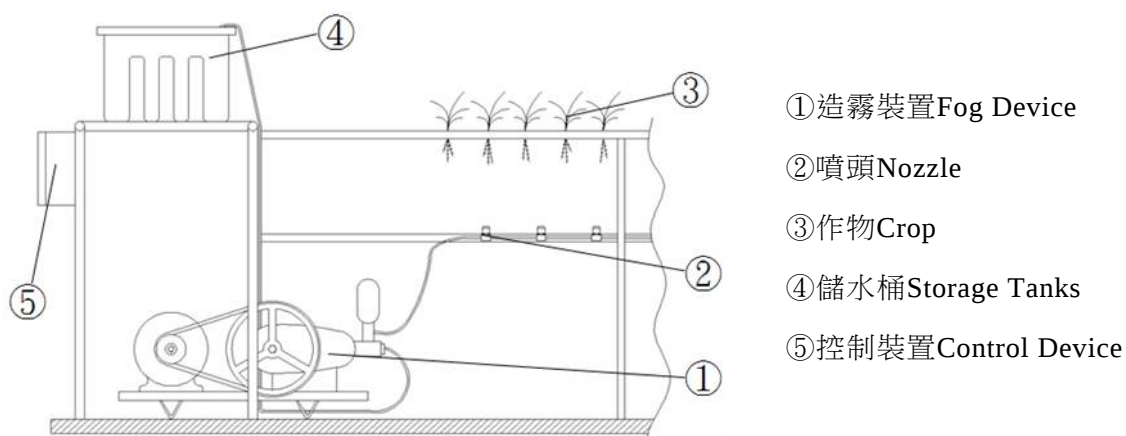
震盪萃取1小時，復於室溫下震盪萃取16小時後過濾萃取液備用，萃取液過濾後保存在樣品瓶中待測。分析用流動相甲醇在UV 255 nm以下會吸收，將影響分析，因此選用260 nm進行分析，以減少甲醇之干擾，薏苡根樣品先依經驗作適度的稀釋於HPLC (圖譜分析)測試，視所偵測之吸光值決定稀釋倍數以及掃描之波長，最後以原萃取液稀釋20倍進行分析，三重複之樣品，每個樣品均注射2針取其平均計算濃度，將不同栽培方式所得之薏苡根樣品三個，每個樣品以HPLC分析吸收峰圖譜標記並且編號，計算各個樣品吸收峰相對面積比值和其平均值，並求其S.D.值。

結果與討論

一、依據機械設計規劃原則，研製完成2種型式噴霧栽培機具，分別為定置式及往復移動式噴霧機具。

(一)定置式噴霧機具：採用管路噴霧作業模式，每隔約0.6 m裝設1只中空錐形噴頭，並以鋼索支撐固定相關管線(如圖二所示)，其主要組成架構包括：

- 1.造霧裝置：採用高壓動力噴霧機（鑽石牌柱塞式噴霧機，型號TS-22，1 Hp馬達220V）為造霧動力，在噴霧過程中將水分或液肥以高壓管輸送經噴頭霧化而向上噴灑，使得栽培架下層形成水霧濛濛的空間。
- 2.補水裝置：噴霧作業完成或暫停時，所消耗之水分應予以補充，以備下次作業時使用，該裝置係利用浮球做為液面位置的偵測器，再結合槓桿原理來控制入水口的啟閉，以進行補水。
- 3.控制裝置：以機械式時間控制器、計時器、繼電器、電磁閥等元件進行機電整合，操作者可依作物生長所需條件而調整設定噴霧時間、暫停時間及次數等。



