

104年度農業工程與自動化 計畫成果研討會論文集

Proceedings of the Symposium on Agricultural Engineering
and Automation Project Achievements, 2015

主辦單位：行政院農業委員會農業試驗所
農業科技審議會農業環境領域一
農業機械與自動化推動小組

楊智凱、黃禮棟、徐武煥、黃國祥 主編

中華民國一〇五年三月



定價：新台幣350元(平裝)
GPN 1010500373

104年度農業工程與自動化計畫成果研討會論文集

行政院農業委員會農業試驗所 編印



104 年 8 月 12 日 農業工程與自動化計畫成果研討會議程

時 間	議 程 / 題 目 / 報 告 人	
09:00-09:20	報 到	
09:20-09:30	開幕致詞-陳所長駿季(蔡副所長代)	
09:30-09:40	長官暨來賓致詞	
09:40-10:30	專題演講-農業自動化科技前瞻研究發展現況	盛教授中德
10:30-10:45	茶 敘	
10:45-12:00	第一節研討會-主持人 邱召集人銀珍	
10:45-11:00	小型電動除草機操作性能之研究	顏炳郎-台灣大學
11:00-11:15	乘坐式採茶離型機之試製	徐武煥-農試所
11:15-11:30	應用插秧機作為田間工作母機進行附掛農機	黃柏昇-高雄場
11:30-11:45	適用於作物行間手推式剪草機之開發與應用	徐武煥-農試所
11:45-12:00	以葉綠素螢光進行草莓種苗之病害檢測	邱奕志-宜蘭大學
12:00-13:15	午 餐	
13:15-14:45	第二節研討會-主持人 黃研究員禮棟	
13:15-13:30	薑收穫機之研製開發	林建志-農試所
13:30-13:45	應用開放資源設計溫室監控系統之研究	陳俊仁-農試所
13:45-14:00	下雨感測器之性能評估	陳令錫-台中場
14:00-14:15	遙測技術在農作物災害監測之研究與應用評	林福源-苗栗場
14:15-14:30	落花生箱型乾燥機之應用模式探討	盛中德-中興大學
14:30-14:45	半自動蓮子去芯機	黃文祿-嘉義大學
14:45-15:00	茶 敘	
15:00-16:00	第三節研討會-主持人 楊組長智凱	
15:00-15:15	青花菜分切機台開發設計	李 健-台南場
15:15-15:30	滾筒式炒菁機改良研發	黃惟揚-茶業場
15:30-15:45	香菇微波冷凝乾燥機之研製開發	黃禮棟-農試所
15:45-16:00	霧耕栽培機具之研製	張金元-台中場
16:00-16:45	綜合討論-主持人 邱召集人銀珍，楊組長智凱	
16:45	散 會	

目錄

序文.....	iii
主持人暨來賓致詞.....	iv
農業機械與自動化推動小組對應計畫名稱與論文題目總表.....	vi
農業自動化科技前瞻研究發展現況.....	vii
小型電動除草機操作性能之研究.....	1
乘坐式採茶雛型機之試製.....	6
應用插秧機做為田間工作母機進行附掛農機具之研究.....	10
適用於作物行間手推式剪草機之開發與應用.....	14
薑收穫雛型機之研製與開發.....	20
應用開放資源設計溫室監控系統之研究.....	28
以葉綠素螢光進行草莓種苗之病害檢測.....	34
下雨感測器之性能評估.....	43
遙測技術在農作物災害監測之研究與應用評估.....	48
落花生箱型乾燥機之應用模式探討.....	55
半自動蓮子去芯機.....	63
青花菜分切機台開發設計.....	73
滾筒式炒菁機改良研發.....	78
香菇微波冷凝乾燥機之研製開發.....	84
霧耕栽培機具之研製.....	92
綜合討論.....	97

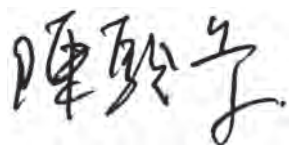
序文

農委會自 80 年度起致力執行第一期「農漁牧產業自動化」五年計畫，結合政府相關機關、學術研究機構，以及民間企業力量，整合人力、物力與財力各項資源，建立及加強自動化發展環境，積極辦理農業自動化之推動工作，強化農業體質，提升勞動生產力，降低生產成本，以及提高產品品質及競爭力，期望我國成為農業自動化之先進國家。目前農業生產技術之研究大都偏重於育種、栽培、施肥等技術之改進，但對一貫作業生產方式則感缺乏，如蔬菜水果之溫室設施，利用工廠生產方式，以自動化控制系統，對溫度、濕度、養分等作最適當的調節，使生產高品質之果蔬，自栽培、收穫乃至出貨，完全以自動化方式掌握其過程，不但可縮短生長期、提高產量，並因工作環境之改善，可降低農民高齡化之衝擊並吸引年青農民投入農業。

鑒於上開自然與人為因素影響，無論從供給、需求、環境或生態層面來看，傳統農業經營亟需轉型，以因應全球農產業發展趨勢，因此農業自動化管理生產模式是政府主要農業推動策略，經由結合農工商異業，整合軟硬體及栽培技術，掌握研發資源與國內外農業發展趨勢，藉以強化農業自動化產業競爭力，進而增加青年農民投入生產，促進農業科技產業化與國際化。

農業試驗所面對提升農業競爭力的課題，為能貢獻一份心意，並喚起年輕農民投入農業與永續經營的理念，特於本所 120 週年所慶之際，辦理本次研討會，非常感謝各研究單位的熱情參與、共襄盛舉。農業工程與自動化將是一個未來極具潛力及前瞻的發展議題。

行政院農業委員會農業試驗所 所長



謹識

主持人暨來賓致詞

主持人(蔡致榮副所長代)致詞：

農糧署林副署長、興大附農盛校長，在場各位先進、本所及各改良場同仁們，大家早！在此向各位表示歡迎，並與各位傳達所長對農業機械等領域的期望。首先非常高興，也相當歡迎各位來到農試所，參加農業工程與自動化學術研討會。農試所於 1895 年成立，即進行農業相關研究，以改善台灣糧食供給狀況，成立至今已將 120 周年，本所從今年 7 月開始，便舉行一系列的所慶活動，包括今天的研討會；首先要感謝農業環境領域農業機械與自動化推動小組協助籌辦本次的活動，讓各領域的研究人員有機會相聚互相砥礪，根據我的了解，本次研討會的內容除了 102 年與 103 年的計畫成果之外，也有接受邀請演講，及主動投稿的論文，對於我們農機同仁積極參與成果發表以及互相學習成長的用心，在此深感敬佩。近年來世界氣候異常，天然災害發生頻繁，對於農業生產產生嚴重災害，例如前次的蘇迪勒颱風，農林漁牧與民間設施的損失，估計達新台幣 16 億，民國 98 年莫拉克颱風災損更高達新台幣 200 億，各位想想台灣災損如此嚴重，假如在災害防治等相關議題進行研究，應該對於現狀會有所改進，另一方面台灣目前農業生產所面臨的勞力短缺及老化的問題，更讓農業生產問題更加嚴重，食安議題引起消費者對於在地農產品的重視，有鑒於上述自然及人為因素的影響，無論是從供給面、需求面、環境跟生態層面來看，我們傳統的農業經營需要積極轉型，找尋一條未來農業適合的道路，來因應農業產業發展的趨勢，這當中農業自動化生產管理為政府推動農業轉型的策略之一，在過去農委會從民國 80 年便開始推動農漁牧產業自動化，便是一個起點，結合政府機關與學術研究機構，以及民間企業的力量，致力於建構一個農業自動化發展的環境，積極辦理相關推動工作，也奠定了相當穩固的基礎；從民國 103 年開始推動的設施農業，大力投資利用溫室設施栽培的模式，以自動化的監控技術，針對溫度溼度還有養份做最佳的調節，以生產高品質的蔬果花卉等農產品，這些成果大家有目共睹；從今年第 4 季開始，行政院將要推動生產力 4.0，其中包括製造業，商業還有農業，因此有個農業 4.0 的計畫，是希望將先進的感測技術、物聯網 IOT、BigData、網實系統 (cyber physical system) 與 GPS 等前瞻技術導入農業，希望能夠建構智慧化農業產銷跟數位服務體系，這最主要除了產業轉型也要吸引青年農民投入農業，確實將農業競爭力提升，促進農業科技產業化及國際化。從 1895 年到現在的 120 年農業試驗所與時俱進，面對農業生產力提升的課題，我們責無旁貸，在這個時間點我們也受命統籌進行相關策略跟具體行動方案規劃，為了匯聚共識積極籌備，因此特地在本次 120 周年所慶辦理本次研討會，並特地邀請盛校長來進行講座為我們深入探討農業科技自動化研究的一些現況及未來趨勢，跟大家共勉，研討會最後的綜合座談也會安排與會專家與各位交流討論。相信透過今日的研討會，我們對未來農業生產自動化研究的實際操作會有一些不同的發想，也為我們國內自動化農業工程領域應用再創新局。最後，預祝研討會圓滿成功！各位貴賓身體健康、萬事如意。謝謝大家。

