下雨感測器之性能評估

陳令錫

行政院農委會臺中區農業改良場 副研究員

摘要

受氣候變遷的影響，強降雨、乾旱與氣溫升高等氣候變異已經干擾糧食生產，威脅糧食安全，在提升我國糧食自給率政策指導之下，設施生產面積逐年增加。台灣的氣候型態春季梅雨、夏季高溫高濕還有颱風、冬季寒流，設施栽培講求夏天降溫與冬天保溫並重，夏季炎熱多雨問題，需要適度的自然對流通風、遮陰或噴細霧，因此具有遮雨透氣功能的活動式天窗逐漸受到重視，設施屋頂裝設捲收塑膠布或氣窗(天窗)的溫室日漸增多，下雨時人不在溫室該怎麼辦？若沒有設備輔助，只能趕赴現場關窗了。而有了應用工業技術開發的下雨感測器，配合機電控制技術就可以在下雨時自動關窗。試驗之下雨感測器概略分成三種：重量式、電阻式與光學式，2015 年 1 月 13 日彰化縣大村鄉實測結果顯示，光學式反應最靈敏，電阻式次之且會有誤動作，重量式需在累積足夠雨水之下才會動作；當雨過天晴時，下雨訊號停止也是光學式反應最靈敏，重量式與電阻式都需經過一段時間讓雨水蒸發後，訊號才會改變。價格方面光學式較貴，進口的重量式次之，電阻式最便宜。

關鍵詞：下雨、感測、設施栽培、天窗。

一、前言

雨水，滋潤大地生物得以成長，生生不息，久旱逢甘霖對動物與植物都是活命的機會。農業供應人們三餐溫飽，穩定的農糧供給是社會安定的基礎，農業發展與水源供應是密切關連的，這也就是古文明發達的地方都沿著河流兩旁發展的原因。近年氣候極端化在世界各地輪翻上演，時而那裡乾旱鬧飢荒，時而那裡洪水為患，時而那裡森林大火，農業損失慘重，引發國際糧食價格上漲的民生問題。

四、五十年前的農村水稻收穫期最怕連續下雨的天氣，當時還沒有水稻聯合收穫機和乾燥機，人工割取稻株、脫粒、裝袋、搬運、拆袋、舖平、日曬乾燥、翻攪、風選、裝袋、搬運、儲藏、出售等繁鎖作業流程已經被繳交濕穀政策所取代，讓稻農省事不少。當時日曬乾燥稻穀，每間隔一段時間必須翻攪讓上下乾溼稻穀換位或混合，促進溼氣散發，期間的乾燥過程最怕下雨，輕者拉長乾燥時間，重者水稻發芽或發霉失去商品價值，幾個月辛勞可能血本無歸，農業可說是”看天吃飯”，祈求老天爺「風調雨順」才能「國泰民安」。

台灣特殊的地理位置與氣候，春季梅雨、夏季高溫高濕還有颱風、冬季寒流，造就今日農業設施產業與技術的進步。因此，台灣的設施生產講求夏天降溫與冬天保溫並重，夏天降溫時間比冬天保溫時間長，因此直接引入外國溫室在台灣是不適用的，除非針對台灣

的氣候，參照台灣設施發展經驗進行設計變更。關於夏季炎熱多雨問題，自然對流通風很重要，因此具有遮雨透氣功能的活動式天窗溫室設施逐漸受到重視，設施屋頂裝設捲收塑膠布或氣窗(天窗)的溫室日漸增多。工業發達的今日，在工業幫助農業的前提下，發展或應用下雨感測技術，當農業設施生產遇到下雨天候，及時關閉屋頂塑膠布或屋頂氣窗的動作變成必要的工作。下雨時，人不在溫室該是如何？沒有設備輔助，只能趕赴現場關窗了。有了下雨感測元件，配合機電控制技術就可以在下雨時自動關窗。本研究之目的為評估下雨感測器之性能，讓台灣日漸增加的天窗溫室得以適時關窗，避免雨水進入溫室內。

二、材料與方法

1.下雨感測器：下雨感測器概略分成三種：重量式(Normal open type, Rain Bird, USA)、電阻式(文華電木1088檢定板12條水平焊道間隔約3mm，臺灣)與光學式(3cm*2cm玻璃光學感測板，臺灣)。

2.訊號擷取單元：桌上型個人電腦(HP Compaq dc7800, Windows XP)安裝NI Labview編寫的環境監控軟體，此軟體透過網路線與ADAM 6066數位輸入模組連線，三種下雨感測器分別接在數位輸入模組之編號0、2與4號通道接點上。

3.試驗方法：下雨感測訊號擷取系統由上述下雨感測器與量測單元組成，平時維持開機運轉，隨時偵測擷取下雨之感測訊息。根據實際下雨和雨停狀況，分析各式下雨感測器之性能。

下雨感測訊號擷取系統裝設於彰化縣大村鄉臺中區農業改良場試驗溫室，三種下雨感測器放置於空心磚上，空心磚放置於溫室旁空曠之草地上。

三、結果與討論

2015年1月13日彰化縣大村鄉實測數據顯示，1月13日晚上降雨，該日累積雨量3 mm，次日累積雨量6.5 mm，三種下雨感測器感測到下雨的時間分別為電子式在晚上21:29；電阻式在21:40，延遲11分鐘；重量式在14日02:31，延遲5小時2分鐘。至於下雨結束訊號方面，電子式在14日上午6:56，電阻式在14日上午10:31，延遲3小時35分鐘；重量式則在14日晚上20:40結束下雨訊號。其中電阻式在1月14日晚上20:38至1月15日早上08:09之間有誤動作，該期間沒有下雨。

表1 各乾燥設備消耗功率表

	下雨時間	比較	雨停時間	比較	其他
電子式	21:29	-	6:56	-	
電阻式	21:40	延遲 11 分鐘	10:31	延遲 3 小時 35 分鐘	14 日晚上 20:38 至 1 月 15 日早上 08:09 之間有誤動作，該期間沒有下雨。
重量式	02:31	延遲 5 小時 2 分鐘	20:40	延遲 8 小時 44 分鐘	

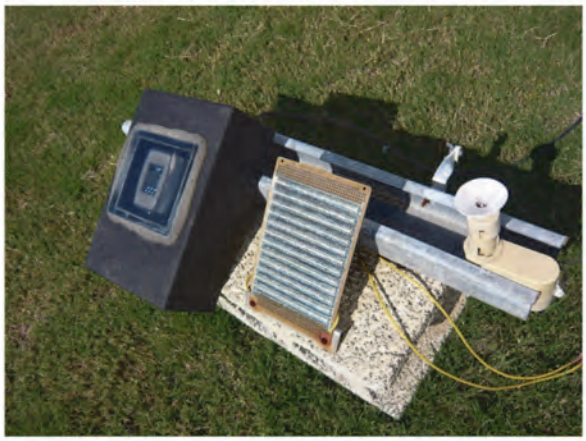


圖1 三種下雨感測器(左：電子式；中：電阻式；右：重量式)

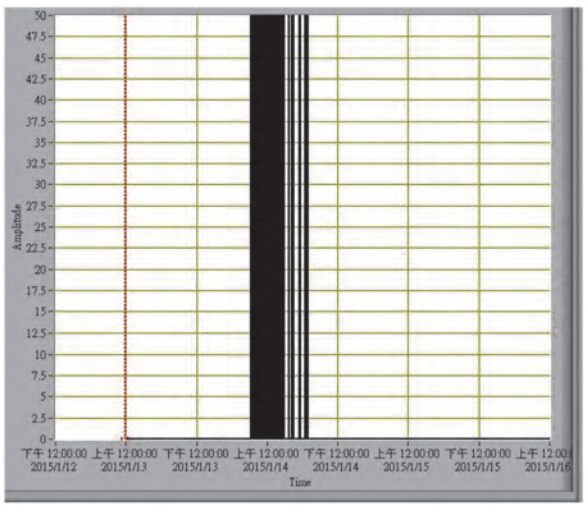


圖2 電子式下雨感測器在2015年1月13日21:29發出下雨訊號至14日上午6:56結束

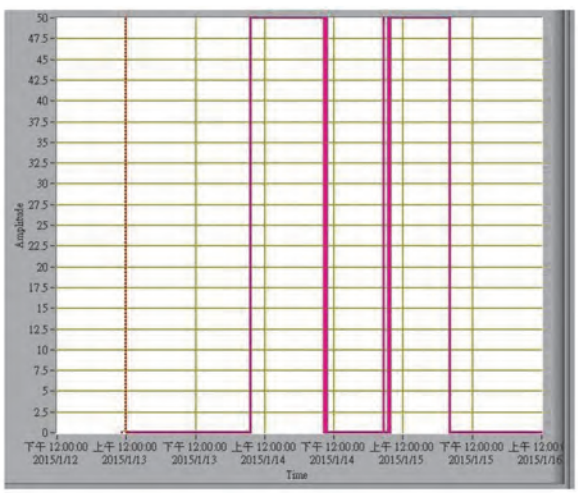


圖3 電阻式下雨感測器在2015年1月13日21:40發出下雨訊號至14日上午10:31結束(1月14日晚上有誤動作)

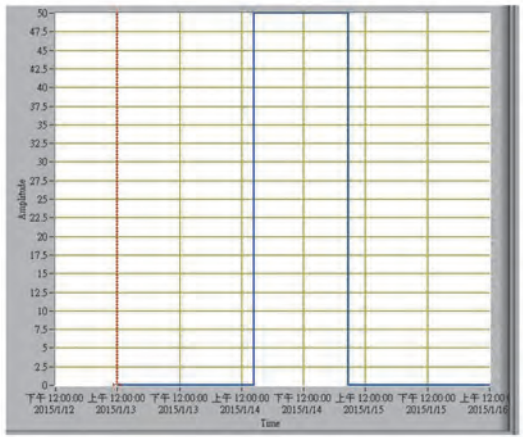


圖4 重量式下雨感測器在1月14日02:31發出下雨訊號至20:40結束

根據實測結果，下雨感測訊號擷取系統運作正常，適當的下雨感測器可適時產生訊號，發出下雨警示，啟動關窗動作，避免雨水進入溫室，淋濕作物。

下雨感測訊號擷取系統由桌上型個人電腦為訊號擷取主機，雖然放置在溫室旁的獨立作業室，但是夏天晴天高溫常導致主機當機，影響試驗之進行。桌上型個人電腦不適用在農業高溫高濕環境下作監控使用，除非裝設空調維持桌上型個人電腦的運作溫度在良好條件。

四、結論

根據以上試驗資料顯示，下雨時光學式反應最靈敏，電阻式次之且會有誤動作，重量式需在累積足夠雨水之下才會動作；當雨過天晴時，下雨訊號停止也是光學式反應最靈敏，重量式與電阻式都需經過一段時間讓雨水蒸發後，訊號才會改變。價格方面光學式較貴，進口的重量式次之，電阻式最便宜。

本試驗評估結果光學式性能最佳，其常開接點可連接泛用的控制系統，作為數位輸入訊號，經過控制系統的邏輯規則運算，做出控制輸出，適時關閉溫室天窗，側窗，甚至可作為離地介質耕之灌溉滲漏液監控之用，進行高效率的灌溉水管理，避免灌溉過量之水資源浪費，以及灌溉水量過少造成介質鹽分累積之不良後果發生。

建議未來選用適合農業高溫高濕環境下作監控使用之監控主機，性能等級須提高，獲得監控之穩定性。

五、參考文獻

1. 士林電機廠股份有限公司。2013。雨滴感測裝置-新型專利M458553。專利證書。
2. 姚銘輝。2012。開頂溫室效能評估—以文心蘭為例。設施園藝講座II。農業試驗所、臺灣大學生物資源暨農學院、嘉義大學園藝系及工業技術研究院主辦。
3. 蔡致榮。2012。溫室節能措施與操作。設施園藝講座II。農業試驗所、臺灣大學生物資源暨農學院、嘉義大學園藝系及工業技術研究院主辦。
4. 戴廷恩。2012。APEC 設施園藝作物栽培技術研討會 出國報告 p.16-17。

The Evaluation of Raining Sensor Performance

Chen Ling-Hsi

Associate Agricultural Engineer, Taichung District Agricultural Research and Extension Station, COA

Abstract

Torrential rain, drought and higher temperature are threaten food security due to climate change. Protected culture acreage is increasing in the enhance food self-sufficiency rate policy in Taiwan. Taiwan's climate patterns are rainy spring, high temperature and high humidity as well as typhoons in summer, and cold wave in winter. Local greenhouse emphasizes both reduce temperature in summer and insulation in winter, and also require moderate natural ventilation, shading or misting in the rainy and hot summer. So the activity roof-window that can protect crop from rain and vent in the sunny day has be taken seriously. Greenhouses mounted with activity roof-window are increasing. The activity roof-window has two kinds, retractable and rolling plastic cover, all need to be closed the roof-window when rainy. Rain sensor with electromechanical control technology can automatically close the roof-window when it rains. There are three types of rain sensors: weight, resistive and optical. The experiment was conducted in Tacun Township, Changhua County on 13th January, 2015. The best performance of rain sensor is optical type and weight type has the least sensitivity because it need take time to soak rain drop. The optical type is expensive, followed by imported weight type, and then resistive type.

Keywords: Rain, Sensing, Protected Cultivation, Roof-window.

遙測技術在農作物災害監測之研究與應用評估

林福源[1]、張素貞[2]、馮玉瀅[3]、陳昱為[4]

[1]行政院農委會苗栗區農業改良場 助理研究員
[2]行政院農委會苗栗區農業改良場 研究員
[3]行政院農委會苗栗區農業改良場 計畫助理
[4]行政院農委會苗栗區農業改良場 替代役

摘要

本研究選擇苗栗地區水稻及柑橘作物，設置 200 公頃遙測面積，進行不同生育期空中影像拍攝，並同時進行遙測地區區作物別、生育期、地籍地段經緯度座標及水稻倒伏面積等實地實務的調查。建立水稻及柑橘遠端空拍地理資訊系統辨識技術、實務調查相關性之基本資料、資通技術之天災危害作物程度之辨識系統，進而評估應用於農作物災情調查。利用遙控技術建立農作物生長情形資訊，並比對現場實務調查結果，該技術應用在農作物災損監測上之可行性。

關鍵詞：監測、農作物、天然災害。

一、前言

臺灣位處於亞熱帶季風帶，易發生颱風，近幾年農業生產災損發生頻繁。本研究擬利用輕型無人飛行載具飛機（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）空拍高解析度農作物生長情形，本年度以苗栗縣內水稻及果樹為主。空拍影像以開發軟體解析，可得作物倒伏率、辨識病害之危害程度、及果實著果情形等之三度空間影像（3D image），拍攝中期、後期、颱風前及颱風後，地面解析度5X5 cm以下，彩色正射圖電子圖資自動辨識側錄影片，影像波段資訊主含紅光、綠光、藍光(R、G、B)或其他波段圖檔，作農作物生長情形資訊，並比對現場實務調查結果，該技術應用在農作物災損監測上之可行性。建立遠端監測技術使用之近端實務調查相關性之基本資料及建立水稻白葉枯病發病率影像辨識系統，取代傳統人為調查判定，以提升效率。建立遠端監測技術使用之近端實務調查相關性之基本資料，具3D解析辨識再生稻及移植稻，倒伏面積或單位面積內倒伏率及以柑橘園為主所空拍3D影像，並配合軟體辨識落果損害率之影像圖檔，並套疊於Google Earth平台。本研究選擇苗栗地區糧食作物水稻及果樹柑橘作物，設立200 ha遙測面積，進行不同生育期作物生長空拍及影像監拍、遠端土壤水分監控資訊蒐集，並同時進行實地實務的調查，如病蟲害發生情形及產量等。利用該等相關資料，評估該技術在作物生產量及農損率之應用可行性。選定2-3處白葉枯病發病田區，比較影像辨識系統計算之發病率，與傳統人為判斷的發病率，準確率是否一致。

二、重要工作項目及實施方法

1. 樣區選定(如圖1): 苗栗縣苑裡鎮上館里位於火炎山下豐饒的沖積扇平原上，海拔高由西北向東南遞增，為有機米(鴨間稻)的重要栽植區。卓蘭鎮矮山區位於枕頭山與大安溪的交會口，由於地勢較低，加上坡度較為平緩，為苗栗縣重要觀光果園區域。本計畫選擇苗栗縣苑裡鎮縣道140線及卓蘭鎮507高地周邊約周邊約各100 ha區域作為水稻田和果樹空拍影像資料取得及辨識的拍攝地點。

2. 無人飛機載具: 採用輕型無人飛行載具飛機（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）搭載高清晰度的相機，地面解析度GSD5*5 cm以下。GNSS測量儀器Trimble R8，配合Trimble TSC2 Controller控制器進行施作。經GCP地理對位幾何改正後影像成果，套疊地籍圖坵塊，經緯界空間位置誤差小於3m。採用定翼式無人飛行載具飛機（Fixed wing Unmanned Aerial Vehicle, Fixed wing UAV）執行航拍任務，搭載使用高清晰度的相機，搭配導控系統及導航級GPS進行定點或定距自動拍攝。空拍高解析度農作物影像成果之地面解像單元(Ground Sampling Distance, GSD) 為5*5 cm以下，飛行有效航高(Effective flight height)約200m，縱向重疊度約60%，旁向重疊度約60%。相機規格：(1)Samsung NX1000相機+16mm鏡頭2030萬畫素，APS-C, NIR。(2)Samsung NX1000相機+16mm鏡頭2030萬，APS-C,RGB。

3. 影像處理流程(如圖2):影像幾何對位(Geo-referencing)、正射化及影像幾何改正(Geometric correction)採全數值化處理(digital photogrammetry)。利用Pix4D mapper進行航拍原始影像之地理對位及影像正射化處理，產製高解析正射影像及數值表面模型(Digital Surface Model, DSM)；再經幾何改正程序，套疊地籍圖資料之影像成果，即賦予地籍座標系統下之絕對座標，可供後續地面調查及整合套疊的圖資，進行分析應用(圖3-5)。航拍相片之拍攝有效航高約為200m，攝影比例尺(Aerial photograph scale)約為1/5000。

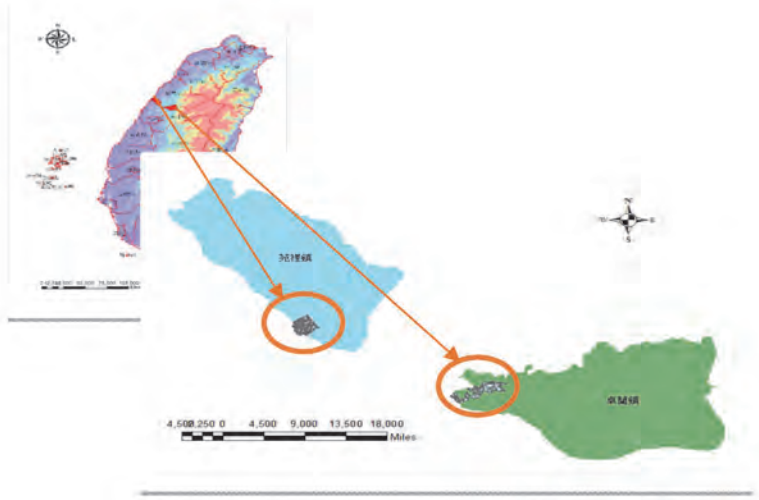


圖1 遠端遙測技術在農作物災害監測之研究與應用評估試驗位置

4. 作物調查 :以拍攝日期前後3天內完成調查，座標點GCP為中心4象限範圍之50m內。苑裡區作物有水稻、芋頭、玉米、大豆及田菁；卓蘭區作物有柑橘、梨、枇杷、楊桃及溫網室，作物種類。生育期、行株距、株高、雜草、週邊作物、環境等資訊。水稻倒伏調查，品種為月光米，進行8塊倒伏區域面積量測工作。