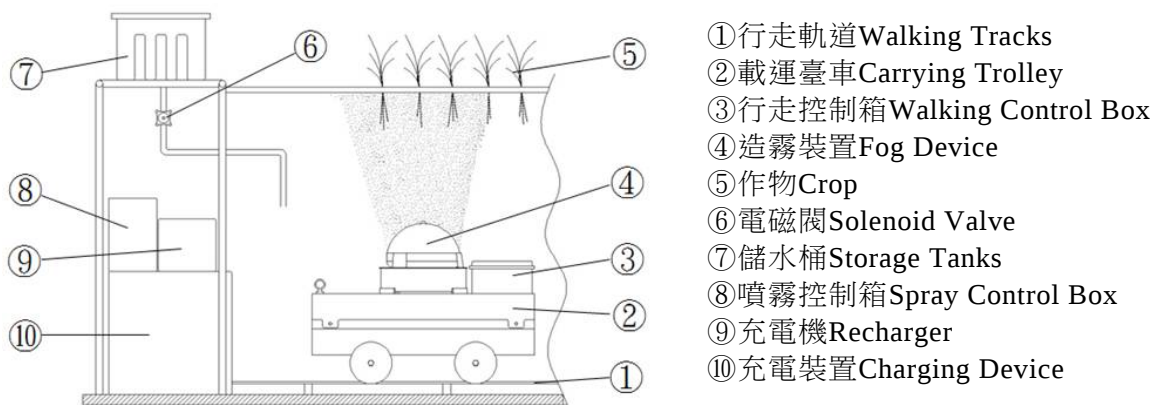
圖二、定置式噴霧機具示意圖

Fig. 2. The structure diagram of the fixed-mounted sprayer

(二)往復移動式噴霧機具：利用二條圓鐵管為平行軌道，四輪臺車加上電池及電動馬達組成行走部，並以市面上降溫用離心式造霧機為噴霧裝置，採重力原理及電磁閥開關組

成補水裝置，加上小型充電機為充電裝置，構成完整之噴霧栽培機具，如圖三所示。當機具啟動後，四輪臺車自動往前行走同時進行噴霧作業，碰觸到折返點之微動開關(可置於行進中之任何位置)，即往回行走與噴霧，並於回到原點後進行補水及充電作業，其各部組成說明如下：

- 1.載運臺車：臺車長寬高尺寸為850 mm × 400 mm × 380 mm，以電池與電動馬達配合，產生行走動力，供為承載噴霧裝置與移動行走之用。
- 2.造霧裝置：在噴霧作業時，以造霧機之離心力將水分或液肥霧化向上噴灑於作物根部，以完成噴霧作業。
- 3.充電裝置：行走部動力係以串聯兩顆DC 12V電池，供應電動馬達及造霧機所需電力，當往復移動式噴霧機具回站後，與充電裝置內之正負極銜接進行充電作業。
- 4.補水、控制裝置皆與定置式噴霧機具之補水、控制功能相仿。



圖三、往復移動式噴霧機具示意圖

Fig. 3. The structure diagram of the reciprocating sprayer

二、耗水量試驗：二種型式噴霧栽培機具進行耗水量試驗，測試條件為每1分鐘、5分鐘及10分鐘進行噴霧作業，三重複，將測得之耗水量數據求平均值，試驗結果如表一所示。由結果顯示往復移動式噴霧機具較定置式噴霧機具用水量低，其噴霧作業所消耗水量每分鐘約75 ml，僅為定置式1/27左右，往復移動式噴霧機具可達節約用水之目的。

表一、耗水量試驗結果

Table 1. Results of water consumption test

Sprayer type	Water consumption (ml)			Average water consumption amount (ml/min)
	1 min	5 min	10 min	
Fixed-mounted	2,059	9,610	19,391	1,973.0
Reciprocating	75	384	746	75.4

三、往復移動式噴霧機具補水機構之補水量試驗結果：量測各補水機構啟動時間(1~10 sec)之補水量，作為補水機構時間啟閉條件之參考，經以量杯承接水量，每啟動時間(1~10 sec)各量測5次，求取平均值，結果如表二所示，將補水機構1~10 sec之補水量予以平均，平均每分鐘流量約130.25 ml/min。觀察每單位時間之補水量有所差異，為計時器關閉以及電磁閥體密合問題所造成，而往復移動式噴霧機具補水量需足夠，以避免噴霧機無水時造成機器空轉問題，因此補水量之差異對於補水機構並無影響。由試驗數據顯示，時間與補水量呈線性關係，時間越長，補水量也隨之遞增，本試驗結果之補水量結果，可作為往復移動式噴霧機具補水量之參考依據。

表二、往復移動式噴霧機具補水量試驗結果

Table 2. Timing test for amounts of water filling for the reciprocating sprayer

Time (s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test 1	125	251	372	510	690	813	958	1,069	1,200	1,381
Test 2	115	234	366	502	678	802	935	1,042	1,191	1,395
Test 3	120	237	377	503	670	822	936	1,039	1,193	1,377
Test 4	120	234	372	508	671	804	956	1,045	1,167	1,374
Test 5	135	245	378	520	692	816	934	1,082	1,171	1,393
Average fill water (ml)	123	240	373	509	680	811	944	1,055	1,184	1,384
Average fill water (ml/min)	123	120	124.3	127.3	136	135.2	134.9	131.9	131.5	138.4