來賓致詞

農糧署林麗芳副署長：

蔡副所長、盛校長、邱院長及在座的各位教授，各位農業工程先進及改良場所同仁們，大家早安！今天很榮幸代表署長在此跟大家致意，署長具農業工程領域背景，對農機發展相當關心，知道農試所將舉辦農業工程與自動化學術研討會，立即將此研討會列入行程，在蘇迪勒颱風剛過境，現場勘災正如火如荼地進行之際，署長仍相當希望可抽空參與此研討會跟大家交流。可惜今日上午臨時的現場勘災行程，署長只好忍痛將此交流機會讓給我。我很榮幸到此認識各位農機界先進，也很高興能跟大家交流學習，除替署長向各位致意外，也要跟大家加油打氣。

我相信在座各位都很清楚當前農業環境所遇的困境，台灣農業正面臨轉型階段，也是決定我們農業未來的關鍵時刻。就台灣內部農業環境而言，農業勞動力老化，農民平均年齡 62 歲，農業缺工嚴重，每次我拜訪農民都會聽到缺工、勞動力老化、子女不願返鄉幫忙等嚴重的現實問題，我們署正跟勞動部討論從幾個產業，譬如菇類、蘭花以及果樹、茶葉等評估試辦引進農業外勞。外部的農業環境而言，正值加入 TPP 和 RCEP 的衝擊，尤其國際間雙邊自由貿易協定與多邊區域性自由貿易協定正積極展開中。美國主導的 TPP 佔全球 GDP 的 40%，RCEP 則佔全球 GDP 的 36%，如果台灣沒有加入區域性自由貿易協定，台灣的競爭力勢必流失。而加入 TPP 和 RCEP，農業是受衝擊最大的部門，在如此嚴峻的農業環境裡，我們更需要思考如何讓台灣農業更有競爭力。誠如副所長所言，行政院生產力 4.0 就是一個未來的方向，相信在座各位菁英在生產力 4.0 規劃中都將扮演相當重要的角色，因為生產力 4.0 將達到智慧化生產、數位化服務，藉由物聯網的應用將生產製造及銷售服務一貫化，資訊農業工程自動化將是很大施力點。

從歷年台灣農業機械出口值不斷增加，重要農業機械出口值已經達到一億三千多萬美元，加上其他農機的部份，出口值已達兩億美元，說明台灣的農業機械深具外銷潛力及競爭力。另外各機關在農業機械領域的研究、技轉及專利申請，也有許多成果可進行展示，顯示台灣農業的自動化機械是相當具有前瞻性。今天很高興大家可以一起思考如何規劃生產力 4.0，經由各位的專長，導入自動化、智能化的概念，藉由此研討會的交流，讓各位在未來進行研究時，思考 10 年、15 年、20 年後，台灣的農業環境將是如何？該怎麼做？如何將農業機械自動化、高性能、高生產的能量導入？本研討會是相當有意義的平台，讓大家檢視一下，過去兩三年所做的研究計畫，除了交流外也可以再思考，如何精進及策劃未來。最後，預祝研討會順利圓滿成功！大家健康平安喜樂，謝謝。

農業機械與自動化推動小組對應計畫名稱與論文題目總表

推動小組召集人及執行秘書

推動小組	召集人		執行秘書
農業機械與自動化	桃改場 邱銀珍 副研究員	農糧署 許健興 視察	桃改場 吳有恒 助理研究員

對應計畫名稱與論文題目

計畫名稱	研討會論文題目	主要作者
電動小型農機-除草機/噴藥機之研發	小型電動除草機操作性能之研究	顏炳郎 (台灣大學)
自走式採茶機之研發(新型農機研究)	乘坐式採茶雛型機之試製	徐武煥 (農試所)
農產作物田間機械之研發	應用插秧機作為田間工作母機進行附掛農機具之研究	黃柏昇 (高雄場)
適用於作物行間手推式剪草機	適用於作物行間手推式剪草機之開發與應用	徐武煥 (農試所)
以葉綠素螢光影像進行作物病害檢測系統之研發	以葉綠素螢光進行草莓種苗之病害檢測	邱奕志 (宜蘭大學)
薑收穫機之研製開發	薑收穫機之研製開發	林建志 (農試所)
(投稿)	應用開放資源設計溫室監控系統之研究	陳俊仁 (農試所)
(投稿)	下雨感測器之性能評估	陳令錫 (台中場)
(投稿)	遙測技術在農作物災害監測之研究與應用評估	林福源 (苗栗場)
落花生拖車式箱型乾燥機開發及應用模式探討	落花生箱型乾燥機之應用模式探討	盛中德 (中興大學)
蓮子去芯試驗研究	半自動蓮子去芯機	黃文祿 (嘉義大學)
節能技術應用於農業生產管理及農產品廢棄物再利用之研究	青花菜分切機台開發設計	李 健 (台南場)
(投稿)	滾筒式炒菁機改良研發	黃惟揚 (茶業場)
香菇微波冷凝乾燥機之研製開發	香菇微波冷凝乾燥機之研製開發	黃禮棟 (農試所)
(投稿)	霧耕栽培機具之研製	張金元 (台中場)

農業自動化科技前瞻研究發展現況

盛中德

國立中興大學生物產業機電工程學系 教授

摘要

農業因工商業的興盛與發展，及本身受限於自然環境的限制，相關生產力的提昇有限，逐漸失去了所謂的競爭力，且人力大量流出，也因此農業進行了第一次的改革以引進機械提昇生產力。隨後農業又面臨貿易自由化，農產品市場全球化，國內的農業無法以價格競爭，必須靠質取勝，促使農業進行第二次改革，透過精緻化與自動化的發展，整體提昇國內農業的全球競爭力。隨著這幾年國內在數位控制、資通訊與電子產業成長很快，技術也相對的成熟，國內的傳統產業如農業要如何利用這優勢，進一步地提昇農業的生產力與全球競爭力，為未來發展趨勢，亦可視為農業的第三次改革。每次改革對國內的農業發展均有相當大的貢獻，以服務農民為發展方向，相信未來的發展亦是以佳惠農民為發展趨勢及責任。

關鍵詞：農業機械化與自動化、大數據、發展趨勢。

一、概說

(一)農業機械化

隨著社會的進步，農村生活提高，農村勞力持續外移致使農村人力顯著減少，和農業生產成本增加。為期突破農業經營的瓶頸，必須由農業機械的有效利用來補充，以達到維持或提高農業生產的目的。農業因工商業的興盛與發展，及本身受限於自然環境的限制，相關生產力的提昇有限，逐漸失去了所謂的競爭力，且人力大量流出，也因此農業進行了第一次的改革，即引進機械，透過農業機械化的發展提昇生產力，這也是農業的第一次轉型。機械化的最大功能減少了人工依賴，六十年起台灣積極發展加速推動農業機械化，使得主要農作物水稻生產栽培作業達百分之百機械化(其他尚有施藥機械，圖1-2)，而此次改革農民為主要受惠者。