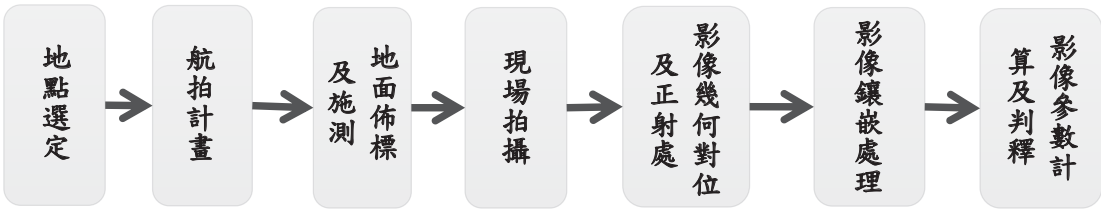


圖2 影像處理流程圖

三、結果與討論

1. UAV空拍正射影像

將3次拍攝影像再行正射影像處理之影像成果，進行作物種類辨識及現地調查作物品種以供比對驗證。苑裡區水稻呈現細緻綠色區塊、芋頭呈現稀疏綠色網點、部份作物呈現條狀栽植，道路呈現灰色、建築物呈現紅色或白色等其他物體顏色。卓蘭區之水稻呈現細緻的綠色區塊可以清楚辨識。果樹色澤與次生林顏色相似，但可以依栽植密度及行株距，進行作物與次生林之區別辨識。高接梨呈現帶狀栽植，各株樹行距無法清楚辨識。柑橘各株呈現圓形區塊，若柑橘為防果實灼傷，噴灑碳酸鈣者，果實呈現灰白色，以天然彩色影像可清楚辨別。利用Pix4D進行幾何校正作業。

2. 常態化植生指數(NDVI)之應用

NDVI原理系健康的綠色植物會強烈吸收紅光（Red，波長約0.67μm），強烈反射近紅外光（NIR，波長約0.75–1.35 μm），利用可見紅光與近紅外光波段的特性，產生一幅兩波段間的比值影像，特別適合用來土壤、水體以及植生間的差異辨識。不同的天候陰影會造成NDVI的干擾。各種地被對於光譜中吸收和反射的波段均不相同，導致不同的地表覆蓋物呈現有所差異。以綠色植物而言，因吸收藍光、紅光及強烈反射紅外光之特性，故應用多光譜資訊於植物之探測，可分辨植生地被、水體或裸露地之差異，常態化植生指數標準差NDVI之原理檢視之試驗成果。雖然所有植物呈現紅色，但依各物種不同，苑裡區水稻呈現細緻紅色、芋頭因有露出水體，呈現紅與黑的質地，並可反射水體為黑色，道路和建築和裸地呈現深灰色(圖3-1)。卓蘭區可明顯看出右上角為鯉魚潭水庫，水體呈現大面積黑色。搭配NDVI辨識出作物品種，亦可由植物俯視呈現的樹冠幅度、栽植密度及現地調查基礎資料比對，以提高作物品種辨釋率。

3. 影像辨識結果

苑裡區(如圖3)之訓練樣區農田邱塊總計560個，供影像判釋達561塊，建立作物誤差距陣表，結果顯示判釋準確度達99.11%。訓練樣區面積總計700,655 m^2，供影像判釋696,077

m^2，結果顯示判釋準確度達99.30%。卓蘭區(如圖4)之訓練樣區農田坵塊總計102個，供影像判釋達94塊，建立作物誤差距陣表，結果顯示判釋準確度達92.16%。訓練樣區面積總計1,112,659 m^2，供影像判釋1,093,044 m^2，結果顯示判釋準確度達98.24 %。

4. 地籍圖資料套疊與Google Earth影像套繪

選取試驗範圍影像、套疊苗栗縣苑裡鎮及卓蘭鎮的農田坵塊圖邊界向量圖檔與「Google Maps」結合應用，再匯入AcrGIS圖層，並建立野外調查屬性資料庫，包括各地段、地號、面積、周長、二度分帶坐標。UAV空拍搭配行政單位所提供之地籍圖層後，套疊Google Earth可迅速查詢正確坐標位置及面積，而所建立的基礎資料，可提供詳細作物品種明細。

5. 水稻倒伏辨識結果

利用AcrGIS劃出實際倒伏區域(圖5)，再利用程式計算倒伏面積。結果8塊倒伏區域實際栽植面積在650.1526–1995.4680 m^2。倒伏區域經人員實際調查與影像判釋結果，倒伏面積差異比平均91.48%，最高值為97.8%，最低值為68.9%。推測造成差異結果有2種原因，包括完全倒伏與未完全倒伏之人員判釋標準誤差及影像判釋僅用NDVI及DSM造成誤差。未來可增加光譜波段及搭配文理分析以提高成功判釋率。



圖3 苑理區作物判釋結果

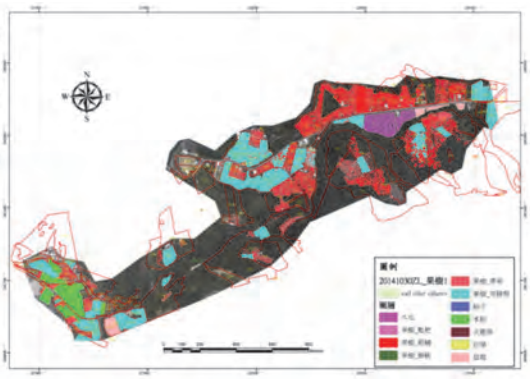


圖4 卓蘭區作物判釋結果

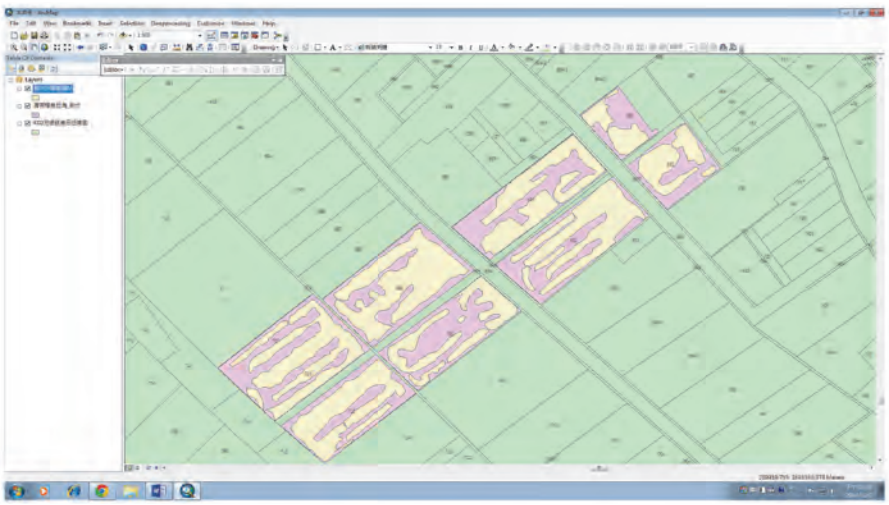


圖5 水稻倒伏面積AcrGIS判釋

四、結論

農作物之遙測的研究使用NDVI係根據健康的綠色農作物在近紅外光會有強烈反射，而對紅光有強烈吸收。由於天然彩色正射影像，仍有無法解決的混淆問題，本研究運用NDVI後處理方式，將誤判像元消除，利用紅光與近紅外光之比值或差值之間的變異擴大或減小進行分析，並將未進行野外調查的區塊進行補遺。本試驗GPS苑里區38個，卓蘭區25個。GSD小於5 cm。AV空中拍攝三次，拍射面積苑裡區181 ha，天然彩色相片和近紅外光(NIR)各870張，總計1,740張。卓蘭區458 ha，天然彩色相片和近紅外光(NIR)各988張，總計1,946張。幾合改正精度小於1個像元。作物辨識精準度苑理區農田邱塊總計560個，供影像判釋達561塊，判釋準確度達99.11%。訓練樣區面積總計700,655 m^2，供影像判釋696,077 m^2，判釋準確度達99.30%。卓蘭區農田邱塊總計102個，供影像判釋達94塊，判釋準確度達92.16%。訓練樣區面積總計1,112,659 m^2，供影像判釋1,093,044 m^2，判釋準確度達98.24%。災損率判釋倒伏面積差異比平均91.48%，最高值為97.8%，最低值為68.9%，而果樹結實率低於60%，推測造成差異結果有2種原因，包括完全倒伏與未完全倒伏之人員判釋的標準誤差及影像判釋僅用NDVI及DSM易造成誤差。果樹結果為3D立體結構，且果樹結果常有葉身、枝條及果實群聚遮蔽，在UAV空拍俯視下，無法得到全角度的影像，無法達到較客觀的判釋成功率。本試驗結果在有農作物基礎資料後，利用影像判釋可減少人工普查之勞力、時間，亦可輔助人工無法到達的區域，增加作物判釋。就天然彩色影像來做辨別，可清楚區分作物品種如水稻、芋頭、黑豆、柑橘、高接梨等，對於其他作物別可進一步利用影像數值、紋理分析、搭配NDVI等技術，提高精確的判釋率。搭配行政單位所提供之地籍圖層後，套疊Google Earth可迅速查詢正確坐標位置及面積。用NDVI值及反射光譜值可做為判釋水稻生育期、病蟲害情形等，提供農民施作、栽植、除害、施肥等田間工作之參考，並提供行政單位政策執行、輔導、獎勵、宣導等工作依據。建議未來可配合現地調查及增加光譜波段及搭配文理分析，提高成功判釋率。

五、參考文獻

1. 江昭皚、盧福明、吳宗修、林詩翔、曾傳蘆、林冠璋、廖誌聖、李仁貴。2006。『自動化害蟲誘捕裝置暨無線通報系統』，台灣農業機械21卷：6–8。
2. 許明晃、黃文達、楊志維、陳建璋、盧虎生、楊棋明。2006。關渡平原2004年空氣品質及氣象因子影響SPOT衛星遙測水稻生長之灰關聯分析。作物、環境與生物資訊。
3. 許明晃、黃文達、楊志維、陳建璋、楊佳豪、吳志文、盧虎生、楊棋明。2005。關渡平原2004年爆發大規模水稻病蟲害與黑穗過程與原因之調查。科學農業53：123–137。
4. 黃毓斌、高靜華、江明耀、鄭允、李木川。2008。東方果實蠅小面積區域防治防治模式研究(二)柑橘園之測試。臺灣農業研究 57：63–73。
5. 楊志維、許明晃、黃文達、楊智旭、蔡養正、楊棋明、張新軒。2004。水稻營養生長期農藝性狀與衛星遙測植生指數NDVI之灰關聯分析。作物、環境與生物資訊1：199–206。
6. 盧福明、江昭皚、張輊祥、陳義祥、歐陽丞修、曾傳蘆。2004。使用簡訊技術之田間資

料傳送性能分析。 九十三年生機與農機論文發表會。頁273–274。
7. 歐世璜。1971。熱帶地區之水稻白葉枯病。邱人璋編著「稻作病害」，pp. 99–112。中國農村復興聯合會水稻病害研討會論文集。台北。
8. 蕭國鑫。劉進金。游明芳。陳大科。徐偉城。王晉倫。2006。結合空載LiDAR與航測高程資料應用於地形變化偵測。航測及遙測學刊 283–295。
9. 蕭國鑫、劉治中、徐偉城。2004。不同影像分類方法應用於水稻辨識之探討。航測及遙測學刊 9：13–26。
10. 顏厥正、蕭國、陳敏祥、黃英婷。2008。國土利用調查成果展示方式與出圖系統建置。地籍測量。27：2 2008.06[民97.06]。頁28–46。
11. Hsu MH, WD Huang, ZW Yang, JC Chen, JH Yang, MY Huang, HS Lur, CM Yang.2006 Grey relational analysis of the effects of climate factors and air qualities on the rice growth monitored by SPOT satellite remote sensing normalized difference vegetation index (NDVI) after operation of Beitou Garbage Incinerator.
12. Huang WD, JC Chen, MH Hsu, ZW Yang, JS Yang, SS Chang, YZ Tsai, KY Huang, LC Lu, CT Chen, CM Yang.2006 Effects of climate factors on the satellite remote sensing normalized difference vegetation index (NDVI) of vegetation in the Mt. Huangzui area of Taiwan. Bot. Bull. Acad. Sin.
13. Huang WD, JC Chen, MH Hsu, ZW Yang, SS Chang, YZ Tsai, KY Huang, LC Lu, CC Chen, CM Yang.2003a Grey relational analysis of the effect of climate factors on the satellite remote sensing brightness index of carpetgrass in Mt. Huangzui. (in Chinese) Chinese Agron. J. 13: 59-66.

Evaluation for Application of Sensing Technology to Monitor on Agricultural Loss

Fu-Yuan Lin[1], Su-Chen Chang[2], -Yu-Ying Feng[3], and Yu-Wei Chen[4]

[1] Assistant Agricultural Engineer, Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agricultural,Executive Yuan, COA
[2] Senior Agricultural Engineer, Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agricultural,Executive Yuan, COA
[3] Assistant , Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agricultural,Executive Yuan, COA
[4] Substitute Services,, Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agricultural,Executive Yuan, COA

Abstract

The purpose of this project is to study the growth and economic yield loss of grain crops and fruits after nature disaster by UAV (Unmanned Aerial Vehicle) techniques for remote monitor in Miaoli area. According to the purpose, we develop technique of remote monitor, communication between near-end and far-end, relative databases of fact-finding. In addition, we establish standard for qualification of pest and disaster prevention to evaluate the data we capture from above and applying to survey of disaster. We try to use UAV remote techniques to establish plant growth model from start to finish when typhoon pass by comparing the difference between growth model and result from fact-finding, and then evaluate the feasibility of this study on agriculture loss.

Keywords: Monitor, Crops, Natural Disasters.

落花生箱型乾燥機之應用模式探討

陳韋誠[1]、黃明仕[1]、盛中德[2]

[1]國立中興大學生物產業機電工程學系 研究助理
[2]國立中興大學生物產業機電工程學系 教授

摘要

國內落花生生產採收一貫化收穫，花生鮮莢含水率高達 50%以上，大多以日曬方式乾燥至含水率低於 12%，本研究以目前國內穀物乾燥常用的箱型乾燥機進行試驗，根據落花生乾燥需求及特性，探討其可行的應用模式，並建立落花生莢果之標準化乾燥作業模式，供為落花生業者利用此設備進行落花生乾燥時之重要參考。並在傳統落花生乾燥流程中導入均質作業，以提高乾燥品質兼顧能源效益，另開發具乾燥功能之太空包以提高落花生進出倉的方便性，亦可提高乾燥機之使用效率，改善傳統落花生乾燥對人工依賴度及天候因素造成品質損失等問題，以降低生產成本，促進國產落花生產業發展。

關鍵詞：箱型乾燥機、落花生鮮莢果、乾燥、均勻性。

一、前言

台灣因高濕環境，落花生皆採一貫化採收方式，故落花生收穫後之新鮮生莢果含水率相當高，須迅速乾燥至安全水分含量，再作均質等後續的處理，最後將落花生莢果水分含降至安全儲藏含水率12%以下，以確保乾燥品質，並避免發霉，衍生黃麴毒素。傳統落花生乾燥採以人工日曬乾燥方式，或輔以網袋平倉式乾燥機或設施進行落花生鮮莢果乾燥作業，機械化程度不高需要很多人工及勞力配合進行。又春作落花生收穫期約在每年的6-7月，適值國內梅雨季及多颱風季節，造成傳統日曬方式乾燥落花生的困難，若下雨時來不及覆蓋更會造成農民嚴重的損失。再加上農村人口老化，多數年輕人往城市發展，造成花生田耕作人力不足，進而產生花生田無人耕種問題。而國外的落花生乾燥條件無法直接使用於國內，如乾燥溫度及均質作業效率等，皆需進一步提升改良。

落花生乾燥主要是利用加熱之低相對濕度空氣，傳遞熱能至乾燥物料，使物料內部產生溫度梯度與內部蒸氣壓力梯度，讓水分由內部擴散到表面，再透過蒸發或通風的對流作用自落花生表面取走水分，只要內部蒸氣壓力高於表面蒸氣壓力時，水分便能夠蒸發出來(參考圖1)。由於花生仁質地緊密，所含水份難以液態形式傳遞，一般先要將莢殼表面的水份汽化後再由乾燥的空氣帶走。在乾燥過程中，莢殼表面水份首先被蒸發，而致表面水份含量降低，但果仁水份仍高，於是仁的水份逐漸向外擴散，此種擴散現象與表面水份蒸發的型態不同，其擴散速率非常緩慢，尤其在乾燥末期，此種現象更為明顯。又其乾燥因果仁受其外殼保護，乾燥空氣無法直接與果仁接觸，如此快速水分傳遞的熱傳作用不及果仁，

果仁的乾燥機制主要為利用擴散將水分由果仁傳至外殼，空氣再由外殼將傳出的水氣帶走，而熱量亦是依此模式進行，如熱量先傳給外殼，再由外殼將吸入的熱量傳給果仁，此種質熱傳特性，基本上限制了乾燥速度，增加通風量乾燥速率的提昇有限，而增加乾燥溫度雖可有效提昇乾燥速率，但對果仁的品質傷害很大，果仁的外殼同時也具有保護黃麴毒素侵入的機制，且田間採收回來之落花生鮮莢果之果仁與莢殼間尚未分離，故落花生的乾燥一般是整顆鮮莢果進行。

落花生乾燥美國設定為落花生莢果含水率在10%，而有些研究顯示乾燥完成的設定應為落花生仁含水率在13%以下，通常黃麴毒素以在13~18%時發育最為旺盛，故此有利長期貯藏，對供油炸用途的落花生，因油炸作業的需求，貯藏期可能長達1年，故一般可以莢果濕基含水率10%為安全貯藏含水率的參考標準;但是食用落花生則多認為以不超過六個月較為適當，故最好不要低於12%，因若低於12%則裂果會增加，尤其維吉尼亞種(Virginia Variety)對過乾特別敏感，裂果率很高。落花生在貯藏期間的品質受含水率的影響相當大，所以乾燥作業乃成為品質保持最重要的一項工作。

為因應未來落花生乾燥中心作業特性與需求，本研究乃針對目前國內常用的箱型乾燥機進行試驗，將均質作業導入國內落花生乾燥流程，利用已開發之去除土粉機械進行去土，另開發快速進出料之落花生莢果太空包式乾燥容器；同時建立落花生莢果乾燥標準化作業模式，提昇落花生鮮莢乾燥效率及乾燥的均勻性，改善傳統落花生乾燥對人工依賴度及易因天候因素造成品質損失等問題。