四、往復移動式噴霧機具行走速度試驗結果：折返點架設於12.2 m處，依此距離進行往復移動式噴霧機具行走速度量測，試驗結果如表三所示，變頻器刻度10及20因噴霧臺車重量關係無法行走，調整至30時，噴霧臺車才緩慢行進，經由量測平均行走時間後，再經過速率換算後求得平均速度，其行走速度最慢約為0.035 m/s；最快約為0.133 m/s，且可由表看出行走速度與變頻器呈現正比關係，目前選擇行走速度0.035 m/s進行作物栽培。

表三、往復移動式噴霧行走速度試驗結果

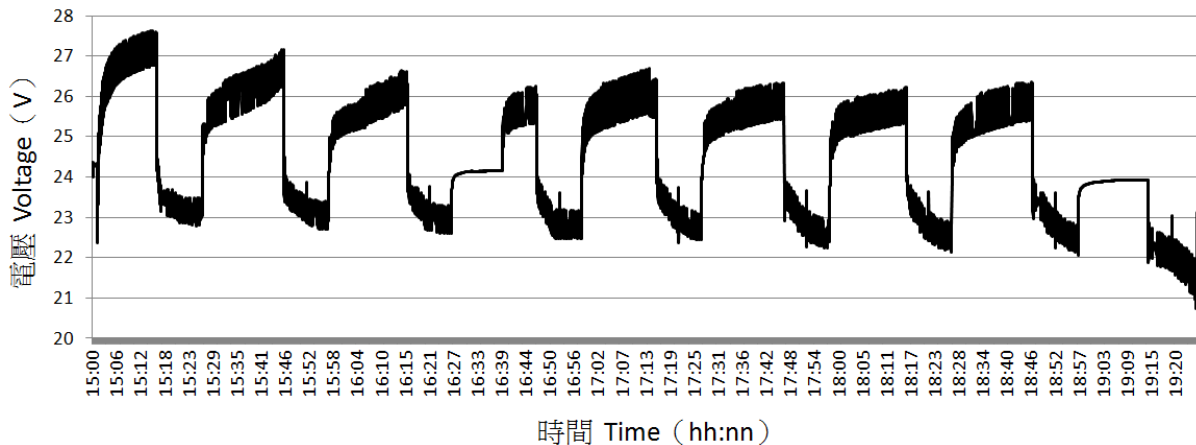
Table 3. Mobile speed test for the reciprocating sprayer

Graduation	30	40	50	60	70	80	90	100
Average travel time (s)	699	492	385	316	272	235	207	183
Average moving speed (m/s)	0.035	0.05	0.063	0.077	0.09	0.104	0.118	0.133

五、往復移動式噴霧機具電瓶電壓降試驗結果：

(一)間歇作業模式：直流電壓紀錄器進行間歇模式電瓶電壓降試驗，結果顯示15時16分開始噴霧時，電池電壓為24.2 V，至15時27分噴霧結束時電池電壓為22.98V，電池電壓差為1.22V，噴霧作業時間平均約為10分47秒，充電作業時間平均約為19分25秒。由15時至18時57分作業區間，如圖四所示，共8次噴霧作業之電壓差值平均，其電瓶電壓差平均約為1.24V，因此在可充電作業時間內，須能補足噴霧作業時間所耗電量，即為電壓差1.24V。另觀察充電區域有斷落現象，時間16時21分至16時39分區段、18時57分至19