(二)農業自動化

隨後農業不只是面臨工商業的競爭，由於貿易的自由化，農產品市場的全球化，國內的農業不能只講求生產，還必須要有全球的競爭力，而國內的農業無法以價格競爭，必須靠質取勝，此即為農業的第二次改革，透過精緻化與自動化的發展，整體提昇國內農業的全球競爭力，所以雖農產品的進口越來越多，但出口相對也增加了不少。民國80年起由單純的機械化發展，擴展成自動化技術發展，主要包括：農產品收穫後處理自動化(圖3、圖5)、種苗生產自動化(圖4)、設施栽培自動化、管理作業自動化等。自動化的最大發展在技術與資本密集，使國內的農業發展除了滿足國內的消費外，同時也強調國際競爭力。



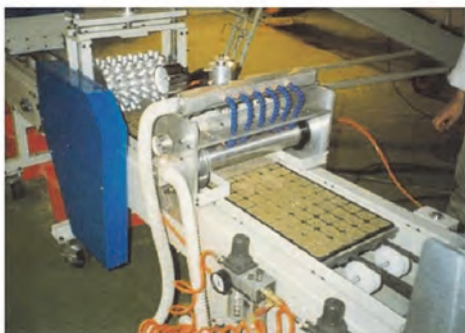
圖1 稻作機械化



圖2 施藥機械化



圖3 穀物乾燥中心及濕穀收購作業



鼓式真空播種系統



利用空中輸送機架設於田間軌道，可供搬運及噴水的工作(花之鄉)

圖4 蔬菜種苗生產系統

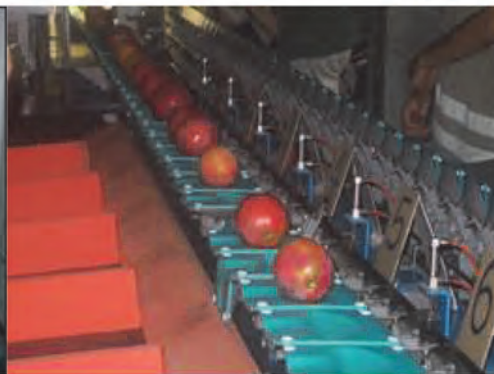
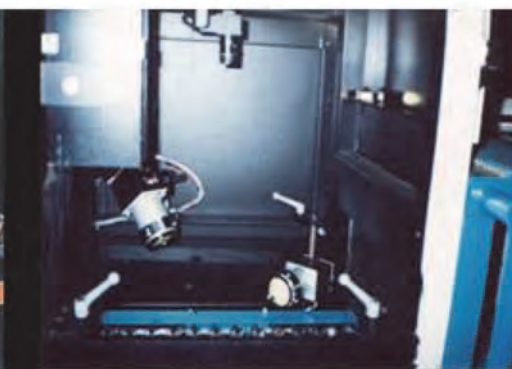


圖5 近紅外線水果內部品質檢測系統(蓮霧及芒果)

(三)自動化的延伸

國內這幾年雖然傳統產業外移的相當嚴重，但有些傳統產業是不易外移的，農業就是。這幾年國內在數位控制、資通訊與電子產業成長很快，技術也相對的成熟，國內的傳統產業如農業要如何利用這優勢，進一步地提昇農業的生產力與全球競爭力，可視為農業的第三次改革。現政府利用大數據理念，結合了智慧機械人及IOT技術，將全力推動「生產力4.0」計畫，而農業在需求永遠不會消失，加上人口老化與少子化的雙重衝擊下，急需透過「生產力4.0」計畫注入產業活水與新動能，「生產力4.0」的推動應視為自動化的成功與延伸。

二、自動化科技的前瞻研究

因為自動化生產的需要，生產過程中必須掌控每一個環節，為了瞭解掌控生產狀況，各式各樣的感測器被開發並加以利用，而透過網際網路與便捷的資通訊系統，可以即時的將資訊串接、整合及利用，在IPv6的環境中，每一個網際網路上的連接埠或裝置都能被精準的辨識，如此幾乎到達一切都在掌控中的環境，特別是生產環境，請問農業要如何善用這種環境進行下一步的演化?它目前雖沒有確定的答案，但應會包括下列幾個方向:

(一)資源最佳化應用

這是目前最直接貢獻，在氣候極端異常已成常態的情況下，水資源的問題已與人的生存息息相關，前一陣子國內乾旱造成大面積休耕，美國最近為乾旱引起的森林大火疲於奔命，而國內農業使用了近70%的水資源，而在水資源越來越珍貴的今天，如何利用已有的技術，使水資源最佳化利用，當是未來嚴肅的挑戰。如「黃金廊道農業新方案暨行動計畫」在農村節水上的規劃包括有:輔導水稻田轉旱作、節水管路灌溉、加強農業用水灌溉管理、獎勵設置水資源再利用設施、提升農業用水使用效率並節約水資源、推動農村再生發展節水農業社區、及促進農業水土資源和諧利用。而農村水資源的再利用最簡易的方式是收集農舍的雨水，再利用於如清洗等方面，及區域中水回收再利用等。此外各項農業生產有關的資源都將朝最佳化利用的境界發展。

(二)農業生產資源化

農業是清理環境解決氣候異常的最佳產業，大氣的CO₂必須透過農業的生產緩解，另一方面太陽能也必須依賴農業的作為加以收集與貯存，但整個農業生產人類利用的卻相當有限，很大部份在過去多被當成垃圾或廢棄物處理，目前雖已有相當多過去的廢棄物被當成資源在利用，如稻殼即已成為生質能的一種材料(圖6)，但尚待人類開發利用尚有許多。當然它的用途應很廣，最接的用途就是當生質能，此部份的開發有助減少石化燃料與燃煤的使用，同時也有減緩溫室氣體與氣候異常的功效。(圖7)



圖6 稻桿收集作為生質能材料

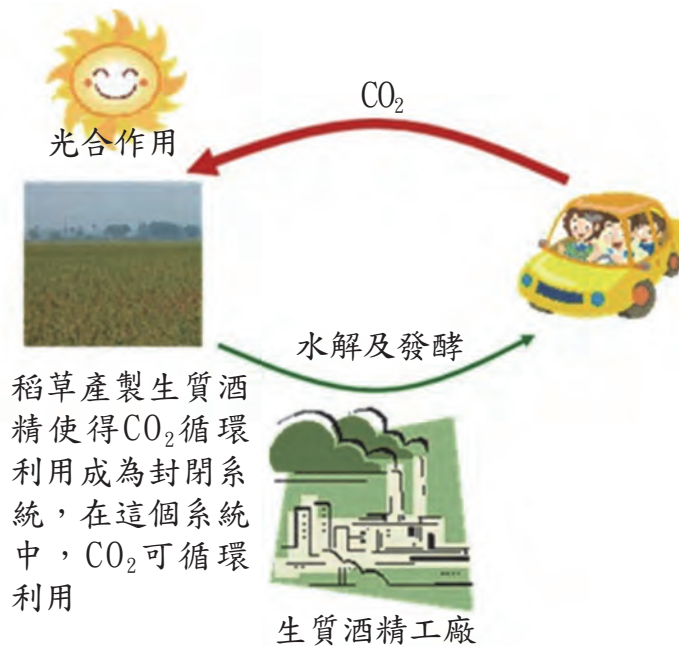


圖7 稻草生產生質酒精使 CO_2 循環利用

(三)智慧化生產

這因是「生產力4.0」計畫對農業的期盼重點之一，當然也是過去農業發展的重點方向，植物工廠在某種層面上就是智慧化生產的實現，但智慧化生產的精髓在IOT的實現，即在生產過程中可以隨時即時的感測環境，此外也隨時在了解生產對象物的狀況，也就是整個農業的生產，非常關心生產對象物的感知，我們會問渴或餓了嗎？營養是否均衡？處的環境舒服嗎？我們也要了解投入的資源是否有效的發揮？是否切中需求？當達到這些就是智慧化生產。同時智慧化生產會透過網際網路提供專業服務，任何需求都能即時找到答案與協助，而平台也會主動即時提供各項服務，使生產者能有效且自主掌控生產。