二、材料與方法

(一)試驗材料：

落花生鮮莢果，由雲林產地採收後直接運送至乾燥場所。

(二)試驗設備：

1.去土設備

落花生鮮莢去土設備，由中興大學研製，包括進料、雙層式去土振篩機(上層去除大土塊及藤蔓、下層去除小粉粒)及輸送設備(如圖2)。

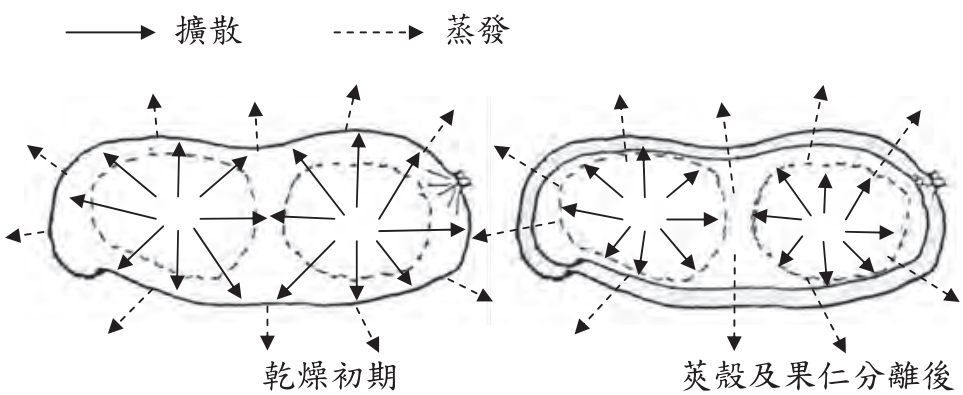


圖1 落花生莢果水分之轉移情形

2.箱型乾燥機

箱型穀物乾燥機(3x3公尺通風底板)，包括平面式乾燥機、具熱風回收乾燥機及槽座式乾燥機等(圖3)。

3.乾燥容器

包括一般小網袋、具乾燥功能太空包(含通風底座，圖4)及散裝方式。每個太空包長、寬、高尺寸分別為90、90及120公分，落花生鮮莢果充填高度為80公分約200-250公斤。

(三)試驗方法：

落花生機械化乾燥試驗流程及所需設備器材(參考圖5)。乾燥模式包括小網袋裝、太空包裝及散裝式。乾燥條件：(1)以50℃熱風乾燥12小時，以快速去除花生莢水分。(2)均質(覆蓋帆布靜置)6小時。(3)以45℃熱風乾燥12小時。(4)均質6小時。(5)以40℃為上限乾燥到結束。



圖2 落花生鮮莢果去土設備



(a)平面式　(b)具熱風回收式　(c)槽座式

圖3 國內穀物乾燥常用之箱型乾燥機

三、結果與討論

本乾燥試驗的取樣點依相關研究，規劃為落花生堆置的上層，使用太空包容器時取中間及4個角落共5點，使用小網袋容器時因乾燥的落花生不能踩踏，故取前方左右共2點，用以觀察乾燥期間落花生的含水率及溫濕度變化及判定乾燥終止時間(參考圖6)。



圖4 具乾燥功能太空包及通風底座

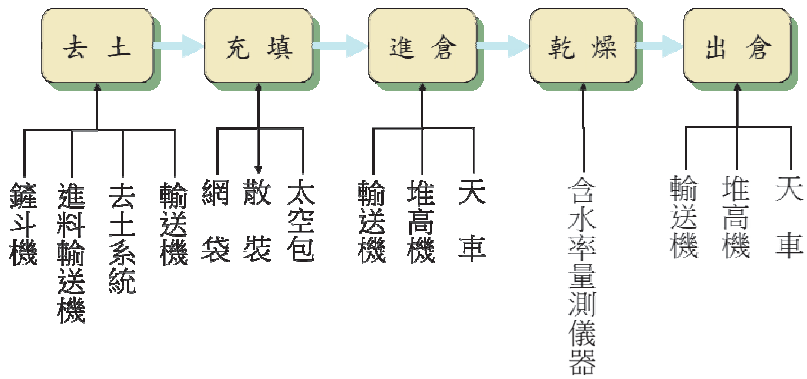


圖5 落花生機械化乾燥流程及設備器材

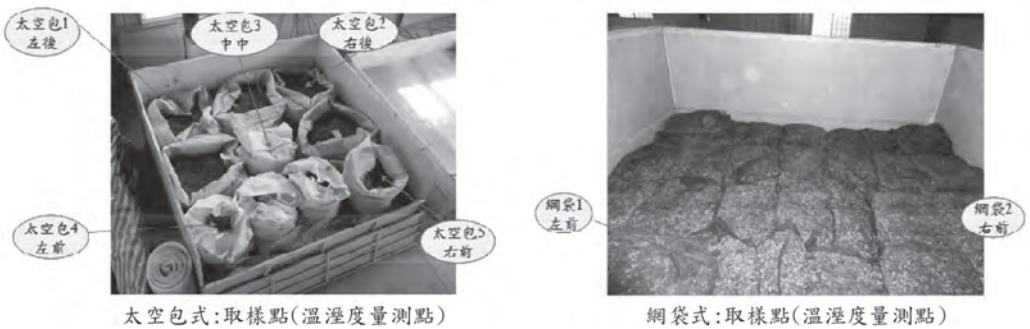


圖6 取樣點說明

乾燥期間落花生的含水率變化如圖7所示。均質作業的目的即在使乾燥機上下層的含水率趨於均勻，並使水分由花生仁向殼移動。試驗結果均質會使上層(取樣點)落花生含水率略上升，並較均勻，達到預期效果。導入均質作業的乾燥模式總乾燥時間並不會增加，因均質期間利用帆布覆蓋的餘熱仍有乾燥效果。由圖7可知總乾燥時間在2天內(42小時)即可將莢花生的含水率乾燥至10%以下。

乾燥期間各量測點溫度變化如圖8所示。開機前先行通風以防熱累積約8小時。均質期間上層落花生溫度有上升的現象，或先上升後下降，此為均質初期落花生莢吸收水分時之放熱現象，部分未及吸收且溫度較高之分分會附著在覆蓋帆布下方。由圖8亦可看出，乾燥過程上層落花生的溫度會逐漸上升，最後會趨近熱風設訂溫度，代表落花生莢果外殼水分已被帶走，此時即應該進行均質作業。

箱型乾燥機三種應用模式之進出倉特性：(1)平面式乾燥機搭配網袋。小網袋包裝之裝袋與鋪置於乾燥機內均需耗費一定的人力，進出倉可用一些輸送設備輔助。進出倉人力需求中等。(2)熱風回收式乾燥機作散裝乾燥。散裝方式乾燥進倉容易，惟出倉主要仰賴人工，目前可用的進出倉輔助機具有限，如皮帶輸送機。出倉人力需求高。(3)槽座式乾燥機搭配太空包。 利用乾燥太空包乾燥，研發具乾燥功能太空包每個約可裝二百至二百五十公斤濕落花生，進出倉可以堆高機輔助，進出倉效率高，但乾燥倉的通風底板必須有通風的輔助設備。進出倉人力需求低(參考圖9)。

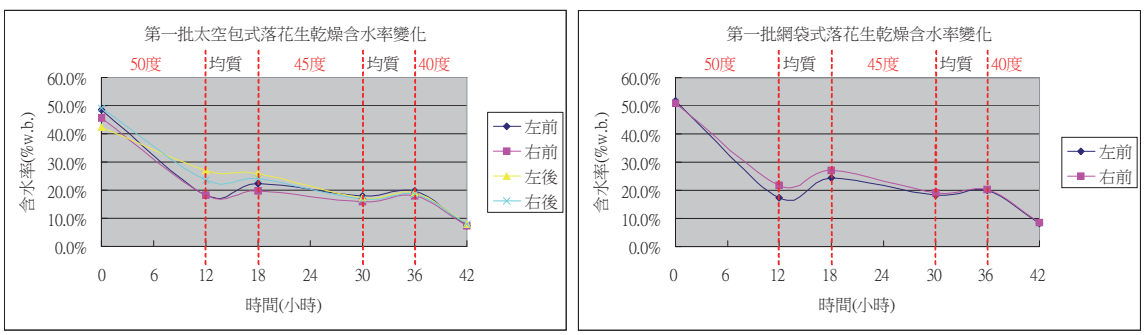


圖7 落花生鮮莢果乾燥期間含水率變化

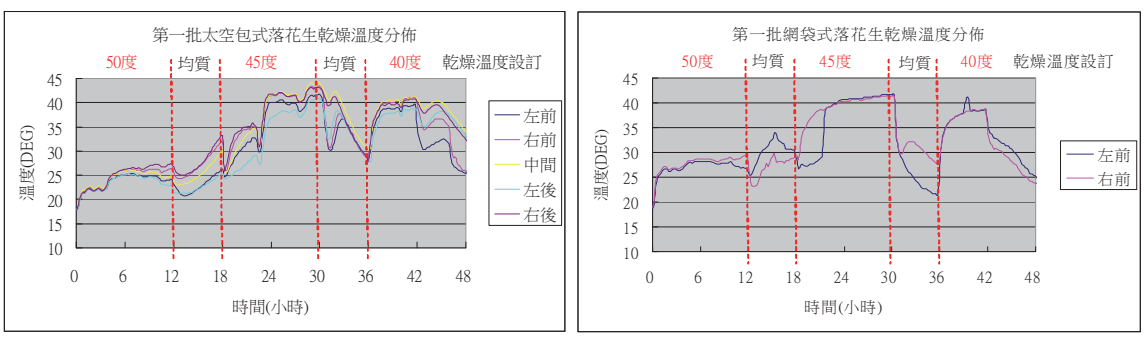


圖8 落花生鮮莢果乾燥期間各量測點的溫度變化



圖9 利用堆高機進行乾燥太空包的出倉作業情形

利用燃油式乾燥機進行乾燥後落花生(含太空袋及網袋堆疊)，乾燥後的重量為2,154公斤，在落花生乾燥前進行去土作業時，所耗用電量為1.5度，若以電價每度電為2.52元計，落花生去土成本0.0011元/台斤；乾燥過程中所耗電量為187度，換算成落花生乾燥用電成本則為0.13元/台斤；此批落花生乾燥過程中所耗費之油量為280公升，若以當時油價為每公升26.7元計，換算落花生乾燥用油成本則為2.08元/台斤；因此，以燃油式乾燥機進行落花生乾燥所需之成本，初步概估為2.22元/台斤(此成本未納入人工成本進行計算)。能源效益:燃油式乾燥機之能源效率:每100台斤用電量：5.25度，每100台斤用油量：7.8公升。

落花生箱式均質乾燥之SOP：落花生進乾燥場所暫存→去土裝袋→初乾作業(至莢殼含水率低於25%)→乾燥及均質作業(至莢果含水率低於12%)。所擬訂之落花生乾燥標準作業流程已由農糧署公告供農民參考。

四、結論

目前落花生鮮莢果之去土作業，使用本研究開發之去土設備已有大幅度的改進，可有效去除土塊及泥沙，惟對藤蔓及子房柄之去除仍需仰賴人工進行，而此些雜物仍會大幅影響去土作業效率，仍待進一步研究去除機械。

本研究導入均質作業於落花生乾燥，實驗證明均質作業可降低上下乾燥層落花生莢果之含水率差異，並縮短乾燥全程所需時間，均質期間不通風更具節能效果，且可避免落花生乾燥過度而花生仁造成脫皮之狀況，維持乾燥成品之品質，值得推廣應用。乾燥均質作業為國內落花生乾燥必需的作業程序，故本研究將均質作業導入，此與國外兩段式收穫最大的差異。惟適合國內落花生乾燥之均質作業所需的時間仍尚未確立，有待進一步研究。均質作業必須注意溫度的維持。均質作業應以完全覆蓋不通風方式進行(參考圖10)。若採用的乾燥機有熱風回收機制，可進行微量通風。



圖10 落花生乾燥之均質作業情形

五、參考文獻

1. 尤瓊琦、陳俊明、雷震寰。1992。落花生乾燥機之基礎研究。農林學報 41(1):67–82。
2. 尤瓊琦、陳俊明、雷震寰。1994。落花生乾燥之研究。農林學報 43(3):43–53。
3. 林維新、梁敦皓、吳信賢、黃子倫、黃柏鈞。2009。落花生乾燥自動化技術。國立虎尾科技大學學報，28卷2期: 11–17。
4. 盛中德。2002。油車合作農場稻殼燃燒爐蒜頭乾燥報告。
5. 黃山內等。1999。落花生專輯。台南區農業改良場技術專刊 98:88–102。
6. 雷震寰。1993。落花生分段式熱風乾燥方法之研究。碩士論文。台中:國立中興大學生物產業機電工程學系。
7. Lewis, M. A. 2011. Optimization of Peanut Drying, Utilizing a Microwave Moisture Meter in the Implementation of a Feedback Controlled System (Doctoral dissertation, University of Georgia).
8. Whitaker, T. B., & Young, J. H. 1972. Simulation of moisture movement in peanut kernels: evaluation of the diffusion equation. Transaction of the ASAE, 15(1):163–166.
9. Young, J. H., Whitaker, T. B., Blankenship, P. D., Brusewitz, G. H., Troeger, J. M., Steele, J. L., & Person Jr, N. K. 1982. Effect of oven drying time on peanut moisture determination. Transactions of the ASAE, 25(2):491–495.

The Study of Application Mode for Peanut Fresh Pod Cabinet Dryer

Wei-Cheng Chen[1], Ming-Shi Huang[1], and Chung-Teh Sheng[2]

[1] Research Assistant, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Chung Hsing University

[2] Professor, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Chung Hsing University

Abstract

Peanut has been harvest consistent production operation in Taiwan. However, peanuts fresh pod moisture content up to 50%, most of the way by the sun to dry to the moisture content of less than 12%. The bin dryer commonly be used in the grain drying in the study. According to the characteristics and needs of peanut drying, we explore its possible application mode and establish the standard operation mode of the peanut drying. The mode offered an important advantage of this device reference for the peanut industry when the peanut drying. In order to improve the drying quality and energy efficient, we introduce uniformity operations during traditional peanut drying process. Further development of the bulk bag with a drying function improves the convenience for peanuts out of warehouses that can improve the efficiency of the dryer. In addition to lower production costs, it can improve the traditional peanut drying to depend on artificial, the weather factors, quality loss and other issues to promote develop the peanut industry.

Keywords: Cabinet Dryer, Peanuts Fresh Pod, Drying, Uniformity.

半自動蓮子去芯機

黃文祿[1,2]、盛中德[3]、廖唯喻[4]、黃弘儒[4]、楊舒宇[5]、薛竣丞[5]

[1]國立嘉義大學生物機電工程學系 助理教授
[2]國立嘉義大學能源與感測器中心 主任
[3]國立中興大學生物產業機電工程學系 教授
[4]國立嘉義大學生物機電工程學系 碩士生
[5]國立嘉義大學生物機電工程學系 大學部專題生

摘要

本研究應用 PIA 影像分析系統進行蓮子幾何物性之量測，初期去芯試驗機構，以不同型式去芯針及兩種放置位置，進行去芯試驗與統計分析知，已脫膜蓮子去芯前應分為 10–12 mm、12–14 mm、14–16 mm 三等級，去芯蓮子應放置在第二位置及應用凹孔式去芯針之去芯率為較佳。依此結果再進一步研製半自動蓮子去芯機，主要技術在應用 60°V 形枕角度及其檔板上錐形淺孔結構，促使蓮子芯長軸中心線，自動與去芯針中心線重疊之關鍵條件，即易達到完全去芯之功能。以 Ø3.0、Ø3.2、Ø3.4、Ø3.6 mm 凹孔式去芯針直徑，10、30、50、80cm/s 去芯針速度及配合 90°、110°、130°、150°錐形孔角度等作為試驗參數，經統計分析後顯示，橢圓粒種及圓粒種去芯率為 98.67%及 99%，已可進行推廣給蓮子農民應用。

關鍵詞：蓮子、去芯、半自動、蓮子機械。

一、前言

國內蓮子主要盛產於台南市白河區及桃園市觀音區，由台南市白河區最具規模，農糧署資料顯示，白河區種植蓮面積約300公頃，蓮子產量還是無法滿足國內需求，進而由東南亞或中國大陸引進來補足。加上國內農村人口外移及蓮子收穫後處理過程繁瑣，導致剝蓮子近幾年工資由每台斤八十元漲至一百二十元，國內市售新鮮蓮子價格也從以往的每台斤兩百元漲至三百元以上。勞力成本佔約售價三至四成，如能以自動化或機械化機械取代，將能大幅提升國內蓮子在市場上的競爭力，使得國內蓮農產業可以永續發展。

目前蓮子收穫後處理仍仰賴人工，使得勞力成本極高。因此，降低收穫後處理作業成本的最佳途徑，即是開發機械化或自動化蓮子相關機械。蓮子去芯的傳統作業方式皆以手工，利用針狀物將蓮子芯去除，而本研究係針對蓮子進行幾何物性量測及分析，進而研製初期去芯機構進行去芯試驗，以其試驗因子之結果為基礎，研製半自動蓮子去芯機構，再以不同試驗因子進行試驗，尋求較佳的去芯條件及去芯率，完成實用型之半自動蓮子去芯機。

二、材料與方法

2.1 試驗材料

本研究之試驗材料是由田間採收之蓮蓬(含蓮子)，貯存於冷藏庫中，試驗前取出蓮蓬回溫後，從蓮蓬中取出蓮子，作為蓮子剖面幾何形狀尺寸之特徵量測及去芯試驗的材料。

2.2 影像分析系統

蓮子剖面幾何特徵之量測，應用一組電腦、Power Image Analysis system (PIA)軟體及掃描器(Epson 1270)，進行蓮子及剖面蓮子各部位尺寸量測，並進行統計分析。

2.3 試驗設備

2.3.1 初期去芯試驗機構

本蓮子去芯試驗機構，如圖1所示，是由一只60°V形枕與檔板、去芯針座及穿刺氣壓缸所組成，機構設計主要重點是利用V形枕及蓮子短軸外形為圓形之特性，予以定位欲去芯之蓮子，使蓮子橫置於V形枕上，避免蓮子在去芯過程中，些微偏移的現象，因此，V形枕角度設計為60°，使蓮子定位更穩定；V形枕上檔板用以抵檔蓮子於去芯時，使蓮子與蓮子芯分離，此檔板與蓮子接觸端面上，有鑽一錐形淺孔，當蓮子合點膜凸脊抵住此淺孔時，此孔可使蓮子芯長軸中心線，自動與去芯針中心線重疊，因此，去芯針去芯作業即能順利將蓮子芯移除；去芯針座係依去芯針直徑大小成配對，每一尺寸去芯針即有配對的去芯座，安置於穿刺氣壓缸作動桿上。

傳統去芯時使用去芯針型式為尖頭型，本試驗蓮子去芯針型式可分為平頭型(Taper Type)、凹孔型(Concave hole Type)及尖頭型(Needle Type)三種如圖2所示，用以比較何種去芯針型式適用於蓮子去芯作業。