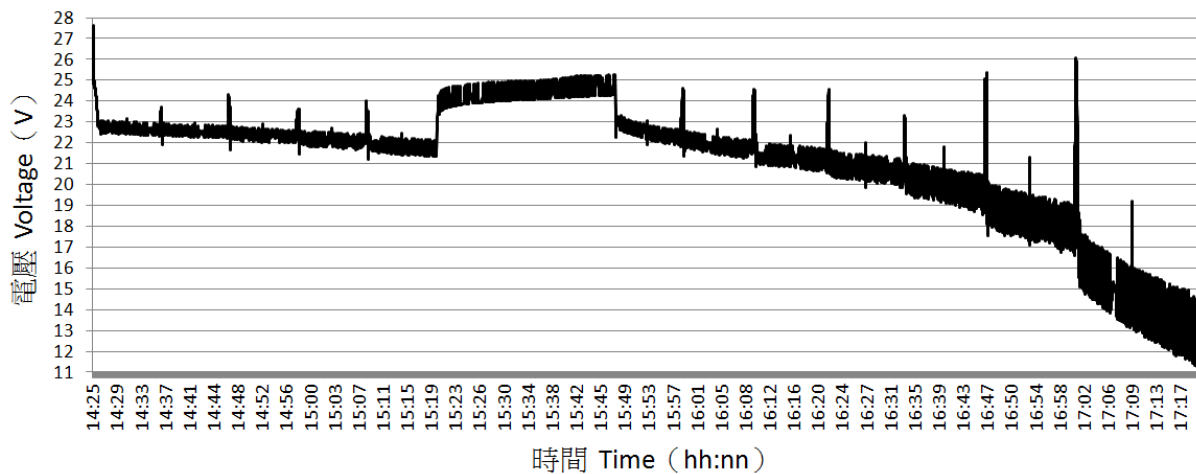
時15分區段，為噴霧機具與充電機構銜接不良所造成，觀察發生原因為噴霧臺車每次回到充電站時，充電機構之銅夾與銅柱有些許撞擊，經多次作業後，導致銅柱磨損與銅夾間隙變大，進而接觸不完全所造成充電異常，經修改機具已可有效改善銜接問題所造成之充電異常。另觀察電壓有突升現象，時間約為15時52分、16時21分、16時56分等時刻，為噴霧機具於折返點時，臺車須先停止後即再返回所導致，其並不影響噴霧機具運作。



圖四、在間歇模式下往復移動式噴霧機具電瓶電壓降試驗結果

Fig. 4. Results of battery voltage drop test for the reciprocating sprayer under a intermittent mode

(二)連續作業模式：連續模式試驗結果中，電壓有大小突升現象，如圖五所示，小突升的電壓值，為噴霧機具於折返點時所產生；大突升的電壓值，則為噴霧作業完，噴霧機具回到控制臺內，與充電機接觸所造成。此外電瓶經持續作業後，電壓呈現下降趨勢，引起行走速度變得緩慢，噴霧作業時間延長，最後因電壓不足導致系統停擺。



圖五、在連續模式下往復移動式噴霧機具電瓶電壓降試驗結果

Fig. 5. Results of battery voltage drop test for the reciprocating sprayer under a continuous Mode

六、薏苡作物栽培試驗：以薏苡作物進行實際栽培，試驗期間觀察發現定置式噴霧栽培機具以高壓方式經噴頭霧化，噴霧顆粒較粗、水量足夠，薏苡植栽成長情況較為理想；往復移動式噴霧栽培機具因利用高速離心力方式霧化，噴霧顆粒較細，導致根系水分散失快速，薏苡植栽成長速率較為緩，其試驗結果如圖六、圖七所示。