透過網際網路提供專業服務，是一個不受時、地、物限制的資訊服務網際網路，生產所需物品能夠在無需人干預的情況下透過感測器網路彼此感知和識別，再利用各式數據通信進行“交流”，實現資訊的互聯與共用。物聯網是一個由感知層、網路層、應用層共同構成的資訊系統：(1)感知層：擔任資訊的收集，透過感測器、智能卡、RFID電子標籤、識別碼、二維條碼等。(2)網路層：擔任資訊的傳輸透過現有的廣電網路、互聯網、通信網路或未來的NGN網路（下一代網路）等。(3)應用層：完成資訊的分析處理和決策以及實現或完成特定的智能化應用和服務任務，實現物/物、人/物之間的識別與感知，發揮智能作用。

物聯網在台灣的發展：(1) E-Taiwan應用推動計畫(2002–2007)，主要為建設基礎資通環境。(2) M-Taiwan寬頻管道建置計畫(2005–2008)，強調線上服務普及整合互通、服務互動。(3) U-Taiwan發展優質網路社會(2008–2009)，期望E化治理服務隨手可得。(4) 智慧台灣計畫(2009–2016)，目標建立安心、便利、健康、人文的優質網路社會。三大核心概念：a.建設智慧化資訊基礎、b.推動智慧化生活創新應用、及c.落實文化創意與人才培育。因此，台灣發展物聯網關鍵重點在全面感知、可靠的傳輸與智慧處理，此亦是物聯網的精髓與商機。

台灣的發展優勢在於擁有物聯網的關鍵技術，包括：高精度感測器、及時無線傳輸、衛星通信、堅強完整的電子業等，並具備成熟的資通訊產業發展與設備、零元件及IC晶片等相關產業鏈。而目前重點工作，在將這些成熟的技術經過系統整合的階段，成就各種應用解決方案，與國際合作競爭，創造新的營運模式，以帶動新的市場與產業為未來的發展方向。

(四)個別差異化生產

國內對農業的需求早已超過只求溫飽的時代，未來隨著經濟的成長，人對農產品的消費需求，將更著重品質與自我特色，實質上目前已有這種趨勢，惟目前是消費者針對自己的需求至成品市場進行選購，即使在生產上有特別的處置，一般仍是由生產者自行進行管理與負擔成敗，未來在大數據及資源充分掌控與有效管理時代，農業生產的失敗率應可降低甚至避免，而消費者也會對消費的對象物即農產品提出其特定的需求，如此生產者將針對需求進行生產，此即所謂的量身訂做或某種型式的契作，如此不會有生產出來沒人要的困境，就不會有浪費資源的情況，此也是另一種資源最佳化利用的生產模式。

(五)完全的追蹤與追溯

自產生多次食安與標示不實的案件後，消費者對吃的東西越來越關心，要求要有透明公開的資訊，而這也是農產品生產資訊的追蹤與追溯需求，但過去農業生產的資訊大都無法進行所謂的即時建置，如此建置資訊變成一種負擔，同時資訊正確性也被質疑與挑戰。未來生產資訊的產生必須與生產行為無縫接軌，透過IOT、各式感測器與無所不在的資通訊網路，從事農業作為時將同時進行即時的資訊的建置，它將是一件輕鬆且平常的工作。這些資訊即時且完整的建置，也將有助農業生產者進行農業生產的檢討與改進(圖8)。

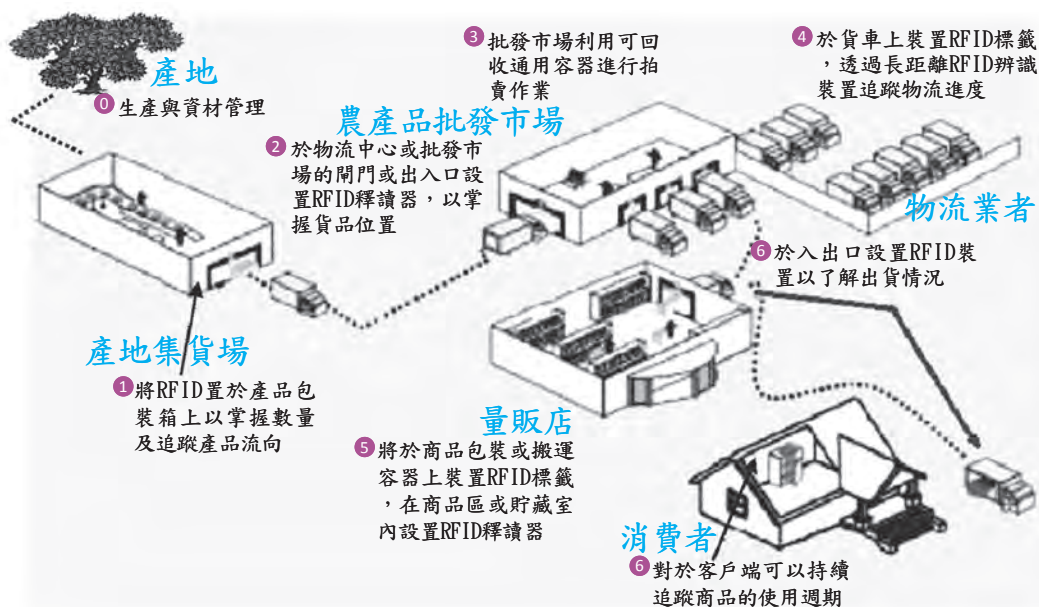


圖8 農產品於供應鏈各重要節點的追蹤追溯範例

現今終端設備的處理能力與儲存容量不斷提升，設備有越來越小化的趨勢。資訊技術與網路型態不斷的改良與創新，人們的生活正逐漸進入一個始終連接(Always Connect)的網路世代，形成了一個無所不在的網路環境。而行動裝置可為農產品追蹤追溯的資訊輸出入工具，基於行動上網環境成熟，智慧型手機等行動裝置上具更多的功能，且攜帶更方便、更小型化的發展。這些可攜式的設備，可協助我們處理農產品生產、流通過程中所需的資訊溝通，由於其隨時隨地皆可傳輸資訊的功能特性，使得行動裝置在產品安全追蹤上扮演的角色越來越重要。

三、回顧與展望

自動化的引入對國內的農業發展有相當大的貢獻，將農業由勞力密集導向資本與技術密集，也創造了不少的農企業，但自動化的導入容易讓人想到要投入相當的資本，也因此一般農民由自動化發展所帶來的好處並不多，這是過去自動化發展較為人批判的地方。但展望未來結合IOT與大數據理念所發展的自動化，它將是以服務一般農民為方向，未來自動化的受益者當然有農企業，但會有更多的農民受益，而這是未來自動化發展無法避免的趨勢與責任。

未來透過資訊化服務的情境:

1. 農民種什麼東西，在什麼地方種，馬上大數據會提供相關資訊。如地理肥料資訊、作物的生產管理資訊、作物曆等。
2. 在結合即時與歷史累積氣象資訊:農民會收到作物栽培作業指令，若農民依指令有回饋反應，系統即建立資訊。另田間的感測單元也會自動產生作物生長環境資訊與作物生長狀況資訊，如此系統即會自動做修正，而使整個農業生產達到資源的最佳化利用。

整個農業生產可達到資源的最佳化利用，即投入最少的資源，生產出最佳的結果，而所有的生產結果都是針對消費者需求。能以最少的代價，提供農民最好的服務，農民能真正享受到自動化與科技化的成果。

The Research and Prospect in Agricultural Automation Technology Development

Chung-Teh Sheng

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

Abstract

Since the development of industry and commerce flourish, agriculture is limited itself to the natural environment that related productivity enhances to be restricted. It results in the gradually loss of competitiveness and a lot of manpower outflow. Therefore, agriculture conducted the first reform to enhance the productivity and the introduction of machinery. Subsequently agriculture is faced trade liberalization and globalization of agricultural markets, the domestic agriculture without quality can't compete in price. This cause the second reform in agricultural. By developing refinement and automation, it can enhance the overall global competitiveness of domestic agriculture. As in recent years, the domestic digital control, ICT and electronics industry grew up quickly, the technology is relatively mature. Domestic traditional industries in agriculture that how to use the advantage further enhance the productivity and global competitiveness of agriculture for the future development trend. This can be regarded as the third reform in agriculture. Each reform to the domestic agricultural development has a considerable contribution which to serve the farmers for the development direction. I believe the future development the trends and responsibility that is benefit for farmers.