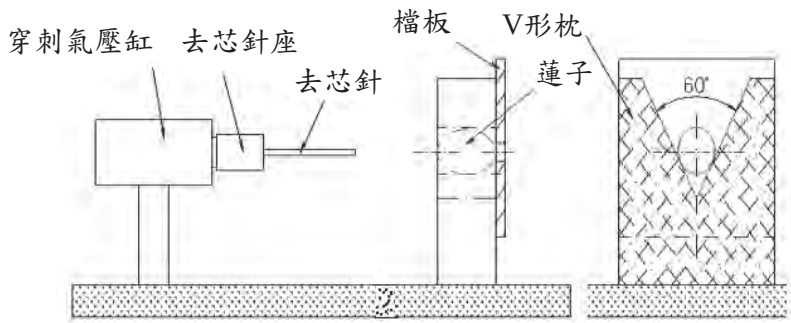


圖1 初期去芯試驗機構示意圖(左)去芯機構正視圖；(右)V形枕側視圖



A. Taper Type　　B. Concave hole Type　　C. Needle Type

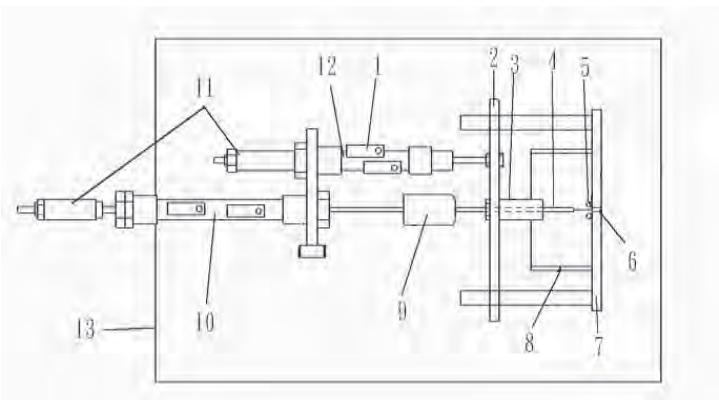
圖2 去芯針型式

2.3.2 半自動去芯機構

依初期去芯試驗機構所試驗之結果，設計半自動蓮子去芯機構，此機構係由一只 60° V 形枕與其檔板、蓮子推桿機構、穿刺去芯機構、可程式控制器(PLC)與電路元件，三組 5/2 單穩態電磁閥、四個磁簧開關及支撐各機構與元件之機體總成所組成。如圖 3 所示。半自動蓮子去芯機構之動作順序：1.將蓮子置於 V 型枕上，如 4(a)圖所示。2.推桿氣壓缸推動(A)，推桿會將蓮子合點膜凸脊抵住淺孔，此時，蓮子芯中心線即自動與去芯針中心線重疊，4(b)。3.去芯針進行去芯(B)，同時蓮子芯被推出孔口外，4(c)。4.去芯針縮回(C)，亦即推桿氣壓缸縮回(D)。經去芯之蓮子即受 60o V 形枕基座底部之兩側吹氣口的高壓氣體吹起，該蓮子即被吹至收集桶內，而完成一次去芯作業之循環。在蓮子推桿氣壓缸及穿刺氣壓缸尾端皆設置一可調整之六角銅柱，可進行蓮子長軸尺寸及去芯針行程作調整。

2.3.3 蓮子去芯中心線之校正

蓮子去芯中心線之歸零校正，如圖5所示，係以一圓柱體置於V形枕上，使圓柱體內孔徑與去芯針外徑配合，在穿刺氣壓缸及V形枕固定座上皆可進行高低與左右方向的調整，待圓柱體內徑與去芯針外徑完全配合(±0.01mm)後，再將其鎖固。本試驗使用短軸直徑為12–14mm範圍內之蓮子進行試驗，試驗時，校正圓柱體尺寸為Ø13mm進行校正。



1.磁簧開關；2.輔助氣缸滑動板；3.蓮子推桿 4.凹口式去芯針；5.出料吹氣口；6.去芯出口 7.擋板；8.V形枕；9.去芯針座；10.穿刺氣壓缸；11.可調整六角銅柱；12.推桿氣壓缸；13.機體。

圖 3 半自動蓮子去芯機俯視圖

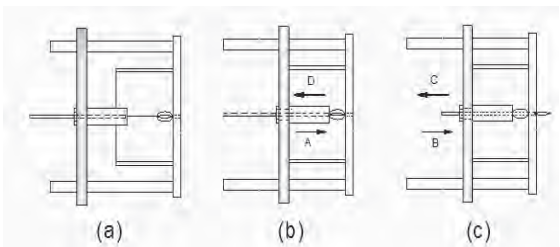


圖 4 半自動蓮子去芯動作示意圖

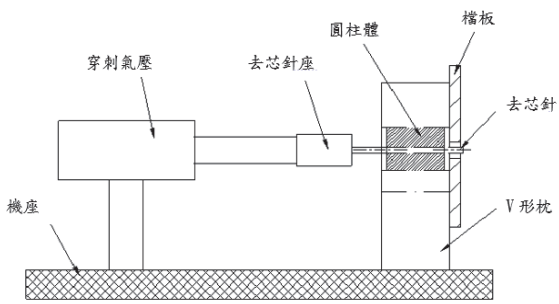


圖 5 蓮子去芯中心線之歸零校正

2.4 試驗方法

2.4.1 手工去芯率檢視

本檢測係自一般市場購買經去芯之市售蓮子，將蓮子剝開進行市售蓮子去芯率分析，以30粒為一組，橢圓粒及圓粒種蓮子各分為24組，以了解市售去芯蓮子之去芯率，作為半自動去芯機之指標。

2.4.2 蓮子幾何物性量測

蓮子物性量測項目有帶殼之長軸及短軸外形尺寸、帶殼最大短軸真圓度、脫殼膜之長軸及短軸外形尺寸、脫殼膜最大短軸真圓度及合點膜凸脊角度及高度等，量測時，應用游標卡尺及PIA影像系統，此些量測數據主要在了解蓮子各項外形尺寸之分佈範圍，以利於去芯試驗時，用以判定蓮子分級等級及設計機構之基本參考數據，其中短軸最大直徑量測尤為重要，因為，去芯時，蓮子係以橫置方式置於V形枕上，其值大小會影響去芯作業時，是否會偏向或位移，同時，間接影響蓮子去芯率。

2.4.3 剖面蓮子之定義與量測

剖面蓮子，如圖 6 所示，應用 PIA 影像計測系統，量測圖示各部位：

1.合點膜凸面脊部之距離(Apical point Membrane Distance & AMD)：合點膜兩脊部間之距離。

2.蓮芯室寬度(Plumule Room Width & PRW)：與穿刺線平行之最大芯室距離。

3.穿刺線與長軸線間之角度(Angle)：穿刺線與長軸線間之夾角。

4.蓮芯直徑(Plumule Diameter)：最大短軸剖面測量線上蓮芯直徑之均值。

5.蓮子合點膜凸脊角度及高度，如圖7所示。

2.4.4 初期蓮子去芯試驗

蓮子去芯前手動放置位置，如圖8所示，第一位置是將蓮子放置於V形枕中間位置，第二位置則將蓮子放置於V形枕中間位置後，再將蓮子合點膜端移至與檔板錐形淺孔緊貼之位置，此設計在了解蓮子於去芯過程中，偏斜狀況及其去芯率的影響。

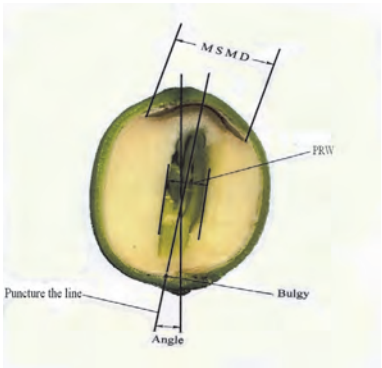


圖 6 剖面蓮子示意圖

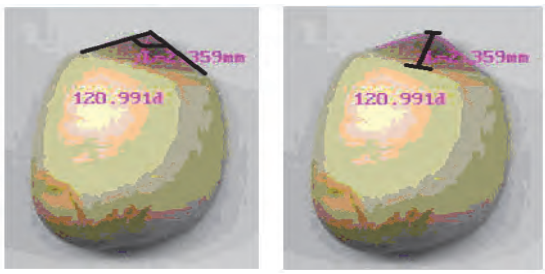


圖 7 合點膜凸脊角度及高度量測

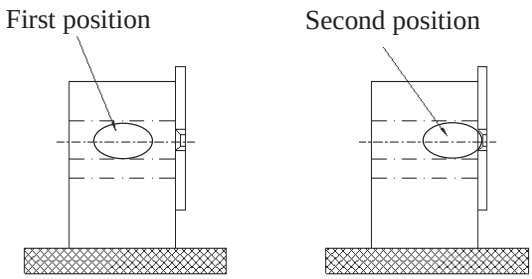


圖8 蓮子放置位置

蓮子初期去芯試驗，係以7cm/s及各型式Ø3.2mm之去芯針速度與直徑，進行去芯試驗，試驗時，以隨機方式取出尚未分級之已脫殼膜的蓮子，放置於V形枕之第一位置及第二位置，再分別應用三種不同去芯針型式進行初期去芯試驗，每組試驗蓮子顆數為60顆，此試驗設計在於尋求蓮子去芯率100%之蓮子的短軸最大及最小直徑之範圍尺寸、均值、去芯率100%之次數，依此試驗結果，再與蓮子物性尺寸及分佈狀況整合，以尋求及決定蓮子分級的等級及範圍；試驗結果將會顯示何種去芯針型式，具有較高的去芯率。

2.4.5 半自動蓮子去芯試驗

半自動蓮子去芯機試驗係使用已脫殼膜後的分級蓮子，放置於V形枕，再進行去芯試驗，試驗時以30顆蓮子為一組，應用凹孔式去芯針，其去芯試驗條件為：不同去芯針直徑、速度及錐形淺孔角度：Ø3.0mm、Ø3.2mm、Ø3.4mm及Ø3.6mm之去芯針直徑，10cm/s、30cm/s、50cm/s及80cm/s之去芯速度，及90°、110°、130°、150°錐形淺孔角度進行半自動蓮子去芯試驗，尋找半自動蓮子去芯機之較佳去芯條件與分析。

三、結果與討論

3.1 傳統市售手工去芯率

試驗時使用傳統手工去芯後蓮子之檢視，經檢視分析結果顯示橢圓粒種最高去芯率為98.67%，最低為61%，圓粒種最高去芯率為100%，最低為74.67%，其中橢圓粒種總去芯率86.41%低於圓粒種總去芯率92.71%，在傳統手工去芯以圓粒較高；傳統人工去芯雖準確度高，但較不穩定，且摻雜多種人為因素存在，會使得去芯率稍有落差，對此些問題，則有賴本試驗去芯之機構予以取代。

3.2 蓮子幾何物性

3.2.1 物性量測與統計

試驗蓮子分為橢圓粒種及圓粒種，外表形狀皆屬於橢圓形，幾何形狀尺寸針對帶殼蓮子及脫殼膜蓮子進行量測，經統計之結果，如圖 9、圖 10 所示。顯示在脫殼膜蓮子外形尺寸方面，橢圓粒種長軸直徑範圍在 14.6–19.9 mm，均值為 17.2 mm，圓粒種長軸直徑範圍在 12.7–15.9 mm，均值為 14.4 mm，橢圓粒種短軸直徑範圍在 10.8–16.6 mm，均值為 12.4 mm，圓粒種短軸直徑範圍在 11.9–15.7 mm，均值為 13.2 mm；橢圓粒種短軸直徑分佈在 10–12mm

範圍內占試驗總粒數的 25.73%，分佈在 12–14mm 範圍內占試驗總粒數的 75.33%，則 14–16 mm 範圍內僅占試驗總粒數 0.67%；圓粒種短軸直徑分佈在 10–12 mm 範圍內僅占試驗總粒數的 1.33%，分佈在 12–14 mm 範圍內占試驗總粒數高達 91.33%，則 14–16 mm 範圍內占試驗總粒數 7.33%

試驗顯示橢圓粒種及圓粒種帶殼最大短軸真圓度各為 94.5%及 93.11%，脫殼膜則各為 93.8%及 92.1%，兩者數據顯現橢圓粒種較圓粒種真圓度高，亦即接近於正圓，對使用 V 形枕作定位即為有利，其次，芯室寬度各為 5.38 mm 及 5.13 mm，橢圓粒種仍較圓粒種為寬，該寬度對去芯針直徑大小，具有決定性的參考價值，對去芯作用力影響大。

3.2.2 剖面蓮子參數與統計

蓮子縱剖面及橫剖面尺寸量測主要目的在於了解蓮子內部結構、特徵位置及其相對尺寸，以作為相關機構設計之關鍵參數，經量測統計顯示橢圓粒種及圓粒種合點膜脊部距離(AMD)均值各為4.01mm及3.66mm，穿刺線與長軸所夾之角度範圍各為2.5–15.8°及3.28–15.3°，芯室寬度(PRW)均值各為5.38mm及5.13mm，蓮芯直徑(Plumule Diameter)均值各為3.96mm及4.53mm，此些數據對蓮子去芯機構的設計具有指標性的意義，至於穿刺線與長軸所夾之角度係在包含蓮子外殼之剖面所量測，但若將蓮子脫殼後，蓮子的中心線係在合點膜突出端點(Apical point)至蓮子另一端外緣凸出點，此凸出點因處於蓮子芯中心線上，成為手工去芯者穿刺去芯的最佳位置，即為最佳穿刺起始點，但是，橢圓粒種穿刺線與長軸之夾角(Angle)角度範圍為2.5–15.8°，圓粒種角度範圍為3.28–15.3°，其變異係數值各為34.4%及30.46%，顯示出蓮子未分級的結果，由此可知，半自動蓮子去芯機欲去芯前，為使去芯針精準對正蓮子芯中心線，應該先進行分級較為有利。

3.2.3 合點膜凸脊角度及高度之量測結果

對蓮子合點膜凸脊角度及高度之量測後，經統計結果，顯示橢圓粒種之合點膜凸脊的角度範圍在87.89–139.2°，均值為115.04°，圓粒種則為101.8–130.2°，均值為116.3°；橢圓粒種合點膜凸脊高度範圍在0.947–3.409 mm，均值為2.228 mm，圓粒種範圍則為1.139–2.590mm，均值為1.892 mm。因此，對錐形淺孔角度之實驗設計，則採用90°、110°、130°、150°，淺孔深度為2 mm。

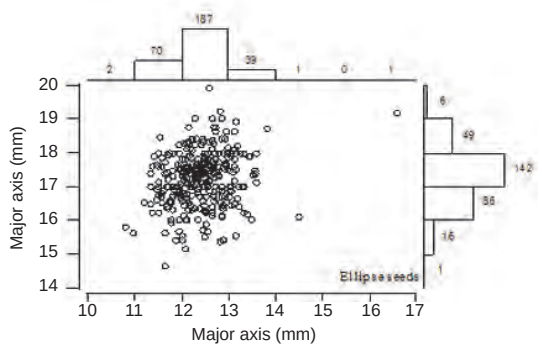


圖9 已脫膜蓮子分佈與頻度圖(橢圓粒種)

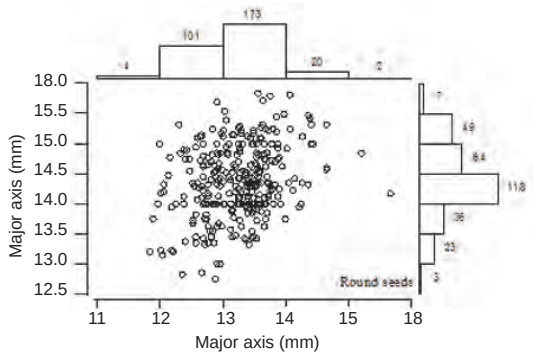


圖10 已脫膜蓮子分布與頻度圖(圓粒種)

3.3 蓮子放置位置及去芯針型式試驗

蓮子初期去芯試驗，使用未經分級蓮子及以隨機方式取得，以7 cm/s去芯針速度，應用平頭式、凹孔式、尖頭式等去芯針型式，及Ø3.2 mm去芯針直徑，作為試驗因子，經試驗及統計結果，如表1及表2所示，顯示第一位置較第二位置去芯效率差，主因在於去芯時，去芯針欲穿刺蓮子前，必然使蓮子位移至檔板後，再穿刺進行去芯作動，蓮子即因位移動作而偏位所導致的結果。

由表1知，橢圓粒種以凹孔式第二位置去芯100%為41/60次，顯示凹孔式第二位置去芯率83.25%優於其它試驗因子組合，其短軸直徑範圍為14.7–10.7 mm，短軸均值為12.99 mm；由表2知，圓粒種以凹孔式第二位置去芯100%為42/60次，其去芯率80.5%為較高，短軸直徑範圍為14.4–11.3 mm，短軸均值為13.15 mm。

此時，若與圖9及圖10短軸頻度分佈圖對照顯示，以Ø13 mm圓柱體校正中心(假設蓮子直徑為Ø13 mm)為基礎，試驗後，將去芯率100%之蓮子，進行蓮子短軸直徑量測，量測結果短軸直徑分佈範圍皆在12–14 mm內，因此，可驗證經脫殼及脫膜後之蓮子可分成10–12 mm、12–14 mm及14–16 mm三等級。

表1 初期蓮子位置試驗結果(橢圓粒種)

Variety		Minor Max. Range	Size,mm Mean	Minor Max. Range	Size,mm Mean	Mean mm	100%Succeed Times	Removed Rate,%
Taper	P1	14.7~12.2	13.39	14.6~11.3	12.85	13.12	13	59.33
type	P2	15.2~11.7	13.22	14.0~11.1	12.49	12.85	26	73.50
Concave	P1	14.4~11.7	13.58	14.1~11.5	13.07	13.33	21	56.18
Hole type	P2	14.7~11.4	13.32	14.3~10.7	12.65	12.99	41	83.25
Needle	P1	14.1~12.2	13.32	13.6~11.0	12.41	12.86	11	27.50
type	P2	14.8~12.1	13.62	13.4~11.6	12.70	13.16	12	39.67

Note: P1, P2: Position of Removing plumule, Testing Times: 60 Times

表2 初期蓮子位置試驗結果(圓粒種)

Variety		Minor Max. Range	Size,mm Mean	Minor Max. Range	Size,mm Mean	Mean mm	100%Succeed Times	Removed Rate,%
Taper	P1	14.0~12.4	13.14	13.6~11.7	12.55	12.85	19	57.0
type	P2	14.1~12.2	13.37	13.6~11.2	12.82	13.10	37	77.83
Concave	P1	14.2~12.7	13.52	13.8~11.3	12.80	13.16	36	78.67
Hole type	P2	14.4~12.6	13.52	13.7~11.3	12.78	13.15	42	80.5
Needle	P1	14.3~13.0	13.47	12.7~12.4	12.53	13.00	6	17.17
type	P2	14.0~12.2	13.10	13.1~12.0	12.60	12.85	10	27.83