圖六、栽培架上層之薏仁作物栽培情況

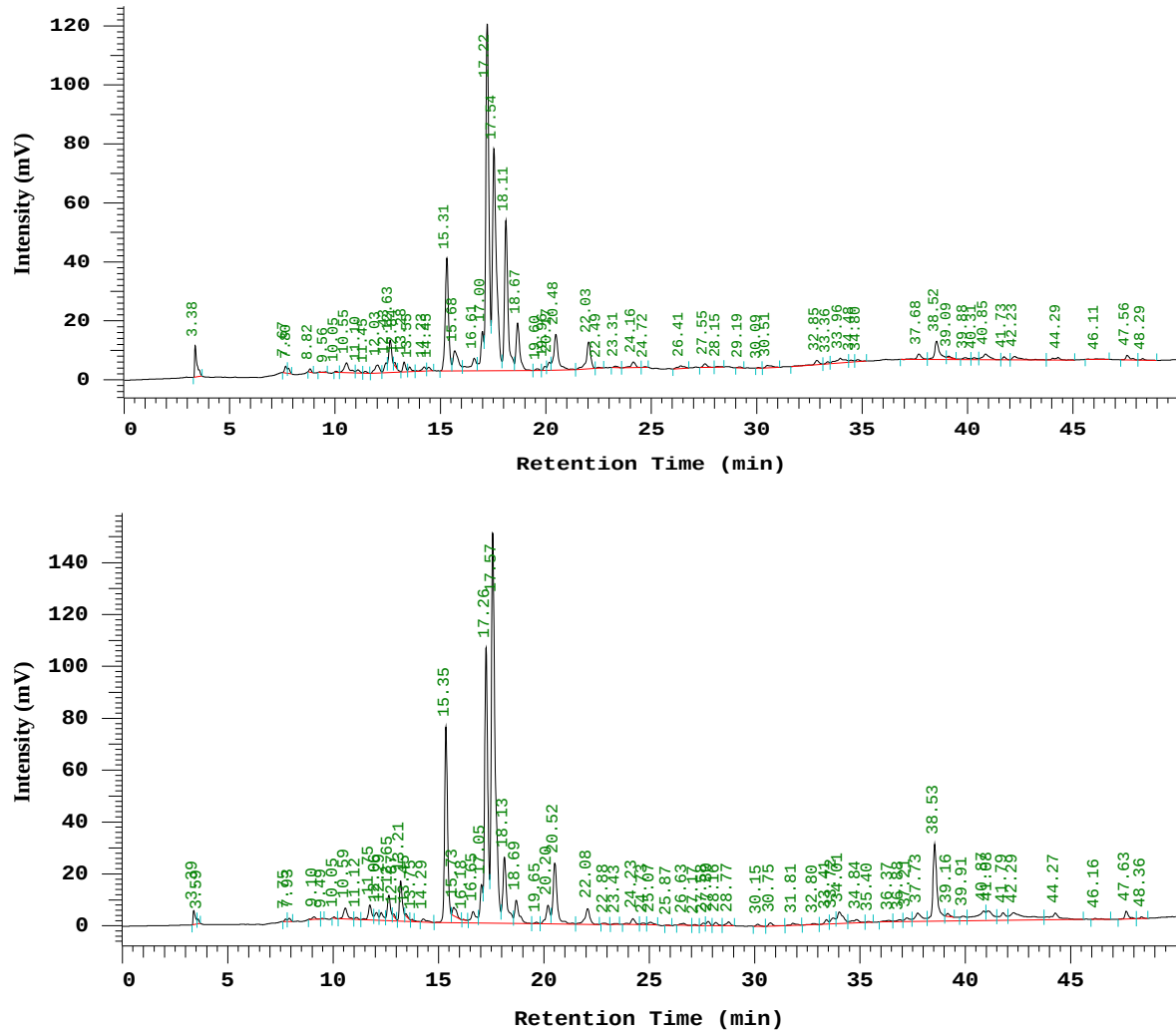
Fig. 6. The Job's tear plant on the cultivation shelf



圖七、栽培架下層作物根系生長情況

Fig. 7. The Job's tear root below the cultivation shelf

七、本試驗以土耕薏苡根的代謝物樣品為準，選擇吸收峰積分面積佔總面積1.5%以上者，作為特徵成份。從分析圖譜中之滯留時間發現，具有12個相對明顯的吸收峰(圖八)，分別為 RT (Retention Time) 3.4、15.3、15.6、16.6、17.0、17.2、17.5、18.1、18.6、20.4、22.0、38.5 min，其餘成分相對較微量，其中在RT 15.3、18.1、22.1的三個吸收峰分別對應到標準品p-hydroxy benzoic acid、咖啡酸及薏苡素，將其依序編號1~12，如表四所示。進一步比較根部代謝物分析方法與指紋圖譜的穩定性及代表性，以土耕及霧耕各3重複的樣品，由12個波峰的滯留時間加以比較分析，系列進樣之滯留時間標準偏差介於0.015~0.135之間，其中土耕樣品和霧耕各個吸收峰之滯留時間變化皆較低，分別為3 sec及3.6 sec，顯示本分析方法以及所選擇的特徵吸收峰具有高度穩定性及再現性。所選擇的12個吸收峰值佔各樣品總吸收峰值之80.7~82.45%之間，具有高代表性，因此這12個波峰可作為薏仁根的特徵成分。



圖八、薏苡‘臺中 3 號’土耕(上)及霧耕(下)根系萃取成分之 HPLC-260 nm 層析圖譜，其主要代謝物組成特徵成份接近，但是含量略有不同

Fig. 8. Chemical fingerprinting of Job's tear roots both in soil culture and moist culture. The profile of chemical constituents is similar but varied in the amount of each component