Keywords: Agricultural Mechanization and Automation, Big Data, Development Trend.

104 年度農業工程與自動化計畫成果 研討會論文集

小型電動除草機操作性能之研究

顏炳郎¹、劉宇哲²、徐上為²

¹國立台灣大學生物產業機電工程學系 副教授

²國立台灣大學生物產業機電工程研究所 研究生

摘要

對於傳統農業機械來說，使用的動力來源大多是以引擎來當作輸出動力。目前國內外現有小型農機大多使用二行程引擎，並藉由燃燒汽油與機油混合以提供引擎運轉之動力來源，然而在內燃機引擎運轉的過程中，雖然可獲得所需之動能，但仍有大量的熱能以及二氧化碳等溫室氣體產生，不僅能量無法有效的被轉換，所排放的溫室氣體也將會對環境造成危害。因此當務之急是把傳統農業機械產業根據不同的需求及規格全面電動化，如此便能降低影響對環境的危害。現有市面上農機，如割草機等大多仍是利用內燃機引擎來產生動力，內燃機引擎雖擁有高功率輸出之優點，但轉換效率極差，且其所排放出的廢氣也是高速運轉時的數倍。因此先針對割草機進行電動化，以高轉換效率之直流無刷馬達取代傳統低轉換率之內燃機引擎。再探討小型電動農機的設計，以直驅機構減少能源損耗，最適馬達選取，以及提昇轉速等控制策略，整合電池與能源使用達到最大續航力。最後進行模組化與成本性能的分析，並透過農民實地使用的意見進行修正，建立電動割草機的設計規格。

關鍵詞：電動農機、除草機、高效能。

一、前言

隨著地球暖化問題日益嚴重，因應氣候變遷之節能減碳，秉持「健康、效率、永續經營」的農業施政方針，以「低風險、低碳排、新商機」為願景，開創低耗能、低碳排的綠金新商機，發展節能、低碳排之電動農機是刻不容緩。而現有小型農業機械，如割草機等大多仍是利用內燃機引擎來產生動力。因此本研究針對電動割草機的設計進行探討，雖然電動除草機，但其續航力都嫌不足，大多是以小型耕作面積為主，工作時間大多是在30分鐘至四小時之間[1~2]。以德國BOCSH公司所生產之電動除草機ART26為例，工作時間只有約30分鐘，並沒有進行電源使用最佳化的管理，因此這類電動除草機的成本、重量與續航時間都無法達到最佳化。因此無論國外或國內廠商在做農業機械電動化時，均有幾項缺失：

1. 並沒有對輸出功率做最佳化設計
2. 沒考量到電池快用盡時的控制策略
3. 沒考慮到使用者安全
4. 只是單純將引擎換為電池
5. 沒有將其智慧化的功能

6. 除草不能隨著環境變化作適應性的調整及時變化

因此農業機械的電動化，需考慮下述關鍵：設計高效率的動力驅動機構，配合適當扭力轉速電動馬達，以控制電路或更高階的智能電路對馬達進行控制與專用之割草刀具。

二、材料與方法

本研究首先針對割草性能進行量測，將市售農業用硬管割草機(三菱TB43)進行修改，傳統除草機的動力傳動來源為二行程引擎，將引擎動力源改為350W直流無刷馬達(碩陽電機，型號: BL90_M)，保留傳達動力的聯結機構，改裝後電動除草機實體機構如圖1所示。

透過電動化後進行割草的操作條件量測，藉以獲得進行割草相關動力參數，並比較引擎動力與電動馬達在執行割草的特性表現。

第二階段本研究針對電動割草機的最佳能源使用，提出有別於傳統割草機的動力傳動設計，引入高能源效率使用與最適操作條件等原則，如圖2為更新設計後的電動除草機主體機構，使用直驅式的設計減少能源在傳遞時因機構摩擦的損耗，並同時降低除草機總體重量，提供更佳的使用經驗。馬達選擇具壽命長、電氣雜訊少且可適應在較高溫環境下的直流無刷馬達(圖3-5)。並且導入模組化設計概念，分為直驅機構模組、割草盤模組、電控模組等，可方便日後需求進行維護更新。



圖1 改裝後小型電動割草機



圖2 電動除草機整體架構



圖3 直驅機構模組



圖4 割草機構模組

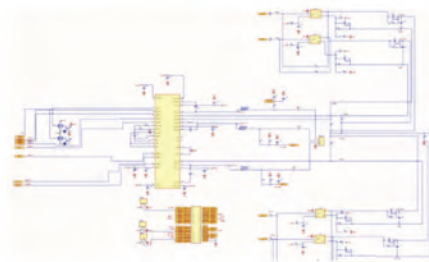


圖5 馬達驅動電路模組

三、結果與討論

除草性能研究顯示，以小型除草機進行除草，愈高轉速所需的扭力愈小，而馬達的扭力與轉速特性正好符合此除草特性之轉速扭力特性的需求，然需克服風阻與反電動勢，因此除草刀具設計相形之下非常重要，反觀以引擎為動力在主要運行區段，提供了隨轉速提升有平緩上升的輸出扭力，因此隨著轉速提昇，輸出扭力可隨著提高，從能源效率的角度而言，此扭力過規格的現象，讓能源使用則愈形浪費。

因此透過上述分析後選擇合適的馬達，並設定最佳操作點進行割草，能源效率獲得顯著提升，而續航力也因此達到設定的目標。結果如表1與表2所示。

在改良式電動除草機測試結果中，空轉情況下，其高、低轉速的平均消耗電壓電流值均相當小，顯示直驅式的設計有效地降低動力傳遞的損失(如表 1)。而續航力的計算方式，是利用電池容量除上整理系統平均消耗的電流來進行換算，以下實驗結果將以此來換算。表 2 為在定面積(150*150cm)測試的結果，於草枝與草地兩種工作環境各作高、低轉速測試，平均消耗功率及平均消耗電流方面，草枝與草地的低轉速所消耗能皆大於高轉速(低轉速約 46~49W/2.5–2.6A，高轉速約 37~39W/1.2–2.2A)，可見適當的割草操作點，將影響能源的使用效率；亦可由測試數據觀察出，切割的草種類也影響其效能，較具硬度的草枝切割效果優於草地，因為草地的葉子較具韌性，切割時容易纏繞於刀片上，因此相較之下，割除草枝的效果較佳，由此亦顯示深入割草過程中割草刀具與對象之間的交互作用，對進行割草效率有顯著影響，透過切割動力學的分析與最佳刀具的設計，可發揮電動割草機最大的優勢。綜其以上結果，利用在相同面積下所消耗時間，換算續航力，可得出優於市售機種的續航力，約有 4–8 小時的續航力。由圖、圖可看出除草前後比較。