Note: P1, P2: Position of Removing plumule, Testing Times: 60 Times

3.4 半自動去芯機試驗結果

半自動蓮子去芯試驗應用經分級之試驗蓮子，短軸尺寸範圍在12–14 mm，使用去芯針直徑Ø3.0mm、Ø3.2mm、Ø3.4mm及Ø3.6mm之凹孔去芯針直徑，去芯速度10cm/s、30cm/s、50cm/s、80cm/s以及錐形淺孔角度90°、110°、130°、150°等為參數，進行半自動蓮子去芯試驗，經數據統計顯示，橢圓粒種及圓粒種去芯針的速度越快，則會導致去芯率下降，因為去芯速度過快時，會導致部分蓮子芯在內部被削去，而殘留於芯室內，使得去芯率下降。除此之外，在去芯針直徑越大狀況下，當去芯速度越慢及錐形孔角度越大時，去芯率高；當去芯速度越快及錐形孔角度越小時，則去芯率下降。

進行蓮子去芯試驗，經統計分析後顯示，橢圓粒種以去芯針直徑Ø3.6 mm、去芯速度10 cm/s 及錐形孔角度130°之條件下，去芯率為98.67%；圓粒種則以去芯針直徑Ø3.6 mm、去芯速度10 cm/s 及錐形孔角度150°之條件下，去芯率為99%。

四、結論

經初期去芯機構之試驗、統計及分析後，顯示蓮子可分成三等級，即10–12mm、12–14mm及14–16mm；應用凹孔式去芯針。

半自動蓮子去芯機構試驗結果知，橢圓粒種在Ø3.6mm去芯直徑、10cm/s去芯速度及錐形角度130˚之條件下，去芯率為98.67%；圓粒種在Ø 3.6 mm去芯直徑、10cm/s去芯速度及錐形孔角度150˚之條件下，去芯率為99%；其去芯率皆較傳統市售手工去芯率為高，因此，本機已可推廣給蓮子農民應用。

誌謝

承蒙行政院農業委員會農糧署『農業機械與自動化研究』科技計畫【101農科-8.1.4-糧-Z1】、【102農科-8.2.1-糧-Z1(1)】及104年度農業科技產學合作計畫【104農科-1.4.2-糧-Z5】經費的支持，特此感謝。

五、參考文獻

1. 余群、易啟偉。2010。鮮蓮子自動化剝殼技術及設備。農機化研究(6)：42–45。
2. 余銘仁、林慶福（民94）。專利證號092137374。臺北市：經濟部智慧財產局。
3. 吳宗輝。1998。白河蓮花節八十六年成果專輯。台南縣白河鎮公所。ISBN：9570209712，台南、台灣。
4. 易啟偉、王旺平、張永林。2010。乾殼蓮子剝殼穿心機械化加工技術與裝備。食品與機械26(4)：81–83。
5. 馬秋成、盧安舸、陳鍇、趙扶民、雷林韜、張驚。2014。蓮子機械自動　去芯自適應定心技術與樣機試驗。農業工程學報30(21)：17–24。
6. 陳明元（民87）。專利證號86215883。臺北市：經濟部智慧財產局。
7. 陳明元（民88）。專利證號87214438。臺北市：經濟部智慧財產局。

8. 陳明元（民89）。專利證號088213691。臺北市：經濟部智慧財產局。
9. 陳明元（民92）。專利證號091121813。臺北市：經濟部智慧財產局。
10. 陳明元（民93）。專利證號091124876。臺北市：經濟部智慧財產局。
11. 黃文祿、盛中德。2005。進行蓮子脫膜機之研究。農業機械學刊。14(3)：1–9。
12. 黃文祿、盛中德。2007。蓮子幾何特徵之探討。“出自九十六年度生機與農機論文發表會論文摘要集〞，(2)155–156。台北：台灣生物機電學會。
13. 黃文祿、盛中德。2011。蓮子機械脫膜之研究。“出自一百年度生機與農機論文發表會論文摘要集〞，NO. A27, P28。台北：台灣生物機電學會。
14. 邱永川、黃文祿、黃膺任、吳德輝、廖唯喻。2012。手壓式蓮子脫粒機之試驗。“出自一百零一年度農機與生機論文發表會論文摘要集〞，NO.A06, P24.。台北：中華農業機械學會。
15. 黃文祿、盛中德、廖唯喻。2012。蓮子去芯之試驗研究。“出自一百零一年度農機與生機論文發表會論文摘要集〞，NO.G01,P72.。台北：中華農業機械學會。
16. 黃文祿、盛中德、廖唯喻、陳韋至。2013。半自動蓮子去芯之試驗。“出自一百零二年度生機與農機論文發表會論文摘要集〞，NO.A05,P5.。台北：台灣生物機電學會。
17. 黃文祿、盛中德、廖唯喻、郭忠杰、黃弘儒、康育豪。2014。半自動蓮子去芯之影響因子。“出自一百零一年度農機與生機論文發表會論文摘要集〞， NO.A04.。台北：中華農業機械學會。
18. 裴聖華、洪輝、劉木華。2013。蓮子通芯機研究現狀與展望。中國農機化學報 34(6)：43–45。
19. 趙小廣、宗力、謝麗娟。2006。乾殼蓮子物理參數試驗研究。食品與機械 22(2): 53–55。
20. 劉木華、吳彥紅、夏忠義。1999。蓮子物理機械特性試驗研究(I)。江西農業大學學報 21(3): 425–428。
21. Du, Z., Zong, L. (2009). Current Studies and Applications on Grader of Lotus Seeds. Hubei Agricultural Sciences. 48(4):978–981.
22. Wang, F., Chen Y. H. (2006). Studies on the machine of lotus seed sheller hollowly. Mechanical Research Application., 19(5):79–80.
23. Huang, W. L. Sheng, C. T. (2011). Breaking and removing lotus seed membranes using water jets. International Agricultural Engineering Journal. 20(1):1–10.
24. Huang, W. L., Sheng, C. T., & Liao, W. Y. (2014, May). INFLUENCE OF REMOVING NEEDLE SPEED AND DIAMETER ON THE REMOVING RATE FOR LOTUS SEEDS. the 7th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB). Yilan, Taiwan, P235–242.

Semi-Automatic Machine for Removing Lotus Seed Plumules

Wen-Luh Huang[1], Chung-Teh Sheng[2], Wei-Yu Liao[3], Huaang-Youh Houng[3], Shu-Yu Yang[4], and Jun-Cheng Xue[4]

[1]Assistant Professor, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Chiayi University

[2]Professor, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Chung Hsing University

[3]Master, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Chiayi University

[4]Undergraduate Student, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Chiayi University

Abstract

This research utilizes PIA image to analyze the counting and examining system. Detect the geometric physical characteristics of the lotus seeds. Go to the removing sprout test organization in initial stage, With different to removing sprout needle model and two kinds put the position, removing sprout test with statistical analysis knowing, the removing sprout which is taking off the membrane lotus should be divided into 10–12mm, 12–14mm, 14–16mm three grade in the initial stage process of proceeding. It means that the removing sprout lotus seeds should be put in second position and the removing rate relatively excellent efficiency will be shown for the needle of Concave-hole type. Develop semi-automatic lotus seeds removing sprout machine further in accordance with this result, The main techniques are to apply V-shaped base and lotus seeds characteristics of the short axis of the circular shape to let the long axis of the center line of the lotus seeds be with overlapping removing centerline automatically. Therefore, Conducting removing needle to remove operations will be able to remove the sprout of lotus seeds successfully. After that, using Ø3.0, Ø3.2, Ø3.4, Ø3.6mm and 7, 10, 30, 50, 80 cm/s for concave-hole diameter to remove sprout of lotus seeds needle and to remove sprout of lotus seeds needle speed. Then Matching 90°, 110°, 130°, 150° toper hole angle to conduct removing sprout of lotus seeds for experiment parameter. According to the statistical analysis, it shows that ellipse and round kinds removing rate is 98.67% and 99%. Can already popularize and application to the lotus seeds farmer.

Keywords: Lotus seeds, Removing Sprout, Semi-Automatic, Machinery of Lotus Seeds.

青花菜分切機台開發設計

李健[1]、鍾瑞永[2]、鄭榮瑞[3]

[1]行政院農委會臺南區農業改良場 助理研究員
[2]行政院農委會臺南區農業改良場 副研究員
[3]行政院農委會臺南區農業改良場 研究員兼副場長

摘要

青花菜性喜低溫生長的環境，在冬季時特別適合大規模契作栽種，除供應台灣當季生鮮蔬菜需求外，亦可分切成小花後急速冷凍長久保存。除用來供作外銷出口至美、日、港、星及熱帶國家外，亦可冷凍封存後於台灣夏季時出貨販售。唯目前台灣毫無任何自動化青花菜分切設備以供冷凍廠使用，因此需要依賴高度人力密集的小花分切作業;台灣的人口老化及勞力缺乏，是目前限制青花菜發展成大宗蔬菜產業的最大瓶頸。本場開發之青花菜分切機採用人工置放後自動感應分切設計，利用感應光柵欄自動偵測是否置放完成並兼具安全保護設計。其可轉向壓菜碗可針對青花苔外型適應調整角度，此外可置換套環能針對不同品種尺寸差異進行調整。本分切機一分鐘最高可分切 40 顆以上，能解省傳統人工作業 5 倍以上人力，此外亦調查本機分切後小花重量分布與人公分切的差異。

關鍵詞：青花菜、分切機、小花、菜莖。

一、前言

我國冷凍蔬果加工廠因加工技術及設備先進，品質要求嚴格，冷凍毛豆、荔枝及芒果等多種冷凍蔬果產品已穩定出口美、日、港、星及大陸等國家，惟冷凍蔬果產品常因製程自動化程度不足，部分生產過程需仰賴人力，使加工成本偏高，影響產品市場競爭優勢。開發製程自動化設備，有助於克服產業發展瓶頸，協助產業向上提升，開創國產蔬果更多的市場，藉由調整大宗蔬菜產業結構給農民更高的收益，促進國內農業永續發展。

國內青花菜種植面積約1,394公頃，產量約28,238公噸，主要產地包括雲林縣及嘉義縣等，盛產期為11月-4月，我國近3年冷凍青花菜每年進口量平均約3,554公噸，主要由中國大陸進口，顯示國內需求量甚大。發展國內冷凍青花菜，有助於替代進口產品，加工業者運用國產農產原料，更有助於源頭管理並確保原料品質。

二、材料與方法

青花菜蕊自動分切機械開發研究及冷凍青花菜副產品開發及加工技術研究，前經農糧署研提「整合科技建構冷凍蔬果產業價值鏈」科技計畫，並由臺南區農業改良場執行，為加速設備開發進度，自美國引進青花菜蕊分切設備，並依產業需求進行設備改善，開發過程如下：

1. 進口原機測試：

進口手動分切機已壓縮空氣驅動，需手動按鈕觸發，經實際測試以人工放置每分鐘可處理 40 株青花菜。

2. 自動化性能提升：

以光柵欄自動感應執行切割免去手動觸發元件，於加工製程具自動安全保護功能，並將輸送帶設計為可針對作業量調整移動。

3. 依品種尺寸適應調整：

設計可更換式槽孔蓋板，依品種尺寸需求，調整最佳槽孔徑及切割深度。

4. 節省人力調查估算：

青花菜分切製程耗費人力，為加工製程主要瓶頸，以人力分切時每人每分鐘約處理 5 顆青花菜，導入自動分切設備，以兩台分切機搭配 3 位作業人員，每分鐘約處理 80 顆青花菜，估計平均可節省 5 以上的人力。

三、結果與討論

臺南場開發之青花菜自動分切機採用人工置放後自動感應分切設計，利用感應光柵欄自動偵測是否置放完成並兼具安全保護設計。其可轉向壓菜碗可針對青花苔外型適應調整角度，此外可置換套環能針對不同品種尺寸差異進行調整，本分切機一分鐘最高可分切40顆以上，能解省傳統人工作業5倍以上人力。圖1為機台分切機構的運動流程圖，圖2為機台搭配輸送帶後的整體外觀。

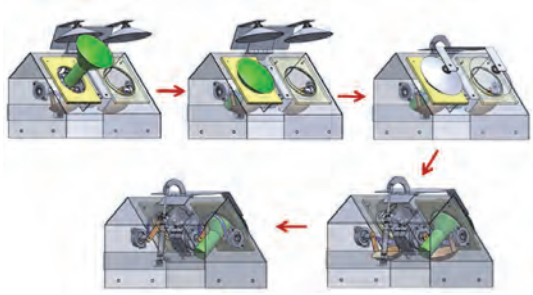


圖1 機台分切機構的運動流程圖

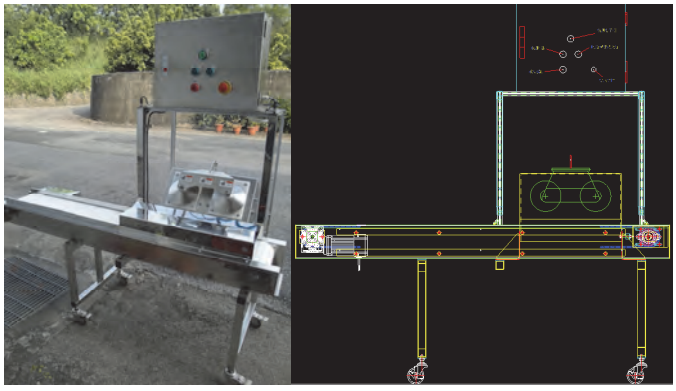


圖2 機台搭配輸送帶後的整體外觀

青花菜分切機置放於嘉義縣鹿草鄉下潭村的嘉鹿果菜生產合作社進行試驗，圖 3 為機械分切試驗的情形，機械試驗隨選 14 株青花菜進行分切，並在分切後進行小花重量分佈統計。圖 4 為生產合作社人工分切的情況，一人每分鐘可切約三株菜。最後圖 5 為最佳化機械分切與人工分切的小花重量分佈。



圖3 機械分切試驗的情形



圖4 嘉鹿果菜生產合作社人工分切的情況

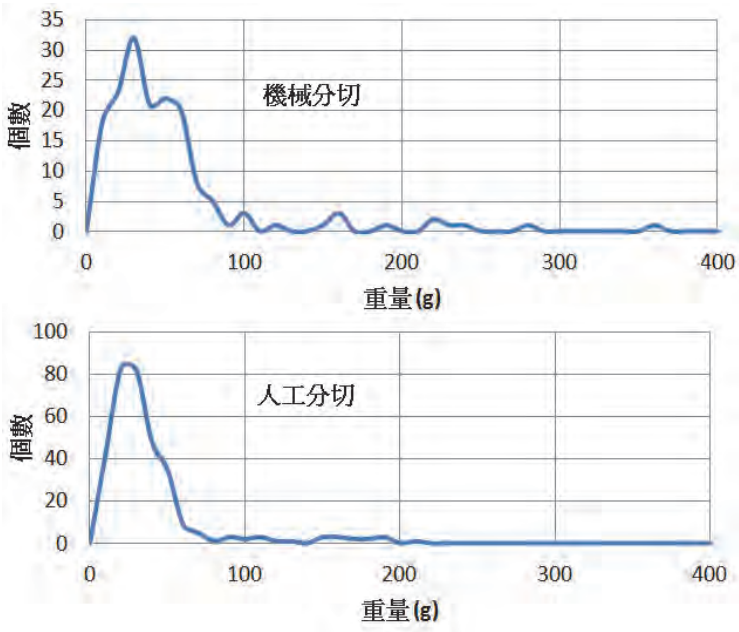


圖5 最佳化機械分切與人工分切的小花重量分佈

四、結論

目前開發青花菜分切處理機，主要結構包括切割台、光柵欄保護罩、輸送帶及控制系統，已能夠偵測人工放置完成並自動啟動切割作業，分切最快可達每分鐘20次，並且能在異物突然侵入的狀況下，緊急停止作業，並依照人工放置作業速度，自動調整分切後青花菜於帶上輸送速度，以方便後端人工選別處理，將持續針對國內青花菜品種進行位置分佈及莖部粗細長度等統計調查，以利設備符合加工廠作業需求。

本青花菜分切機在適當調整的情況下，其分切重量分佈特徵在100克以下可以接近人工分切結果，然而機械分切後仍然有部分大塊青花苔(100克以上)存在，此需要進一步人工去後處理。整體而言本機台能解省傳統人工作業5倍以上人力。

五、參考文獻

1. 陳銘鴻、廖珮如、陳吉成、李健、陳曉菁。2014。運用設備研發建構產業加值鏈--青花菜分切設備開發。農政與農情第267期。
2. Broccoli floretting machine AIRBRO。http://www.kronen.eu/en/maschinen/airbro
3. Vegetable Cutting Machines – Broccoli. http://www.aitenet.com/landing/ vegetable-cutting-machines-broccoli/
4. Air-Driven Broccoli Floret Machine. http://charliesmachineandsupply.com/catalog/broccolifloret.shtml
5. Broccoli Online Floret Unit. http://www.agrabest.com/broccoli_online_unit.html
6. Floreto. http://www.sweere.net/product/idFloreto/floreto.html
7. Cauliflower/broccoli single-row floretting machine RA-01。http://mega.webapp4u.pl/en/produkt/rozyczkarka-jednorzedowa-ra-01
8. Foodlife CABRO SL。http://www.foodlife.nl/en/machinery/foodlife-cabro-sl/
9. Vegetable core removal apparatus。美國公告專利US6036989A
10. Broccoli floreting systems and methods。美國公開專利US20090208626A1
11. Broccoli head trimming apparatus and method。美國公告專利US5470602A

Design and Development of Floret Cutting Machine for Broccoli

Chien Li[1], Jui-Yung Chung[2], and Jung-Jui Cheng[3]

[1] Assistant Agricultural Engineer, Tainan District Agriculture Research and Extension Station assistant mechanist, COA

[2] Associate Agricultural Engineer, Tainan District Agriculture Research and Extension Station assistant mechanist, COA

[3] Senior Agricultural Engineer and Deputy Director-General, Tainan District Agriculture Research and Extension Station assistant mechanist, COA

Abstract

In the frozen food industry, there is a need for automated apparatus which will reliably and speedily prepare large volumes of broccoli for freezing, by separating the edible portions from the cores, while the broccolis are still in prime condition following harvesting. A commercial requirement for a relatively low-cost machine having a more modest throughput is a goal of the present design, this cutting machine can cut more than 40 head of broccolis in one minute and will save five times labor job.

Keywords: Broccoli, Floret, Cutting.