在中草藥的HPLC代謝物分析中，不同吸收峰的滯留面積可以代表該吸收峰之中，某成分的含量多寡，據此進行薏苡根部代謝物指紋圖譜之建立，並從各個吸收峰絕對滯留面積相對標準差(Relative standard deviation, RSD)的大小了解樣品變異的幅度。從各個吸收峰觀察，土耕根系的吸收峰3、6遠高於霧耕處理，霧耕處理則有2個吸收峰面積遠高於土耕處理(圖八、表五)，顯示不同栽培方式會影響到各個成分含量的多寡。在霧耕條件下，以吸收峰2和7的含量明顯高於土耕處理(表五)。

表四、薏苡臺中 3 號根萃取樣品代謝物特徵峰值穩定性與代表性分析

Table 4. The metabolite component analysis on stability and representative of specific peak of Job's tear Taichung No. 3 root extract

Sample Component	Soil Culture		Mist Culture	
	RT (min)	SD	RT (min)	SD
Peak 1	3.36	0.025	3.35	0.061
Peak 2	15.29	0.032	15.35	0.045
Peak 3	15.65	0.038	15.72	0.050
Peak 4	16.58	0.036	16.64	0.056
Peak 5	16.97	0.038	17.05	0.055
Peak 6	17.19	0.038	17.26	0.045
Peak 7	17.51	0.038	17.58	0.050
Peak 8	18.08	0.044	18.15	0.057
Peak 9	18.64	0.044	18.71	0.057
Peak 10	20.47	0.032	20.53	0.040
Peak 11	22.01	0.049	22.09	0.060
Peak 12	38.51	0.015	38.52	0.012
Total Area Ratio	%	SD	%	SD
	82.45	2.84	80.7	5.08

表五、薏苡根萃取特徵峰值絕對滯留面積分析結果

Table 5. The metabolite component analysis results on absolute retention area of specific peak of Job's tear root extract

Sample Component	Soil Culture		Mist Culture	
	Area	RSD	Area	RSD
Peak 1	70,306	0.126	81,323	0.731
Peak 2	393,388	0.045	833,223	0.179
Peak 3	127,868	0.105	42,131	0.038
Peak 4	94,253	0.325	94,940	0.739
Peak 5	123,651	0.214	138,083	0.106
Peak 6	1,091,590	0.056	913,569	0.112
Peak 7	935,477	0.044	1,707,913	0.230
Peak 8	547,058	0.060	571,574	0.551
Peak 9	188,783	0.097	270,373	0.555
Peak 10	182,700	0.124	261,883	0.174
Peak 11	122,294	0.059	155,693	0.496
Peak 12	151,294	0.193	310,481	0.598
Total Area	4,028,662	0.060	5,381,186	0.025

從累計積分面積來比較，可發現霧耕處理其代謝物成份總濃度高於土耕處理(表五)，但是本試驗也發現，霧耕處理的根系代謝物變化也相當大，在12個特徵成分中，有5個吸收峰(1、4、8、9、12)相對標準偏差的大小高於50%，可能是因為霧耕所提供之水霧狀態不均勻所致，使部分樣品根系略呈褐色乾枯所導致，未來在環境系統控制上需要更高的穩定度。另一可能原因是植株生長狀態不一致，個體之間差異大，連帶使根系代謝物成分有較高的變異。

結論與建議

定置式噴霧栽培機具組成架構簡單，且成本低，經薏苡栽培測試，若噴霧壓力設定為35 kg/cm²，其噴霧顆粒較粗、水量足夠，作物成長效果較好，但在高壓霧化情況下，所需水量恐會過多而形成浪費，且高壓管線長時間使用而造成管路龜裂與接頭漏水，導致水壓下降、水分無法霧化而使系統停擺，後續應規劃將過量的水分以集中回收處理及尋找可替代高壓管線之資材，以解決以上之缺失。

往復移動式機具之組成架構相對較複雜，成本亦高，並利用高速離心方式將水分霧化噴灑於作物根部，其霧化顆粒較細、所需水量較少，經測試結果顯示，其所消耗水量每分鐘約75 ml，僅為定置式1/27左右，確可達到省水的目的。另觀察二組噴霧機具作物栽培情形，定置式因噴霧水量充足，生育情況較為理想，而往復移動式則因霧化顆粒較細，根系水分散失快速，根系發展速率較為緩慢，所以最適噴霧模式與供水量多寡，仍須進一步加以試驗建立。