表1 空轉結果

轉速	低轉速	高轉速
平均消耗電壓(V)	2.3	3.0
平均消耗電流(A)	0.15	0.25

表2 固定面積下測試結果

割草面積 種類 轉速	150*150 cm			
	草枝		草地	
	低轉速	高轉速	低轉速	高轉速
平均消耗功率(W)	46.4	37.2	49.4	39.6
平均消耗電流(A)	2.5	1.2	2.67	2.2
換算續航力(hr)	4	8	3.7	4.5

四、結論

本計畫在電動除草機部分，依照除草特性選取最適合馬達，進行高轉速馬達控制，以及改良為直驅式除草機構等策略，成功地大幅提升連續操作的續航力至4 小時以上，此續航力遠大於在市面上相同電池容量下之電動除草機的續航力，此成果提供了一項農機電動化的重要突破。整體而言，在逐步克服重量與續航力，加上電動農機本身之低噪音、無廢氣，低能源成本的誘因下，透過製作成本分析並與市場同類型的產品相比較，本研究成果具有性能與成本的優勢，未來若有廠商投入相關產品開發，將可轉移相關技術發揮實質的產業價值。

五、參考文獻

1. 秦貴、張艷紅。2010。蔬菜設施小型除草機的研製。中國蔬菜21。
2. Ahmad, M. T., L. Tang and B. L. Steward. 2013. Automated Mechanical Weeding. Automation: The Future of Weed Control in Cropping Systems. 125–137.

A Performance Study on Electric Weeding Machine

Ping-Lang Yen¹, Wei-Tzer Liu², and Hsiang-Wei Hsu²

¹ Associate Professor, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering,
National Taiwan University

² Master, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National
Taiwan University

Abstract

In response to the growing problem of global warming and climate change, energy conservation and carbon reduction have become an inevitable issue. To uphold the "health, efficiency, sustainable" agricultural policy objectives and to open a vision of "low risk, low carbon, new business opportunities", development of energy efficiency and low emission of power is imperative for agricultural machinery. The project is focused on the modular design of direct driving mechanism, and high performance embedded microcontroller for motor driver etc. Evaluations are also performed in real field by farmers, modifications based on the feedback reviews and overall cost analysis are also carried out for applications in industry.

Keywords: Electrical Agricultural Machinery, Weeding Machine, High Efficiency.

乘坐式採茶雛型機之試製

徐武煥¹、蔡致榮²

¹行政院農委會農業試驗所 助理研究員

²行政院農委會農業試驗所 研究員兼副所長

摘要

本研究利用過去暨有之農機發展基礎來開發一台乘坐式採茶機，以滿足茶農機械化採茶之需求，降低生產成本及提升本地加工茶葉外銷之競爭力。民國 101 年已試製完成一台乘坐式採茶雛型機，並於目前台灣最大的機械採收茶區(南投縣名間鄉松柏嶺)進行測試。測試結果發現，該機一公頃作業時間需要 5.6 小時，約為雙人機械採收作業之 1.9 倍。而松柏嶺之茶園多屬於階梯式地形，茶園間常有高度落差且未留頭地，操作之難度較高。未來如果要進一步改良應用，一次作業寬度需要再提升以提高其作業能力，而本機之實用化研究也仍有努力之空間。

關鍵詞：乘坐式、採茶機、試製、往復式割刀。

一、前言

台灣在農業機械化上，已由高度機械化之稻作機械逐漸往雜糧、園藝及特作等機械發展。以茶葉採收而言，許多茶園為製作價值較高的茶葉，早期甚或現在仍完全利用人工，將茶樹頂端剛生長出的一心二葉採收為茶菁，此方式相當耗費人力成本。故自60年代起，部分茶園為降低採茶的成本，逐漸改以半機械方式採收，即引進使用單人往復式、雙人往復式或迴轉式採茶機，後來台灣也自國外引進乘坐式採茶機，並經國內改良，不過仍少見推廣應用，後來較普遍使用的是以雙人往復式採茶機為主。台灣目前最大機械採收之茶區為南投縣名間鄉之松柏嶺茶區，機械採茶約佔8成以上，該茶區主要使用雙人往復式採茶機，搭配1人搬運並堆置於貨車上，然採收機本身及其茶菁仍需利用人力加以操作搬運，亦需耗費相當之人力。故許多茶農迄今對於採茶進一步以乘坐式機械化方式操作仍有其需求與期待。鑑於此，本研究在於利用過去暨有之農機發展基礎，試圖開發一台乘坐式採茶機(以下簡稱本機)，以滿足茶農機械化採茶、降低生產成本及提升本地加工茶葉外銷競爭力之需求。

二、材料與方法

(一) 進行乘坐式採茶雛型機之試製：

- (1)先針對茶農需求之乘坐式採茶機功能與規格進行調查，以瞭解茶農之需求。
- (2)開發採收之剪枝及集中機構。
- (3)進行雛型機構田間初步測試。

(二) 進行乘坐式採茶機之田間測試與改良：

(1)進行採茶機之田間行走及操作之測試與改良。

(2)於松柏嶺茶園進行田間測試，以瞭解採茶機機械作業之操作特性與田間之適用性。

三、結果與討論

在瞭解茶農之需求後，針對乘坐式採茶機之功能與規格進行擬定研製，雛型機已於101年度試製完成(圖1)。本機採用高架式底盤，空車底盤離地高度為1公尺，底盤為鋼管製強化結構，整體經鍍鋅防銹處理。輪距及軸距分別為1,500 mm及1,525 mm。動力源配備三汽缸四行程柴油引擎，額定馬力為26Hp (19.4kw)/3000 rpm，駕駛系統含翻滾保護之駕駛室，油壓動力方向盤。驅動、轉向與動力傳導採用四輪驅動與四輪轉向，輪胎動力經由齒輪系傳導。變速系統含正、副變速，前進六檔及後退二檔，最高車速可至20 km/hr，作業速度為3 km/hr。茶葉採收刀具採用一般茶農機械常使用之圓弧型(半徑3,000 mm)往復式刀具，含將採收之茶菁輸送至收集袋之機構。採收作業寬度範圍為1,200 mm。因為機械採收之高度位置會對茶之產量及品質造成影響，為使本機操作有一定之彈性，故評估規劃採茶刀具離地高度(刀具圓弧最高點至地面距離)調整控制範圍為600–1,000 mm。

本機雖然刀具規格採用常見之往復式刀具，但採收作業寬度僅為 1,200 mm，為適應目前松柏嶺試驗茶區種植之規格，一畦仍需採收兩次。經田間測試，作業時間一公頃需 5.6 小時，約為雙人機械採收作業之 1.9 倍。為提高機械之採收作業能力，試驗農戶建議可採用前後兩組圓弧往復式刀具，刀具寬度足夠一畦一次採收的方式以提高效率。

本機於松柏嶺進行試驗(圖 2-4)，該茶區多屬於階梯式茶園，許多茶園與鄰接之茶園往往有高度落差，且田間幾乎未留頭地等迴轉空間。因本機採用高架式底盤，空車底盤離地高度高，重心偏高，機械於高差較大之田區時，很難以斜置鋁梯的方式操控機械上下移動，操作難度較高。

採收後之茶菁原先規劃以輸送帶進行輸送(圖 5)，惟其輸送系統欲達到實用之流暢程度仍有進一步改善之空間。壓力輸送(air swept)為國際上採茶商品機目前常見使用之方式，故後來茶菁也曾嘗試負壓式吸取及正壓式氣體輸送的方式進行茶菁輸送並將之集中，但因茶菁較蓬鬆，採負壓方式不易控制吸取及集中；而採正壓的方式必須有足夠的正壓馬力，惟正壓式氣力輸送頭等未來仍需進一步研發利用。