滾筒式炒菁機改良研發

黃惟揚[1]、蔡憲宗[2]、巫嘉昌[3]
[1]行政院農委會茶業改良場茶葉機械課助理研究員
[2]行政院農委會茶業改良場茶作課研究員兼課長
[3]行政院農委會茶業改良場茶葉機械課研究員兼課長及通訊作者

摘要

傳統滾筒式炒菁機入料口與外界相通，故在加熱時炒菁機內部溫度高，外界空氣溫度低，使空氣熱對流旺盛，造成炒菁機中間溫度高，外側溫度低。量測炒菁機鍋壁最大溫差為 125℃，空氣最大溫差為 98℃，造成整體炒菁品質不均。針對前述問題，在炒菁機前端增設風門，探討改善炒菁機內部溫度分布不均可行性，結果顯示，增設風門使鍋壁最大溫差從 125 度改善為 49 度，空氣最大溫差從 98 度改善為 31 度。同時，增設風門可避免熱氣外洩，節省瓦斯的用量。由感官品評數據得知，增設風門可提升製茶品質。未來預計將風門概念設計於一般瓦斯炒鍋，提升臺灣農友製茶品質。

關鍵詞：炒菁、茶湯品質、茶葉加工技術。

一、前言

食材在乾熱下翻動引起的化學變化，稱為焙炒。焙炒對蛋白質有調性作用；澱粉有糊化作用；糖類有焦化作用。故茶葉焙炒能去除異味，並提升香氣與滋味。適當的高溫對食材也有殺菌效果，提升食品安全性。茶葉需炒菁終止酵素活性，但此過程時間短且不易控制：溫度過高或過久會燒焦，溫度過低或過短無法去除青味。因此控制炒菁機溫度準確性及掌握炒菁時間，是茶葉製造之重要課題。

黃 (1989、1990、1991) 改良圓筒式炒菁機，焙炒時可設定時間自動下料，減輕製茶師傅的負擔，并設計不同外觀的攪葉板，探討不同攪葉板對製茶品質影響。黃 (2009) 探討不同加工方法對炒菁綠茶品質之影響，證明焙炒溫度高且時間短其泡出的茶湯滋味與香氣最佳。張 (2010) 探討微波加工炒菁對綠茶品質的影響，證明微波穿透性強可直接加熱到茶菁中心，焙炒程度均勻且穩定，不像傳統炒菁會發生葉緣燒焦的問題。程 (2008、2010) 提到，熱風型炒菁機可設計成焙炒與乾燥一體。程 (2013) 提到熱風型炒菁機容易造成焙炒過乾，而夏、秋茶鮮葉本身含水率低，故易發生燒焦問題，為改善此問題，在熱風型炒菁機內部增設加濕器增加焙炒濕度。

但炒菁機演變至今無多大的改變，未探討及量測過內部溫度是否均勻。本試驗量測傳統炒菁機鍋壁與空氣溫度，量測位置如圖1所示。由圖2得知炒菁機內部空氣和鍋壁溫度不均，其炒菁機鍋壁最大溫差為125℃，空氣最大溫差為98℃，故傳統炒菁機在殺菁時會部分茶菁過焦，其餘部分茶菁殺菁不足，造成製茶品質不均。

傳統炒菁機內部溫度過高，造成熱空氣藉熱對流從入料口散失 (如圖3) ，並吸入外界冷空氣，造成外側側溫度低，中間溫度高 (如圖2) 。為解決前述問題，另外在入料口加設風門 (如圖4、圖5) ，使炒菁機內部熱空氣不會直接跑到外界空氣，改善整體溫度分布不均的問題，造就其溫度均勻更勝於傳統炒菁機。

針對炒菁機內部或製茶過程溫度分佈現象解釋，可分別用熱傳學的熱傳導、熱對流和熱輻射說明：

(一) 熱傳導

熱能由高溫往低溫傳遞為熱傳導，利用分子與分子間的震動能傳遞。各種材料間的熱傳性能不同，如金屬有自由電子，故熱傳速度快，可做為熱交換器材料；石棉 (隔熱棉) 傳導性能差，可做熱絕緣材料，故炒菁機內外桶間會放置隔熱棉減少焙炒之熱損失。以炒菁過程說明，茶菁與鍋壁間也為熱傳導的一種。

(二) 熱對流

熱對流在同介質 (液體、氣體) 間的熱行為，可再分為強迫對流和自然對流。強迫對流，為外力 (如風扇、鼓風機) 產生的流體循環。自然對流是流體溫度不同造成的密度變化，再由重力作用造成低溫而高密度流體自上而下流動，高溫而低密度流體自下而上流動。由傳統炒菁機過程來說明 (如圖4) ，傳統炒菁機內桶溫度高，外界環境溫度低，故內桶的熱量會以自然熱對流的形式散失在外界空氣中。另外在焙炒過程中，有些茶農習慣開風扇加速水氣的散失，此現象為強迫對流。

另外固體與流體 (液體、氣體) 間的熱交換，也為熱對流。當物體表面與環境存在溫度差時，單位面積散失的熱量與溫差成正比。以炒菁過程舉例，當焙炒完的茶菁從炒菁機下料後，其茶菁溫度遠高於外界溫度，其茶菁對外界環境散熱過程為熱對流。

(三) 熱輻射

以電磁波輻射向外傳遞熱量，傳導速度取決於熱源的絕對溫度，溫度越高，輻射越強，唯一不需要介質 (固體、液體、氣體) 傳遞熱量。製茶過程舉例，在日光萎凋下的茶菁相對於室內萎凋的茶菁熱，原因為太陽熱輻射提供茶菁大量輻射熱。

本研究期望藉由增設風門於傳統炒菁機，以改善炒菁機內部溫度分布均勻性，以提高製茶品質穩定性。

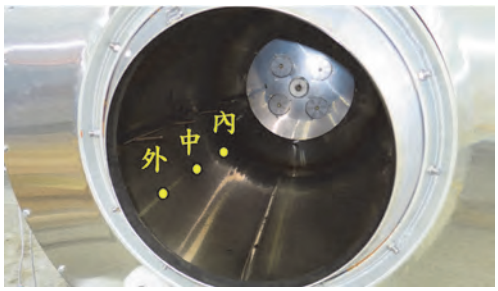


圖1 溫度量測位置

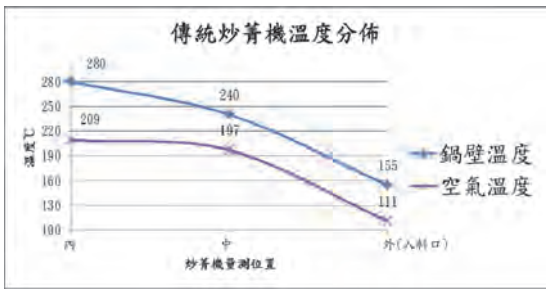


圖2 傳統炒菁機溫度變化

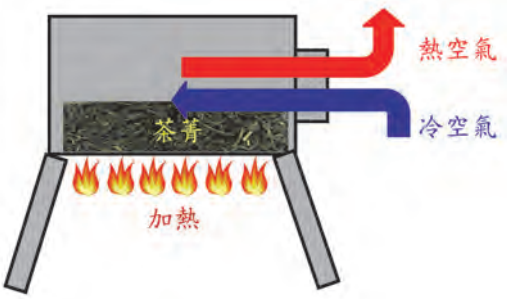


圖3 傳統炒菁機空氣流動情形

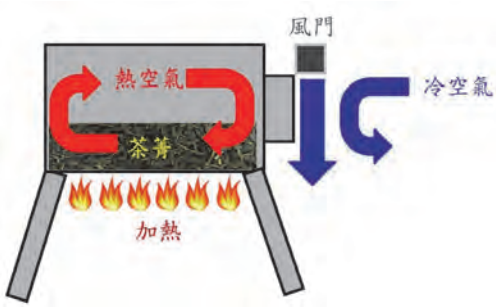


圖4 改良型炒菁機空氣流情形

二、材料與方法

(一) 溫度量測

試驗共有2種模式：

1. 傳統炒菁機 (對照組)：無增設風門 (如圖3)。
2. 改良型炒菁機(試驗組)：有增設風門 (如圖4)。

加熱40分鐘後，記錄炒菁機空氣與鍋壁各點的溫度分佈，溫度量測位置如圖1所示。

鍋壁：鍋壁溫度。

空氣：鍋壁上方10公分的溫度。

(二) 節能試驗

炒菁機溫度設定250℃，燃燒1小時，紀錄瓦斯桶損失的重量。比較傳統炒菁機和改良型炒菁機的耗能比 (如圖6)。

(三) 焙炒試驗與處理

1. 傳統型炒菁機加工流程 (對照組)：

茶菁→傳統炒菁機焙炒→揉捻→乾燥→成品

2. 改良型炒菁機加工流程 (試驗組)：

茶菁→改良炒菁機焙炒→揉捻→乾燥→成品

炒菁機設定溫度為250℃，每次炒菁重量為3600公克，每次焙炒150秒，茶菁原料為手採臺茶12號。

(四) 茶葉品質官能品評

每種茶樣取10次，每次3公克，以150毫升熱水沖泡5分鐘，倒入審查碗中，品評第一泡茶湯，比較相同茶樣之間品質的差異性。

三、結果與討論

傳統炒菁機內部各點的溫度 (℃) 數據為圖7，改良炒菁機內部各點的溫度 (℃) 數據為圖8，增設風門 (改良炒菁機) 其整體 (鍋壁、空氣) 溫度均勻性較佳，無增設風門 (傳統炒菁機) 其整體 (鍋壁、空氣) 溫度均勻性較差，因熱對流的關係，靠近入料口的溫度最低，故增設風門可改善焙炒不均勻的問題。

能源部分，比較傳統炒菁機和改良炒菁機的瓦斯消耗比 (如表1) 。傳統炒菁機入料口無風門的設計，造成內部熱氣會以熱對流的形式散失在空氣中，而改良炒菁機因有風門的設計，可阻絕內部熱空氣散失到外界空氣，減少熱量散失，可節省8.59%的瓦斯量。

茶湯水色差異如圖9，並無顯著的差異。而感官品評部分 (如表2) ，改良炒菁機炒出的滋味與香氣優於傳統炒菁機，且比較改良炒菁機做的茶乾的品評變異性也比較小，代表改良炒菁機炒的穩定度比傳統炒菁機優。



圖5 改良型炒菁機外觀



圖6 量測瓦斯桶重量

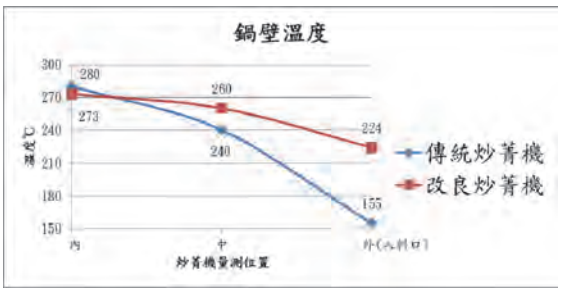


圖7 鍋壁溫度變化

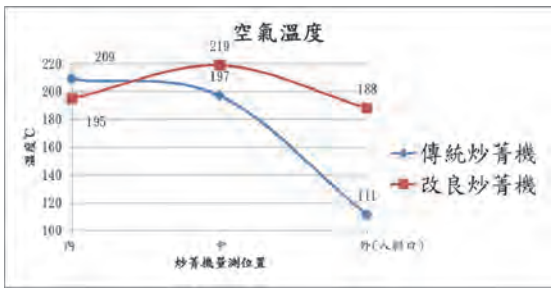


圖8 空氣溫度變化



圖9 水色差異

表1 瓦斯消耗比

	初始重量 A (kg)	最終重量 B (kg)	損失重量 A-B (kg)	節省百分比
改良炒菁機 (有風門)	42.730	40.495	2.235	8.59%
傳統炒菁機 (無風門)	40.495	38.050	2.445	

表2 感官品評

試驗機器	品質變異性	香味	
		香氣	滋味
傳統炒菁機	大	劣	劣
改良炒菁機	小	優	優

四、結論

本試驗比較炒菁機有無風門對茶葉品質的影響，從溫度數據分析得知，炒菁機增設風門能降低炒菁機整體 (鍋壁與空氣) 的溫度差異，降低焙炒品質的變異性。在相同實驗條件下，各別取十次茶樣做茶湯的感官品評得知，增設風門炒菁機能提升品質穩定性，讓整體茶菁的焙炒更加均勻。鑒於綠茶、文山包種、東方美人等半發酵茶更注重焙炒的品質，往後我們將採用現在開發改良之滾筒式炒菁機針對上述茶類進行試驗，以建立最佳之炒菁溫度及炒菁時間，以提升茶葉的品質。

五、參考文獻

1. 張允恭、黃謄鋒、李清柳。1989。圓筒式炒菁機改良試驗。臺灣省茶業改良場年報:57–58。
2. 黃謄鋒、張允恭、李清柳。1990。圓筒式炒菁機改良示範。臺灣省茶業改良場年報:76–77。
3. 蔡永生、黃謄鋒、張如華、李清柳。1997。複合式殺菁對包種茶外觀色澤與滋味改進之探討。臺灣省茶業改良場年報:73–74。
4. 蔡永生、張如華。1998.複合式殺菁對包種茶外觀色澤與滋味改進之探討。臺灣省茶業改良場年報:121–124。
5. 黃仁豐、吳聲舜。2009。不同加工方法對炒菁綠茶品質之影響。臺灣茶業研究彙報:85–97。
6. 張韵、徐良、張佩。2010。微波技術在綠茶加工中的應用。農機科技推廣:45。
7. 程玉明、趙祖光。2008。茶葉熱風殺青機。中華人民共和國國家知識產權局 專利號: CN101238838 A。
8. 程玉明、趙祖光。2010。茶葉熱風殺青機。中華人民共和國國家知識產權局 專利號: CN 101238838 B。
9. 程玉明、甘建仁、趙祖光。2013。一種茶葉殺青方法。中華人民共和國國家知識產權局 專利號: CN102388992 B。
10. 羅學平、趙先明。2015。中國輕工業出版社。茶葉加工機械與設備:24–47。

Development and Improvement of Rotary Panning Machine

Weiyang Hwang[1], Hsien-Tsung Tsai[2], and Chia-Chang Wu[3]

[1] Assistant Researcher, Tea Research and Extension Station, COA
[2] Senior Researcher, Tea Research and Extension Station, COA
[3] Senior Researcher, Tea Research and Extension Station, COA, Corresponding author

Abstract

That traditional panning machine is used for fresh tea leaves panning, but with the well ventilation, caused the temperature distribution of the inner panning machine is not uniform. The feeding hole make the traditional panning machine strong convection, so let the temperature hot on the middle panning machine, and let the temperature cold near the feeding hole. The highest temperature difference is 125℃ between difference place of the machine wall, and the highest temperature difference is 98℃ between difference place of the inside air, so it make the tea panning quality bad. To solve the question of the temperature distribution, adding the air door on the feeding hole, it can stop the environment cold air to enter the panning machine. Let the temperature distribution of panning machine wall better. The highest temperature difference of the panning machine wall from 125℃ to 56℃, and the highest temperature difference of the panning machine wall from 98℃ to 31℃ From the organoleptic evaluation, adding the air door can promote the tea quality. We had success develop and design to add the hot air machine with the electrical panning machine. In the future, we will add the hot air machine with the gas panning machine, and promote the tea quality. In the future, we will add the hot air machine with the gas panning machine, and promote the tea quality.

Keywords: Tea, Panning Machine, Pan-firing Machine.

香菇微波冷凝乾燥機之研製開發

黃禮棟[1]、林建志[2]、邱相文[2]

[1] 行政院農委會農業試驗所農業工程組 研究員
[2] 行政院農委會農業試驗所農業工程組 助理研究員

摘要

乾燥可降低農產品含水率，抑制微生物及酵素的作用，提高食品貯藏性及增加運輸性。本研究開發微波冷凝乾燥設備並進行香菇乾燥試驗，以香菇之溼基含水率 13%為目標值。若欲達到此目標含水率，則熱風乾燥溫度設定 50℃時，需作用 24 小時，使用電能 89.8 度；加入時序控制後，四段式熱風乾燥須 20 小時，消耗電能 74.9 度；若在與熱風乾燥相同操作條件下配合微波技術，則只需 7 小時，使用能源為 28.5 度；如果同時使用微波與冷凝技術，亦只需 7 小時，使用能源為 78 度。依據實驗結果得知，本計畫所研發具備時序控制功能之微波冷凝乾燥設備，可根據不同乾燥階段，改變乾燥策略，有效控制乾燥品質並節省人力；而微波乾燥比熱風乾燥可節省 7 成以上之乾燥時間。

關鍵詞：香菇、微波、乾燥。

一、前言

農產品收穫後在貯藏的過程中，常常因為微生物作用、酵素反應、成熟作用或生理病害...等，導致農產品變質、腐爛或發霉，使農產品品質下降甚至於不堪食用，造成經濟損失。乾燥的目的在於降低農產品內的含水率，進而抑制微生物及酵素的作用，提高食品貯藏性，並減少農產品重量以增加運輸便利性。

進行農產品乾燥時，溫度之控制是影響品質的主要因素之一，香菇對於溫度非常敏感，當乾燥溫度過高時，表面容易變黑 (Argyropoulos *et al.* 2008) 。Komanowsky *et al.* (1970) 也提到若乾燥溫度在83℃以上時會破壞香菇品質。

香菇為我國重要食用真菌類作物，由於鮮香菇含有破壞維生素的酵素，在室溫下品質衰退甚快。因此，乾燥香菇可以保有更多的營養成份，延長保存期限與維持良好品質。宋 (1993) 及杜 (1989) 指出，烘乾後之香菇含水率以13%為最佳。

在香菇乾燥過程中，一般菇農大都依照傳統方法或本身經驗來乾燥香菇。其乾燥方式如台中市霧峰區趙姓農友將香菇置於乾燥箱中，以常溫通風2小時，然後用40℃烘8小時，接著用50℃再烘8小時，最後用60℃烘乾，共約20多小時；而台中市中興嶺菇農則視香菇之情況，先做剪菇柄、分級、淋洗及稍晾曬瀝乾表面等處理，接著就以60℃烘乾，約需15小時；亦有菇農以50℃、60℃、70℃及85℃各乾燥3小時烘乾者(林, 1988)。林等 (2010)也以平行強制送風的方式，以熱風乾燥方式對香菇進行四階段式之乾燥，第一階段為50℃、第二階段為55℃及第三階段為65℃各6小時，最後以70℃烘至含水率13%以下，共計約20小

時。從以上之資料顯示，無論選用何種乾燥方式，乾燥時間均需18–24小時，除此之外為了兼顧品質，常需要多段式乾燥處理，造成香菇乾燥成本與人力需求無法降低。

微波技術也常應用於食品加工，吳(2007) 將微波技術應用於咖啡乾燥，結果發現微波功率越高與咖啡豆研磨的越細，乾燥速率越快，越能達到節能減碳的效果。Varith *et al.* (2007) 將微波技術應用在龍眼乾燥，研究將龍眼乾燥過程分成兩個階段，第一階段使用40℃熱風配合450 W的微波作用1.7小時，第二階段為60℃熱風配合300 W的微波作用3.3小時，可以得到龍眼最佳的乾燥效率，若是與65℃的熱風乾燥比較，使用微波的乾燥過程大約減少64.3％的乾燥時間與48.2％的能源消耗。Sharma & Prasad (2001) 研究發現微波技術可以節省乾燥大蒜所需時間，並維持較佳的產品品質。Wang *et al.* (2004) 將微波技術應用在馬鈴薯乾燥，實驗發現當微波功率越強馬鈴薯質量損失越少、乾燥樣本的切片厚度越薄、脫水率(dehydration rate) 增加以及減少消耗能源等優點。

本研究的目的為利用微波特性應用於香菇的乾燥作業，結合冷凝技術，發展一套可資利用之加工技術與機械設備，應用於國內香菇之乾燥加工與產品之調製，以期能利用微波乾燥的優點特性來提升香菇乾燥品質，並提升乾燥速率，減少乾燥時間而達到降低生產成本與提高品質的目標。