由於噴霧臺車經常行走於潮濕的環境內，時間久了易使相關機件受潮而產生銹斑問題，進而影響噴霧作業的運作，此部分也是後續研究改良的重要項目。目前此二類型噴霧機具作業性能未臻完善，仍有修正空間，將針對各項缺失予以試驗改良，進而建立最適機械化噴霧作業模式供農友使用。

薏苡土耕和霧耕根系重量差異不顯著，以HPLC分析使用UV 260 nm作為主要吸收成分特徵建立指紋圖譜，可發現薏苡根系中各個特徵成分含量多寡會受到栽培方式的影響，依據HPLC圖譜積分面積的總積分面積觀察，霧耕根系的總代謝物含量高於土耕，可進一步探討霧耕生產藥用植物根系的成本和可行性。

誌 謝

本研究承蒙農委會主辦之科技計畫項下補助經費。中興大學生物產業機電工程學系盛中德教授、建國科技大學自動化工程系暨機電光系統研究所樂家敏教授斧正，農機研究室及生技研究室全體同仁鼎力配合協助，方得以順利完成，謹此一併誌謝。

參考文獻

1. 王思涓 2002 薏苡籽實中特殊生理機能性成分的定量分析與比較 國立臺灣大學食品科技研究所碩士論文。

2. 江文章 2009 薏仁保健功效研究和產業發展現況 「薏仁和蕎麥的育種栽培、加工利用和保健機能性研究」研討會專輯 p.185-212。
3. 江文章、郭悅雄、李明怡 2012 薏苡籽實麩皮之內醯胺化合物之分離及抗癌細胞增生用途 中華民國專利公報發明專利第I362939號 2012-05-01。
4. 李國基、秦昊宸、陳裕星 2011 利用植物細胞培養生產二次代謝物之技術策略與進展 中草藥產業現況與展望專題報告 行政院農業委員會。
5. 邱奕志、周立強、陳世銘、葉佐堂 2000 應用可程式控制器及人機介面於精密栽培室環控系統之研製 宜蘭技術學報 5: 17-34。
6. 邱建中、張隆仁、秦立德、勵鑫齋 2001 西方草藥—紫錐花(Echinacea)的栽培與利用 臺中區農業改良場研究彙報 73: 43-54。
7. 秦立德、張隆仁、邱建中、陳榮五 2003 漫談紫錐花的保健效果 臺中區農業專訊 43: 26-27。
8. 陳加忠、林瑞松 1995 溫室環境模式於花卉設施栽培之應用 中華農業研究 44(4): 483-498。
9. 陳裕星、張隆仁、秦昊宸 2012 認識紫錐花 臺中區農業專訊 78。
10. 陳裕星、陳鵬斌、張隆仁 2012 紫錐花一般栽培與管理 臺中區農業專訊 78。
11. 張祖亮 2001 設施栽培環境監測與控制 設施栽培自動化專輯 p.1-20。
12. 蔡宜峰、洪惠娟、楊旻憲、王茗慧 2012 有機紫錐花栽培技術 臺中區農業專訊 78。
13. 賴建洲、周廷弘、梁連勝 1997 太空包香菇環控立體多層栽培生產之研究 中華農業研究 46(2): 158-166。

Development of Mist Sprayers for Aeroponic System¹

Hao-Ming Wu², Chin-Yuan Chang², Yu-Hsin Chen² and Yun-Sheng Tien²

ABSTRACT

In this research, two types of mist sprayers combining associated equipments were developed to establish a mist spray aeroponic system for growing medicinal plant. The first type was mounted with high-pressure pump sprayer, fixed nozzle and pipeline to deliver misted-water and mist-nutrient upward spray onto plant roots. The second type was a fogging machine carried by an self-propelled trolley and reciprocated moving below planting bed. The fogging machine could spray both mist-water and mist-nutrient upward onto plant roots to achieve irrigation and fertilization. The results showed that water saving capacity was more efficient in the reciprocating fogging system, that was only 1/27 to that of mounted high-pressure spraying system. However, the growth performance of the tested Job's tear was better in the latter. As compared with soil culture plants, better growth performance and higher total metabolites content of Job's tear (*Coix lacryma*, var. Mayun) was grown from aeroponics system.

Key words: Mist sprayer, Aeroponics, Job's Tear (*Coix lacryma*, var. Mayun)

¹ Contribution No. 0833 from Taichung DARES, COA.

² Assistant, Assistant Agricultural Engineer, Assistant Agronomist and Associate Agricultural Engineer, respectively, Taichung DARES, COA.