圖1 乘坐式採茶雛型機

四、結論

乘坐式採茶雛型機已於101年試製完成，其採收刀具採用一般茶農機械常使用之圓弧型(半徑3,000mm)往復式刀具，但採收作業寬度僅為1,200 mm，經松柏嶺茶園田間測試，作業時間一公頃需5.6小時，約為雙人機械採收作業之1.9倍，一次作業寬度需再提升以提高作業能力。松柏嶺之茶園多屬於階梯式地形、茶園間常有高度落差且未留頭地，操作難度較高。茶菁輸送集中系統經試驗仍有努力之空間。



圖2 乘坐式採茶雛型機於松柏嶺茶區田間附近道路行走之狀況



圖3 乘坐式採茶雛型機於松柏嶺茶區進行田間試驗，同時評估小苗之使用限制



圖4 乘坐式採茶雛型機於松柏嶺茶區進行田間試驗



圖5 乘坐式採茶雛型機茶菁利用輸送帶輸送試驗情形

五、參考文獻

1. Yu Han, Hongru Xiao, Guangming Qin, Zhiyu Song, Wenqin Ding, Song Mei. 2014. Developing situations of tea plucking machine. Engineering, 6, 268–273.
2. Nakano, T. 1998. Influences of plucking position on yield and quality of tea in mechanically-plucked tea bush. Tea Research Journal, 86, 11–17. (in Japanese)
3. Veeraiyan Nandagopalan, Thangavelu Balamurugan, Alakiyamanavalan Lakshmi prabha. 2014. Impact of modernization of harvesting in tea plantation to improve the productivity and quality (*Camellia spp.*). IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, 8 (9) Ver. III, PP 55–59.

Development of a Riding-type Tea Plucking Machine

Wu-Huan Hsu¹, Jyh-Rong Tsay²

¹ Assistant Agricultural Engineer, Agricultural Engineering Division, Taiwan
Agricultural Research Institute

² Senior Agricultural Engineer and Deputy Director-General, Taiwan
Agricultural Research Institute

Abstract

In this research, the past foundations of research and development of agricultural machineries has been used to develop a riding-type tea plucking machine to meet the tea farmers and mechanization's needs, thus reducing production costs and enhancing export competitiveness of local tea products. In 2012, a prototype of riding-type tea plucking machine has been developed and tested in the Songboling tea district where the biggest tea machine harvested area in Taiwan. The result shows that its working capacity one hectare spent 5.6 hours was about 1.9 times from that of double-carried tea picking machine. The large portion of the tea gardens of Songboling tea district is belong to stepped terrain, the height gap between two nearby tea gardens and the lack of head land led the machine hard to operate. If any tea farmer wants to have further applications of the machine in the future, the operating width should being improved and become wider, and the studies on practicability of the machine are still remaining the efforts space.

Keywords: Riding-type, Tea Plucking Machine, Development, Reciprocating Cutter.

應用插秧機做為田間工作母機進行附掛農機具之研究

黃柏昇¹、張志航²

¹行政院農委會高雄區農業改良場 助理研究員

²行政院農業委會高雄區農業改良場 研究助理

摘要

本研究以插秧機做為工作母機，以實際試製及試驗做為研究方法，將所研製之紅豆開溝播種機構以附掛方式附掛於插秧機後，並實地進行播種性能測試。該機之種植模式採用每畦4行，播種行距為150 mm，開溝寬度約300 mm，覆土寬度約600 mm，開溝深度約200 mm，種植株距約150–200 mm；經實地測試結果可順利完成紅豆播種、開溝、覆土作業，每分地耗用種子8公斤，工作效率為每小時0.125公頃。

關鍵詞：插秧機、播種機、紅豆、附掛農具。

一、前言

紅豆是高屏地區重要雜糧作物，產量占全臺灣95%以上；高屏地區由於冬季氣溫較臺灣中部及北部高，多數本區種植水稻之農友於秋裡作期間種植紅豆。為有效利用插秧機並發揮一機多用之功能，本研究研製附掛於插秧機之紅豆開溝播種機，並以插秧機做為田間工作母機；將插秧機之插植部卸下，更換本場研製之附掛式紅豆開溝播種機即可同時進行紅豆播種、開溝、覆土等播種作業程序，發揮一機多用之功能。相較於傳統灑播方式種植紅豆，可提升紅豆播種作業效率，減少人力負荷。

二、材料與方法

本研究以實際試製及試驗做為研究方法，以插秧機做為工作母機，並將所研製之紅豆開溝播種機構以附掛方式附掛於插秧機後，所研製之開溝播種機之主要元件如下：

- (一)工作母機：以MITSUBISHI LV8D插秧機之行走部做為工作母機(如圖1)。該機具有4個鐵輪，輪距約120 cm。駕駛者可利用駕駛座旁之插植部升降控制桿控制附掛播種機構之升降。
- (二)外接動力源：本研究所研製之開溝播種機配置一具10 馬力(HP)之汽油引擎做為播種機構開溝培土刀之動力源(如圖2)，該引擎附掛於附掛播種機構之中間上方。因插秧機該引擎上原供插植部動作用之迴轉動力傳輸軸較曳引機之PTO動力軸細且動力不足，無法負荷土壤開溝培土之土壤阻力，因此設計一獨立動力源供開溝使用。
- (三)開溝培土機構：由2組培土刀(如圖3)及鍊條箱組成，鍊條箱左右兩側各有1組具有4支培土刀片之培土刀，利用引擎供給動力使之於土面上開溝及將已播種之種子覆土。

- (四)紅豆播種器：4組紅豆播種器(如圖4)，藉由太陽輪帶動播種條使紅豆由豆桶落下，豆桶落種點之間距為150 mm。
- (五)太陽輪：播種機架之左右兩側各有1組太陽輪；插秧機行走時，太陽輪接觸地面隨之轉動，進而帶動播種條使種子落下；插秧機靜止時，由於太陽輪亦為靜止狀況，因此播種器不會落種。
- (六)機架：以截面為50x50 mm、厚6 mm之鐵方管為主要材料，利用機架上自製之附掛孔，將所研製之開溝播種機附掛於插秧機上。本機架係用電焊方式進行鐵方管接合自製而成，機架上安裝紅豆播種器、太陽輪、開溝器、培土刀等元件，構成本研究研製之附掛式紅豆開溝播種機。

三、結果與討論

本研究研製之附掛於插秧機之紅豆開溝播種機，種植模式採用每畦4行，播種行距為150 mm，開溝寬度約300 mm，覆土寬度約600 mm，開溝深度約200 mm，種植株距約150–200 mm；經實地田間紅豆播種性能測試結果，可順利完成紅豆播種、開溝、覆土作業，每分地耗用種子8公斤，工作效率為每小時0.125公頃(如圖5)。



圖1 以插秧機做為工作母機



圖2 外接動力源引擎



圖3 培土刀



圖4 紅豆播種器



圖5 以本研究試製之紅豆開溝播種機田間測試播種

四、結論

利用插秧機做為工作母機，以插秧機後方的附掛機構附掛所研製之紅豆開溝播種機，經田間試驗確能完成播種作業；種植方式為每畦4行，溝寬300 mm，畦寬900 mm，每分地耗用種子8 kg，工作效率為每小時0.125公頃；且完成播種後插秧機之輪可於所開之溝中行走，將繼續進行試驗及改良。

五、參考文獻

1. 陳玉如。2006。紅豆機械化栽培之研究。高雄區農業改良場研究彙報17(1):1-7。
2. 陳玉如。2009。紅豆機械化栽培。高雄區農技報導第98期。
3. 陳玉如。2004。紅豆機械化栽培。高雄區農業專訊49:18-19。

Using Rice Transplanter to Attach Agricultural Machine as Planter of Adzuki Bean

David Poshen Huang¹, Chih-Hang Chang²

¹ Assistant Researcher, Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, COA

² Research Assistant, Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, COA

Abstract

This study designed and manufactured a novel adzuki bean seed planter which uses rice transplanter as main working machine. This study had successfully completed plant experiment by using this seed planter. This planter can complete work of planting, trenching and embanking at one time. Actual field performance test results of this planter are as follows: ditch width is 300 mm; ditch depth is 200 mm; one furrow has four rows; furrow width is 600 mm; sowing distance is around 150–200 mm; working efficiency is 0.125 ha/hr; usage of seed is 80 kg/ha.