二、材料與方法

微波冷凝乾燥系統主要分成乾燥艙、加熱器、冷凝器、微波發射器、拖盤轉速控制馬達與送風機等五個部份。乾燥艙內容積為440公升，可承受2 kg/cm^{2}壓力，其內部有一托盤轉速馬達，馬達轉軸上有一簡單支架用於承載拖盤(乾燥盤)用，並利用頻率的方式控制其轉速，頻率越高轉速越快，上限為60HZ；乾燥艙上方加裝兩組微波發射器(分別稱為微波發射器A及微波發射器B)，兩組微波發射器係利用可程式控制系統進行微波輸出功率(0–100%調整)與發射時間之可程式化調整控制。每組微波發射器功率為1kW，頻率為2,450MHz；機體後方裝置一組三相220V、功率13kW之冷凝乾燥系統，機體內部有加熱器、冷凝器(壓縮機功率為4kW)及送風機。圖1為微波冷凝乾燥系統示意圖，開始時由加熱器產生乾的熱空氣，經由下通風管導入乾燥艙內，進行農產品乾燥作業，之後透過上通風管將濕的冷空氣帶出乾燥艙外並進入冷凝器內，利用冷凝的作用將空氣中含水率降低，使空氣變成乾的冷空氣，再輸送至加熱器內加溫使空氣變成乾的熱空氣進行循環。

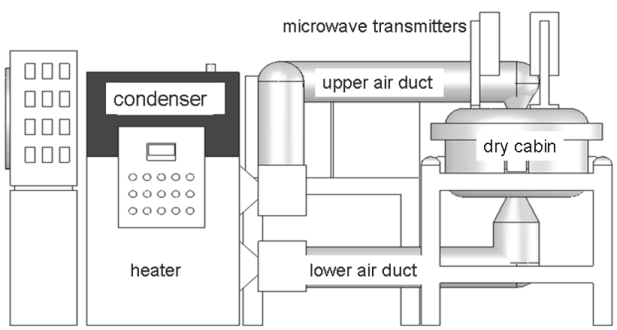


圖1 微波冷凝乾燥系統示意圖

本機之農產品乾燥屬於長時間多段式處理，為便於操作，本計畫研究開發一套配合設備之自動控制軟體，利用觸控式平板電腦開發人機介面，配合PLC以控制本設備其它重要元件，控制項目分成微波發射器A、微波發射器B、冷凝系統、熱風溫度、風速以及托盤轉速等六項。圖2為微波冷凝乾燥系統之自動控制配電盤，左上方有一開關可控制外部電源是否流入電源供應器內並作過負載保護，電源供應器提供控制系統穩定電流使系統能正常作用；右上方有兩組微波產生器用於產生微波並控制微波功率，PLC以Sequential Function Chart (SFC)方式撰寫程式控制各元件啟動與作用的時間，配合繼電器即可控制其它元件作動。

測試微波功率分布試驗係為了測試乾燥艙內微波功率吸收效率與分布情形。實驗前在乾燥艙內擺放38個編號塑膠容器，每個盛裝溫度26℃之清水500mL，其擺放情形如圖3所示。本實驗以100%微波功率發射10分鐘對水進行加熱，計算各部位所吸收的熱量，尋找乾燥艙內各點微波吸收功率的情形，並用於評估本乾燥系統之能源效率。

利用四種不同乾燥模式對香菇進行乾燥試驗，每次試驗之前對香菇進行淋洗與瀝乾等前處理，完成後以每批次6Kg之新鮮香菇平鋪在托盤上進行乾燥試驗。本試驗之乾燥模式分別為定溫熱風乾燥(熱風溫度設定為50℃)、四段式熱風乾燥、微波乾燥(發射微波10分鐘後停止50 分鐘之週期循環)以及微波冷凝乾燥(發射微波10分鐘後停止，繼之以冷凝50分鐘之循環週期)。試驗中設定之風速為50公尺/秒，完成乾燥之香菇含水率設定為13%，同時記錄乾燥至13%所需的時間。

四段式熱風乾燥係利用開發之時序控制程式進行階段性自動控制，其控制策略為第一階段以50℃熱風乾燥6小時，第二階段55℃熱風乾燥6小時，第三階段65℃熱風乾燥6小時，第四階段70℃熱風乾燥至含水率降至13%。

熱風微波乾燥法係在乾燥過程中，每小時發射2 kW微波功率加熱10分鐘後停止50分鐘而熱風全程供給之模式持續進行，直至香菇含水率降至13%為止，於最初加熱之10分鐘，菇體因飽含水份(90%左右)，依每次6 公斤鮮菇及微波發射器效率86%推估菇體溫度約略上升45℃。

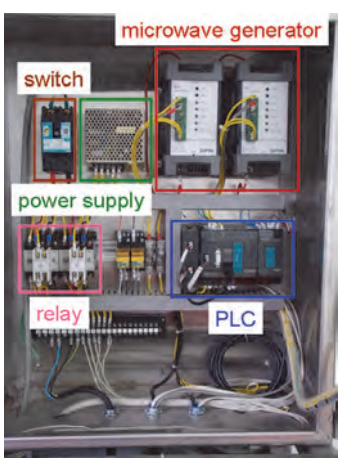


圖2 微波冷凝乾燥系統之自動控制配電盤


圖3 乾燥艙內容器擺放情形

微波冷凝乾燥係發射微波加熱10分鐘後停止微波，繼而開啟冷凝設備50分鐘以除去乾燥過程蒸發之水份，如此循環至完成乾燥。

表1為乾燥系統之各種乾燥設備消耗功率表，利用表1數據、試驗過程中量測數據以及香菇乾燥試驗結果，可得到各種乾燥處理所消耗之能源，配合臺電所公怖之每度電電費，即可計算各種乾燥過程之成本。

三、結果與討論

本設備係利用工業用平板電腦配合PLC將控制指令傳送至各作動元件，進行加熱器溫度控制、冷凝器作動、微波發射器功率調整以及托盤轉速控制等。除此之外本自動控制程式尚具備時序控制功能，也就是階段性控制功能，便於進行多階段性的乾燥試驗。

本研究開發之人機介面，主要控制元件有微波發射器A、微波發射器B、冷凝、熱風控制以及托盤轉速等五項(真空泵為預留選項，目前無作用) 。其中觸控項目之微波發射器A及B之功能相同，僅控制微波發射功率大小、作用時間以及每小時作動頻率；冷凝觸控可啟動冷凝降溫除濕系統，將乾燥後濕熱空氣降溫，以將空氣中水份冷凝排出系統外；熱風控制為控制乾燥艙內溫度及風速。程式內設有保護機制，即當熱風開啟時，無法起動冷凝功能 (但可以強制解除此功能)；托盤轉速觸控選項可調整乾燥艙內托盤之轉速。

本系統可依據使用者需求，控制各乾燥階段所需的乾燥條件，圖4為四階段式時序控制示意圖，X軸為時間，Y軸為各元件使用功率大小。乾燥過程中操作者可以根據農產品的特性，擬定乾燥策略，在不同的時間點給予不同的乾燥條件，並控制各作動元件之作動與否。

在乾燥艙內放置 38 個可微波之保鮮盒裝盛溫度 26℃之水 0.5 公升，同時 2 支微波發射器以全功率發射 10 分鐘，量測結果中間區域之保鮮盒溫度比週圍者平均高出 3.4℃，換算成熱量為 38.48kcal/h，也就是說乾燥艙中間接收的功率比兩旁高出 38.48kcal；另計算 38 個保鮮盒內水吸收的熱量，換算成系統微波加熱效率約為 86%。

香菇乾燥試驗使用之香菇含水率平均在 92%左右，對照組之熱風乾燥條件為熱風溫度 50℃，風速 50m/sec，使香菇含水率降至 13%。在相同的風速條件下分別以四段式熱風乾燥、熱風微波乾燥、熱風微波冷凝乾燥進行比較，其結果顯示在圖 5，其中 X 軸為時間(h)，Y 軸為香菇含水率(%)，圖 5 中各時間點上各處理皆有兩點，第一點為菇傘含水率，第二點為菇柄含水率，由圖 5 可知菇柄含水率皆高於菇傘含水率，代表菇柄較不易乾燥。

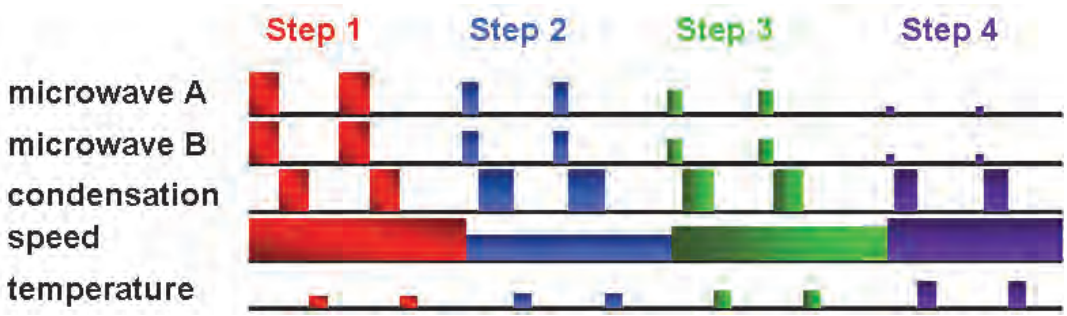


圖4 四階段式時序控制示意圖

依據圖5得知，以熱風乾燥之香菇在24小時後含水率降至13%；以四段式熱風乾燥之香菇在20小時後含水率降至13%；以熱風微波乾燥以及熱風微波冷凝乾燥之香菇在7小時後即使含水率降至13%以下。圖6為各方式乾燥後之香菇情形，(a)為熱風乾燥、(b)為四段式熱風乾燥、(c)為熱風微波乾燥、(d)為熱風微波冷凝乾燥，其品質是由菇傘與菇柄顏色作為判斷標準，以黃褐色品質為佳。由圖可知，熱風乾燥與四段式熱風乾燥的香菇品質較佳，其次為熱風微波冷凝乾燥，而熱風微波乾燥之品質較差。

使用能源係依據乾燥試驗後所得結果配合表1計算而得。當香菇含水率降至13%時，熱風乾燥需要24小時，消耗電能89.8度，所需成本為每公斤88.6元；四階段式熱風乾燥需要20小時，消耗能源74.9度，所需成本為每公斤73.9元；熱風微波乾燥需要7小時，消耗能源28.5度，所需成本為每公斤28.1元；熱風、微波及冷凝同時作用乾燥需要7小時，消耗能源78.0度，所需成本為每公斤77元。表2列出各處理過程的作用時間、消耗功率與成本分析結果。電費以營業用電夏月最高單價5.92元/度(kWh)及每公斤鮮香菇重作為計算基準。

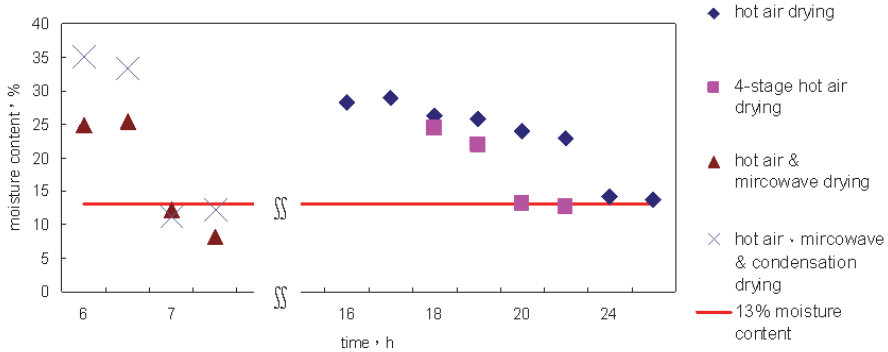


圖5 各乾燥方式含水率降至13%所需時間

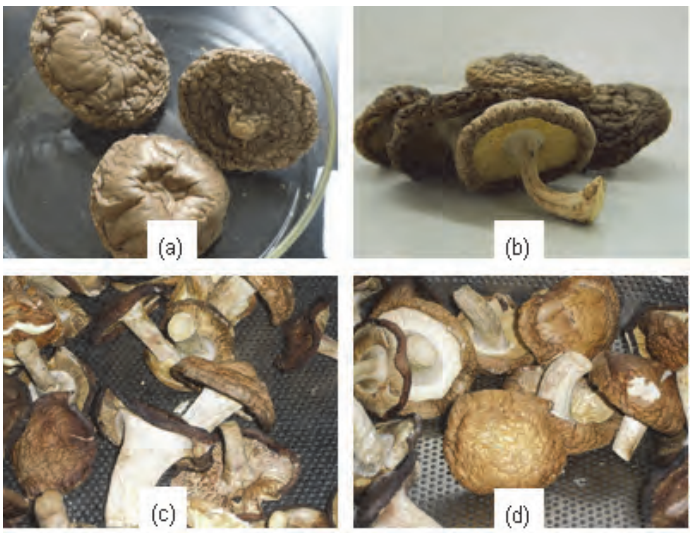


圖6 乾燥後香菇情形

表1 各乾燥設備消耗功率表

設備	功率(kW)
電熱線	3.00
冷凝器	5.32
拖盤馬達	0.746
微波管	1.00

表2 各處理過程的作用時間、消耗能源與成本

乾燥方法	時	能源	單價
	小時	度	元/公
熱風乾燥	24	89.8	88.6
四段熱風乾燥	20	74.9	73.9
熱風微波乾燥	7	28.5	28.1
熱風微波冷凝乾燥	7	78.0	77.0

四、結論

研發之微波冷凝乾燥設備，具備時序控制功能，可根據不同乾燥期程，設定乾燥參數，有效控管品質並節省人力。乾燥艙整體微波吸收功率約為86%，中間部份吸收之功率比兩旁高出38.48 kcal/hr，使得中間部份之香菇比兩旁容易過度乾燥。

香菇乾燥試驗中發現，微波乾燥比熱風乾燥節省7成以上之作業時間及降低7成成本左右，然而乾燥品質較差，其原因為微波乾燥較熱風乾燥難以控制乾燥溫度，常使香菇過度乾燥，導致部份香菇品質下降。以研究乾燥各階段微波作用時間及停止時間比例之試驗以得到最佳乾燥品質之模式將為下一步研究目標。利用於其他高單價農產品如冬蟲夏草菌絲體、紅花、薑黃等中草藥之乾燥調製為此乾燥機之重要研究應用標的。

五、參考文獻

1. 江耀宗。2002。低濕調溫乾燥機應用於茶葉乾燥之研究。
2. 吳文偉。2007。咖啡微波加熱乾燥研究。碩士論文。台中。逢甲大學化學工程學系。
3. 何榮祥、洪梅珠。1995。稻穀乾燥技術與米質。台中區農推專訊146:1–12。
4. 宋細福。1993。香菇太空包栽培。行政院農業委員會及台灣省政府農林廳編印。p.6–7。
5. 杜自疆。1989。食用菇栽培技術。六版。p.33–62; p.151–161。台北。豐年。

6. 林淑瑗。1988。香菇呈味特性及其濃縮粉末化之研究。碩士論文。台中。國立中興大學食品科學研究所。
7. 林婉茹、楊舜安、洪進雄。2010。不同貯藏溫度及天數對乾燥香菇色澤與品質之影響。Fung. Sci. 25(1):33–47。
8. Komanowsky, M., F. B. Talley, and R. K. Eskew. 1970. Air drying of cultivated mushrooms. Food Technol. 24:1020–1024.
9. Sharma, G. P., and Suresh. Prasad. 2001. Drying of garlic (Allium sativm) cloves by microwave-hot air combination. Journal of Food Engineering. 50(2):99–105.
10. Varith, J., A. Achariyaviriya, and S. Achariyaviriya. 2007. Combined microwave-hot air drying of peeled longan. Journal of Food Engineering. 81(2):459–468.
11. Wang, J., Y. S. Xiong, and Y. Yu. 2004. Microwave drying characteristics of potato and the effect of different microwave powers on the dried quality of potato. European Food Research and Technology, 219(5):500–506.

A Study on Microwave Condensation Drying of Mushroom

Li-DuhngHuarng[1], Jian-Jhih Lin[2], and Hsiang-Wen Chiu[2,]

[1] Senior Agricultural Engineer, Taiwan Agricultural Research Institute, COA
[2] Assistant Agricultural Engineer, Taiwan Agricultural Research Institute, COA

Abstract

The purpose of this study was to establish a sequence controlled microwave condensation drying system for mushroom drying. The utilization of hot air, microwave and/or condensation drying method in different drying period coordinated with the drying characteristics of the mushroom to insure the drying quality of the product as well as saving time and cost. The drying experiment of the microwave condensation dryer with only the hot air set at 50℃ took 24 hours to bring moisture content level down to 13% and consumed 89.8 kWh electricity. If the sequence control was implemented, the four-stage hot air drying took 20 hours to dry the mushroom to 13% moisture content and consumed 74.9 kWh electricity. If the hot air was set at 50℃with the microwave was introduced, the drying time was reduced to 7 hours and consumed 28.5 kWh electricity. If the 50℃ hot air accompanied by microwave and condensation, the drying time was 7 hours but the electric energy consumption was 74.9 kWh. The experiment showed that the sequence controlled microwave condensation dryer developed in the research could adjust mushroom drying strategy in different drying period to keep the quality of the product as well as saving the labor and drying time up to 70%.

Keywords: Mushroom, Microwave, Drying.

霧耕栽培機具之研製

張金元[1]、田雲生[2]、吳浩銘[3]

[1]行政院農委會臺中區農業改良場 助理研究員
[2]行政院農委會臺中區農業改良場 副研究員
[3]行政院農委會臺中區農業改良場 研究助理

摘要

本研究設計研製 2 型霧耕栽培用造霧機具，分別為定置噴桿式、往復移動機具式，提供作物採用造霧耕作方式之栽培管理模式。定置噴桿式採用高壓動力噴霧機、噴桿及噴頭、控制器等組成，往復移動機具式則以自走台車、造霧機、充電器及控制器等組成，2 型機組可將灌溉水或混合液肥加以霧化，噴霧於作物根部生長空間，使作物經由根部吸取所需水份及養份。試驗結果顯示，往復移動機具式較定置噴桿式節約用水約 48%，惟薏苡根系生長較為緩慢;根系生長情況則以定置噴桿機具式較佳，收獲根長可達 70–100cm。

關鍵詞：霧耕栽培、造霧機具、薏苡。

一、前言

可經萃取、加工製成藥用產品之作物根系，因含藥用特性成分尤多，現行採用土壤栽培，收穫後之作物根部須進行清洗作業，以及栽培時之土壤連作障礙，本研究規劃採用離地、立體化及噴霧之耕作栽培方式，應用水霧化噴霧於作物根系進行栽培，研製2型噴霧機具，以不同以往的栽培模式，冀望改善現有問題，並達節能減廢之目的。

二、材料與方法

試驗設備與供試作物

(一)研製之2型噴霧裝置：定置噴桿式、往復移動機具式，2種噴霧栽培機具。

(二)供試作物：薏苡，台中3號。

(三)栽培方式：薏苡種子播種於3吋塑膠盆中，待發芽後移植到霧耕栽培系統，長度20公尺、寬0.65公尺、高1.2公尺，栽培環境設定為日夜溫介於25℃至35℃之間。

(四)噴霧設定：每日AM 5:00噴霧至PM 7:00關閉，噴霧間隔時間30分鐘。其中，定置噴桿式噴霧系統每次噴霧時間為90秒；往復移動機具式噴霧系統行走速度為3.5 m/s，且夜間間隔2小時噴霧。

三、結果與討論

栽培架：栽培架由鋅管材組裝而成，頂層栽培平面由珍珠板覆蓋，並於適度間隔挖洞放置塑膠盆，側邊使用黑色塑膠布及塑膠夾隔離出一密閉空間，栽培架構件簡單，因此搭

設快速且建置成本低，如圖1所示。2型噴霧機具設置於栽培架內部空間，並將灌溉水或混合液肥加霧化噴霧於作物根部生長空間，使作物得以經由根部吸取所需水份及養份。

噴霧裝置：定置噴桿式噴霧機具採用高壓動力噴霧機、噴頭及噴霧管線、控制器、水回收及過濾裝置等所組成，如圖 2 所示。噴桿裝設在距栽培平面下 50cm 處，如圖 3 所示，噴頭間距為 50cm。噴霧作業時，噴頭向上往作物根系進行噴霧作業，使根系濕潤。而水回收裝置則使用塑膠布建置一 U 型集水裝置，噴霧過多水則滴落至塑膠布，回流至過濾裝置，其中過濾裝置使用 3 層式過濾海綿。

往復移動機具式則以自走台車及控制元件、造霧機、雙軌式軌道、電池、充電器及控制器等所組成，如圖4及圖5所示。其中電池選用統力GS-48D26R(H) 12V，數量2顆，串聯後電壓為24V，供應行走馬達(24V)及直交流轉換器(24V轉110V)使用，造霧機由直交流轉換器供應110V電源。



圖1 栽培架及其內部生長空間



圖2 定置噴桿式噴霧機具

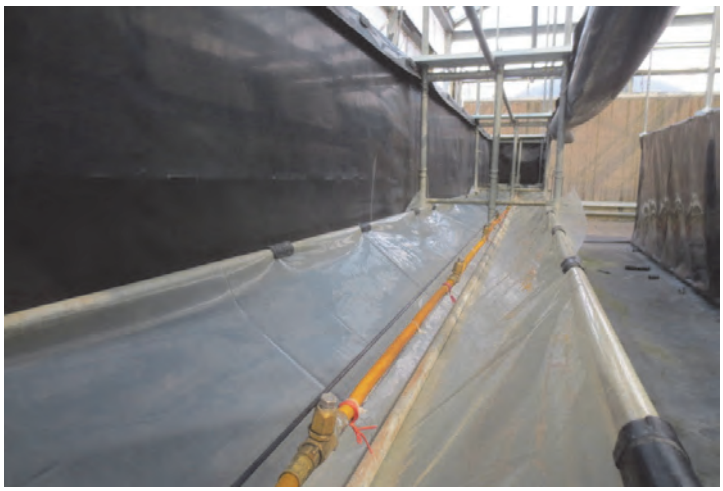


圖3 噴頭及噴霧管線安裝情況



圖4 往復移動式噴霧機具

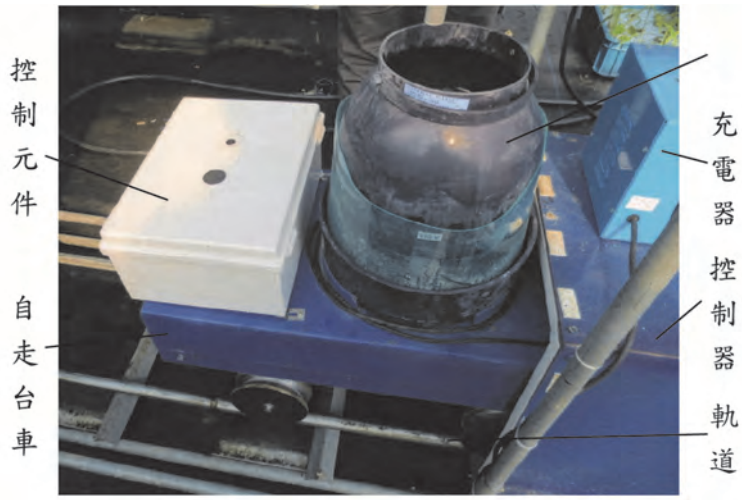


圖5 往復移動式噴霧台車組成

作業效率：定置噴桿式噴霧機具噴霧壓力設定為35 kg/cm^2，系統每單位噴霧量平均約為155 mL/sec，每次噴霧90sec，總噴霧量為13.95 L。噴霧水經回收裝置過濾回收，水回收率平均為70%以上。栽培期程為期8週，長度2 m之立體床架可栽培32株蕙苡，經收穫後之蕙苡根系鮮重92.65 g，乾重14.33 g，含水率84.5%，每盆可收穫之根系叢數平均約為4.5支，根長介於40–110 cm之間，平均根長約為75 cm，如圖6所示。

蕙苡根收穫作業簡單，將蕙苡盆移出栽培架後懸吊，作業人員直接剪切蕙苡根長，收穫後之蕙苡盆再放回栽培架，持續進行第二期作栽培。蕙苡根剪切長度留存約5 cm長，複種之試驗結果發現，於第二期作之蕙苡作物復原緩慢，建議後續剪切根長留存長度可增加至至少10 cm以上，以縮短作物復原時間。

定置噴桿式噴頭間距設定為每隔0.5 m裝設1只噴頭，觀察發現蕙苡距離噴頭較近其根系長度較長，並於栽培架角落處，因霧化效果較為不均，根生長較為遲緩；此外，噴桿距離栽培平面為50 cm，使蕙苡根系長度達噴桿位置並產生纏繞，後續可提高噴桿至栽培平面之高度。

原採用土耕方式栽培之根系須大量使用清水洗淨土壤，經本系統栽培之作物根系，可於收穫前以乾淨水源噴霧持續栽培，收穫後無須用清水洗淨，即可進行加工處理，確實可達省工、省水功效，預估可節省2名人工、每分地約節約2噸清洗用水，並且無清洗水所造成之環境汙染問題。

往復移動式噴霧機具採用離心霧化機，霧化水量約為75 mL/sec，較定置噴桿式可節約用水48%，惟因霧化顆粒較細，噴霧於根系之水分散失快速，以及台車行走耗電量大，進而導致充電週期延長，無法增加噴霧次數，經試驗結果發現，本機型之最佳充電週期為30分鐘。此外，機件作業於潮濕環境，導致機件如繼電器、微動開關等控制元件因受潮故障，進而使本期作作物栽培根系發展速率較為緩慢，可收穫根系長度低於60 cm。



圖6 蕹苡作物收穫根系

四、結論

本研究設計研製2型霧耕栽培機具，分別為定置噴桿式及往復移動機具式，可將水或液肥加以霧化，噴霧於作物根部生長空間，使作物經由根部吸取所需水份及養份。其中，往復移動機具式噴霧機具較為節省用水48%，惟因機具行走須較大負荷電量，且行走於根系栽培空間，潮濕導致機件生銹以及電器零件所造成之異常停機，後續可持續改善機件對於栽培環境潮濕所衍生之問題。而定置噴桿式噴霧機具噴霧量較大，可經由回收系統回收多餘用水達70%以上，且蕹苡可收穫根長平均達75cm，本機型可作為欲收穫作物根系，並採用霧耕模式之栽培方式參考，此機型後續可持續改善栽培區霧化水之均勻度，使蕹苡作物可收穫之根長均一。

五、參考文獻

1. 周子豪。1999。棚架果園自動化施藥機行走控制之研究。中興大學生物產業機電工程學研究所碩士論文。
2. 張旭志。2004。多功能電動軌道車之研究。中興大學生物產業機電工程研究所碩士論文。
3. 盛中德。2000。無人化施藥車。農漁牧產業自動化十年成果專輯。
4. 曾勝雄、陳裕星。2009。蕹苡台中3號之育成。台中區農業改良場研究彙報 102: 59–69。
5. 楊智凱、黃國祥。2013。設施內自走載具之研發與應用。102年度農業工程與自動化計畫成果研討會論文集。

Development of the Atomization Plant Cultivation System

Chin-Yuan Chang[1], Yun-Sheng Tien[2], Hao-Ming Wu[3]

[1] Assistant Agricultural Engineer, Taichung District Agricultural Research and Extension Station Council of Agriculture, Executive Yuan, COA

[2] Associate Agricultural Engineer, Taichung District Agricultural Research and Extension Station Council of Agriculture, Executive Yuan, COA

[3] Research Assistant, Taichung District Agricultural Research and Extension Station Council of Agriculture, Executive Yuan, COA

Abstract

The study design two type of spray rod system and moving spray machines system of the cultivation equipment, provided crop adoption fog cultivate.The spray rod system composition by the high pressure power sprayer,spray bar,nozzle,controller and other components, moving spray machines system composition by the moving car, fog machines, chargers and controllers and other components,the system can spay irrigation water and liquid fertilizer for the growth space, crop via the roots absorb water and nutrients needed.The results that Spray Rod system can water saving 48%, but Coix root growth is slow; The moving spray machines system harvest Coix Lacryma root length up to 70–100cm.

Keywords: Spray Cultivation, Fog Machines, Coix Lacryma.

綜合討論

主持人：桃園改良場邱銀珍副研究員

楊智凱組長：

首先感謝各位來賓全程參與此研討會，誠如上午蔡副所長、林副署長的開場致詞與盛教授的專題演講，點出農業4.0是未來數年之科技研發重點，並提示我們農機研究人員在此計畫中將會扮演某一部分的角色，從機械或者工程的角度來看，這應該是一個發揮所長機會。這幾年來各單位農機研究人員減少許多，大約為全盛時期的一半人數，但是，研究負荷卻越來越重，大家對農機的需求，或是對農機的要求，也越來越多樣化；我們在全球運籌的大計畫裡面，本來有農業機械在潛力產業關鍵技術補強分項中，但可惜無法提出農機可以推向國際產業的重點來符合長官的期待，所以在這部分大家可以再省思一下。生產力4.0是一個跨部會，包含商業、農業及工業的計畫，智能機具與人機輔具是研發項目之一，但是從整個架構來看，推動為智慧生產及數位服務兩大部分，裡面有資訊系統以及經濟部技術處協辦的共通技術等，以及基盤關鍵技術，例如Big data的應用等，本所的GIS中心或是資策會也會扮演資訊介面的角色，在此也跟大家共勉，把握此次機會，除了既有的公務預算外，多多對外爭取經費，爭取經費的另外一層意義就是，爭取表現的機會，有研發才有舞台，讓我們農機研究提升至新的層次。

苗志銘教授：

邱召集人、楊組長、謝教授，還有各位先進大家好，我是屏東科技大學農機系的教授，今年八月我才卸任屏科大研發長的工作，八月一日之前，我是屏東科技大學的研發長，所以針對生產力4.0我有一些接觸，事實上教育部很重視此項計劃與學校教育之間的關聯性，關於生產力4.0我們學校單位有些看法，因為從德國的經驗來講，人才培育為生產力4.0會不會成功的一個關鍵，所以行政院責成教育部一定要加入這個計畫，所以在這個產業起來之後，人才培育是一個很重要的問題，我們在執行這個計畫的時候，會要求成果效益的方向要修正，把生產力4.0所需要的人才培育機制放進去，所以這個計畫要成形，個人的看法就是整合包含政府官方單位和研究單位，跟產業界與學校，一定要把人才培育的面向結合在計畫中，政府將會較支持計畫的推動，因為假如產業成為聚落之後，人才培育不足而產生缺工，到時候又將產生人力的空缺，或者是經過高等教育培養出來的人才，不願意進入相關產業，這將造成教育與產業之間的斷層；所以我們在學校中扮演課程修正的角色，看要如何配合研究單位，或是產業界進行一些修正。在我還沒卸任研發長之前，其實就規劃了在十月份，將會舉辦一個生產力4.0的人才培育座談會，初步規劃是邀請科技政委與會，另外產業界有研華科技參與，學界則邀請台大的江教授，如果技職體系從農業科技人才來進行培育，我想屏東科技大學這邊會積極地配合，來規劃如何將需要的人才培養出來，學校有很充分的場域及設備，除了農改場之外，我想在各所大學中，擁有最大的教學場域及研究場應該就是屏東科技大學，所以我們校長是非常支持這個活動，我也希望學校可以跟農

試所、改良場建立更好的關係，如果說有任何活動需要試辦點，我們屏東科技大學都會盡力來配合，雖然我已經卸任研發長一職，但是我還是會去進行協調工作，人才培育屏東科大責無旁貸，扮演居中協調的角色，為教育工作者的職責，在此與各位共勉，謝謝各位。

謝廣文教授：

各位大家好，很高興看到很多新的面孔，誠如蔡副所長所言，年輕人是後浪推前浪，很高興有新的生力軍加入，希望這些已經有一定學識基礎的新夥伴們，有機會在實務上與在場先進們多交流一些，因為目前學生能到各地參訪的機會越來越少，我想各單位的年輕一輩可以多多主動，找些學校老師到各改良場去進行參訪，像上次我去參觀了高雄場，感覺農業機械近年來需求量有所提升，尤其在活化休耕地方面，除了需要提供一些更好的作物外，也需要農業機械的輔助，也讓我覺得更需要發揮團體的力量才能完成。另外，上次很榮幸有機會到茶改場去學習經驗，我想這也是我們農業機械可以發展的一個方向。

邱召集人：

我想這邊再請楊組長給我們說明一下，關於生產力4.0，各改良場所該如何配合農試所，目前最需要的就是加強整合各單位的研發能量，把我們的優勢顯現出來，要不然以往政策改變下來，我們農機研究的戰力在下降，既然農試所負責接洽科技發展策略會議(SRB)所推動的生產力4.0，我們就要掌握最新的訊息，我們再請楊組長提供未來更需要我們協助的部分。

楊智凱組長：

剛剛從邱召集人、苗教授、謝教授的部份，感悟到近年農機將再被重視的機會，基本上，也回應剛剛苗教授的說法，關於人才培育方面，只等院長拍案，生產力4.0計畫的原始架構，總時程為1+8，也就是1+4+4，總共是一個九年的計畫，對人才培育來講，現在啟動對於未來推廣，再投入這個市場的時間應該是充足的，只是說要怎麼跨域、跨職能來學習到第二專長，當然我們除了農機本身之外，也希望有其他非農機領域的人才投入，一起來為生產力4.0努力，包含已在產業界中並規劃在職進修的人員，來提供生產力4.0的相關學程，那都是人才培育的重點。我將會把目前修訂的版本寄給大家，供各位參閱。接下來我建議是不是回歸今天的整個議題，看有沒有什麼問題可以提出來討論，關於106年的規劃，除了生產力4.0，可以看看農機自動化推動小組可以怎麼提計畫，當然提計畫是一個最高目標，可以討論用什麼策略去提計畫，希望在場各位及新加入的夥伴可以互相交流一下。

邱召集人：

我的一個構想，我在今年七月的時候，有跟農糧署李署長當面聊過一些事，但不外乎是經費等問題。我也跟署長提到提計畫時程與經費運用，當然署長的意思是要我們多多呈現研究開發成果。我認為正在計畫執行的人員，有沒有經費上需要支援的，都可以先提出

來，需要大家服務的或是共同討論的也盡量提出。

邱召集人：

林建志助理研究員提出薑收穫機的部份，雖計畫已結束，建議可以持續安排進行薑收穫作業試驗，找出突破點進行改良。林福源助理研究員處理空拍作業的部分已經有在運作，建議持續進行試驗，評估是否可提供更佳的環境監測與各類資訊的整合應用。黃惟揚研究茶葉炒菁鍋老化碳化造成的影響，這對於炒菁設備的改良很有助益。

另外，個人在上次開會有提到申請計畫的方式用學校、改良場、甚至某些特定單位或是農科院，來組成一個團隊，就像輔導處處長所建議的，提計畫並不限制是指定哪一個領域，原則上就是互相支援。

謝廣文教授：

剛剛聽到邱召集人講到，科技處的經費那部份，其實我個人感覺在農機研究領域，因為提計畫的需求太倉促，造成農機研究有很多題目，在年初提出來的時候經費不太夠，那變成他的研究程度沒辦法那麼完整，所以個人認為後續提供的經費，有沒有辦法去支援原來經費不太夠的研究，讓這部分能夠解決，這樣子可提升研究品質也可讓經費妥善應用。其實有許多優質計畫在年初提出來，可惜後段經費不夠無法進一步研究，如果能有額外經費幫忙，那研究可以發揮得更加完整。另外提到改良場跟學校的配合，這一次省工機械方面，桃園場和台南場和我們的合作，可以將一個大的計畫題目，分成改良場、個人和學校的部份，以各自專業分工模式來進行研究。

邱召集人：

我知道謝教授他的一些想法，這是從四月一日就在進行的項目，將會持續追蹤，遇到任何問題都可以向我提出，我再調整看看是哪邊出問題。

我有跟署長討論過一些想法，可妥善應用這次省工栽培或是公務預算，如果有比較具體的成果，可以各自通知科技處承辦人展現成果。科技處的想法是多年來都沒有看到什麼成果，所以我們在要求他人之前，先要求自己。我想農業結合雲端是趨勢，但目前在田間更需要的是人力短缺的問題，開發具有產業價值的農業機具，將我們的成果在田間進行展示，展現各研究單位的開發能力。

附錄：計畫成果研討會籌辦人員暨論文編輯小組

計畫成果研討會籌辦人員

召集人　：陳駿季所長

副召集人：蔡致榮副所長

統籌人　：楊組長智凱

工作人員：農工組全體同仁

研討會論文集編輯人員

編輯小組：楊智凱組長、黃禮棟研究員、徐武煥助理研究員、黃國祥助理研究員

格式校對：周長彥研發替代役、李易樺助理

封面設計：洪福良研發替代役

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

農業工程與自動化計畫成果研討會論文集. 104 年度 / 楊智凱等主編.
-- 初版. -- 臺中市 :農委會農試所, 2016.03
面：19*26 公分
ISBN 978-986-04-8302-4 (平裝)
1. 農業工程 2.自動化 3.文集
434.2507 105004736

書　　名：104 年度農業工程與自動化計畫成果研討會論文集
發 行 人：陳駿季
編　　輯：楊智凱、黃禮棟、徐武煥、黃國祥
出版機關：行政院農業委員會農業試驗所
地　　址：台中市霧峰區萬豐里中正路 189 號
網　　址：http://www.tari.gov.tw
電　　話：(04) 23302301
出版年月：2016 年 3 月
版　　次：初版
展售門市：
1. 行政院農業委員會農業試驗所圖書館 (04)23317035
2. 國家書店 / 104 臺北市松江路 209 號 1 樓 (02)25180207
國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw
3. 五南文化廣場 / 400 臺中市中山路 6 號 (04)22260330
定　　價：新台幣 350 元(平裝)
承 印 者：學安文化事業有限公司
地　　址：台中市南區仁和二街 78 號
電　　話：(04) 22861600
ISBN 9789860483024(平裝)
GPN 1010500373

版權所有、轉載須經本所同意