Keywords: Rice Planter, Seed Planter, Adzuki Bean, Attachable Agricultural Machine.

適用於作物行間手推式剪草機之開發與應用

徐武煥¹、林木連²、黃國祥¹

¹行政院農委會農業試驗所農業工程組 助理研究員

²行政院農委會農業試驗所農業工程組 前研究員

摘要

作物實施有機栽培時，雜草防除常扮演重要的角色。在台灣，作物行間空間通常較小，雜草防除常使用背負式割草機，但因效率低、費時費工及耗費成本，故農民仍有其他剪草機具之需求。因此，本研究已開發研製完成一台適用於作物行間之手推式剪草機，減少雜草防除之勞力需求、提高作業效率、同時降低成本。茶園之作業能力每天可達 1 公頃。本機朝結構簡單、彈性安裝、維護容易、方便使用、低成本等之方向研發，其應用方式與慣用之方式不同，應具有相當之市場需求及推廣價值。

關鍵詞：手推式、剪草機、作物行間、雜草、往復式割刀。

一、前言

在台灣，作物實施有機或草生栽培時，田間雜草防除常採用機械方式割草。如果果園作物行間具有較大空間，慣行的方式為使用乘坐式割草機、自走式割草機、手推式割草機或背負式割草機等進行割草，但是當作物行間空間較小時，大多只能使用背負式割草機，但因其效率不高、費時費工及耗費成本，且常於操作時因刀片或牛筋繩斷裂、或雜物因刀具迴轉彈射而造成危險，亦可能造成噪音或振動之職業傷害。台灣人口傾向高齡及少子化，投入農業之青年希望田間作業能輕勞力化。部份農戶為求可達經濟規模，將耕作面積逐漸加大，所以對除草效率之提高有很大之需求。有些農民為節省雜草防除人力，常覆蓋抑草席以防止雜草生長，抑草席材質為塑膠，用過一定年限之後在田間很難被移除及分解；另一種常見使用的方式為使用化學除草劑防除雜草，上列兩種方式對環境都極不友善，也很容易造成環境的問題。

國內割草機於農業之研發應用主要以台東區農業改良場及台中區農業改良場為主，兩者於民國90年起即開始有乘坐式割草機等之研製發表文章，不過後來發展之共同點其動力均使用16hp(含)以上之柴油引擎，且機型較為龐大，割寬分別為95及120公分，機器適用於行株距較大之果園，但是如果遇到行株距較小的果園或茶園等則無法直接適用。基於此，農業試驗所於102-103年度研提產學合作計畫，目的在於開發研製完成一台適用於作物行間之手推式剪草機(以下簡稱本機)，以減少雜草防除之勞力需求、提高作業效率、同時降低操作之人力成本，並減少抑草席及化學除草劑的施用，解決農民長期以來有機或草生栽培割草的夢魘，並使環境得到適當的保護。

二、材料與方法

- (一) 重要零組件之規劃、設計及製作：利用Inventor 3D繪圖軟體進行設計再進行研製。農業試驗所於產學合作計畫研提前，已預先開發第一代之雛型機，但因動力為側向傳動，操作時有傳動機構造成阻力的問題。故研提計畫後之重點在於開發適用且位於中間位置之傳動機構，解決第一代雛型機之問題。
- (二) 剪草機田間性能測試與改良：擬選定幾種不同實施草生栽培類型之作物田區進行測試，量測本機之作業能力、未割斷率及連續作業性能，並針對缺失進行改良。
- (三) 不同機械式雜草防除作業能力之比較：以本機作業與台灣目前之商用割草機進行比較。
- (四) 剪草機田間性能測試與分析：本機於田間進行作業能力測試，傳動及剪切元件調校及比較，並根據田間試驗結果做設計變更與改良。
- (五) 舉辦示範觀摩會進行推廣介紹：藉由示範觀摩會將本機成效展示給農友，以達推廣之成效。
- (六) 專利申請：申請相關專利保護。

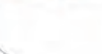
三、結果與討論

本機朝安全、結構簡單、可折疊、方便搬運、維護容易、方便使用、低成本、農民可接受之價位之方向研發，可應用在所有實施作物有機或草生栽培田間之雜草防除，應用範圍廣，舉凡果園、行列式作物栽培等都可進行應用。田間使用時因為刀具採用中間傳動，兩側刀片可伸入作物樹冠下方，或可直接推進樹冠下方進行剪草，其應用方式與慣用之方式不同。研發期間於茶園、火龍果園、檸檬園、荔枝園、番石榴園等果園進行田間試驗，以觀察不同草種或草況時剪切之狀況。剪草機於103年度已針對田間測試之缺點進行多次改良，如把手摺疊方便搬運功能(圖1)、剪切到硬物時之結構保全、排草功能之加強、操作之便利性及加強刀具高度調整結構之適用性等問題。本機之中央傳動機構其往復式刀片可客製化調整成左右對稱或不對稱，以滿足不同田間之需求，並可減少操作之阻力，使用上可更方便順暢。

本機對於現行實施有機或草生栽培之農戶而言，將可減少雜草防除之勞力需求及大幅節省割草的人力成本。於茶園進行性能測試，其作業能力可達1公頃/天(8小時)，未割斷率低於5%，可與現有商品化機種互相比擬(表1)。如果茶園田間一年需割草8次，工資假設一天1000元，則一公頃一年可省下割草工資約1萬6千元。

本機使用 25cc 或 43cc 之二行程汽油引擎，於 102-103 年度經多次果園田間之測試與改良，已將本機之耐用性及性能大幅提升，且本機已申請專利保護。為將本機之成果展示給農友以達到推廣之成效，103 年度特別舉辦了三場次之田間示範觀摩會，分別於南投縣民間鄉(圖 2)之茶園、台東縣卑南鄉(圖 3)之茶園與釋迦果園及農業試驗所(圖 4)之作物田間舉辦。本機於舉辦示範觀摩時有多家媒體記者進行採訪，後來陸續接獲許多詢問應用及購買的電話；另曾有廠商表示有代理外銷之意願，本機未來商品化可期，目前正在辦理技轉手續，潛力技轉廠商也正在積極準備進行量產當中，預計 104 年年底可上市。

表1 手推式剪草雜型機與其他商品機之比較

機種	作物種類	作業寬度,cm	方式	作業速率,公頃/天(8hr)	相片	備註
背負式割草機	茶園			0.30		
	梨樹果園			0.21		
	白柚果園			1.07		
本機種	茶園	45	往復式刀具	1.00		
果園側移中耕除草機	果園	60	中耕除草	2.00		台東場
賜合牌SH-158型乘坐式農用割草機	梨、破布仔	82	迴轉式刀片	2.68		
賜合牌SH-118型自走式農用割草機	番石榴果園	70	迴轉式刀片	1.23		
賜合牌SH-138型自走偏心式農用割草機	葡萄、紅龍果果園	82	迴轉式刀片	1.07		
新農牌SL-1370型乘坐式割草機	葡萄果園	70	迴轉式刀片	1.44		
立揚牌中改LY903型乘坐式割草機	葡萄果園	120	雙迴轉式刀片	1.54		
農豐牌WM-750型自走式農用割草機	荔枝果園	70	迴轉式刀片	1.01		
大地菱牌東改型乘坐式割草機	高接梨果園	95	雙迴轉式刀片	0.97		
賜合牌SH-168型乘坐式農用割草機	梨園	95	迴轉式刀片?	3.83		
大順牌SF-660型自走式離心錘刀割草機	釋迦果園	66	錘刀	1.18		
賜合牌SH-128型自走式農用割草機	葡萄果園	80	迴轉式刀片	1.04		
新農牌SL-870型自走式果園割草機	梨園	70	迴轉式刀片	0.63		

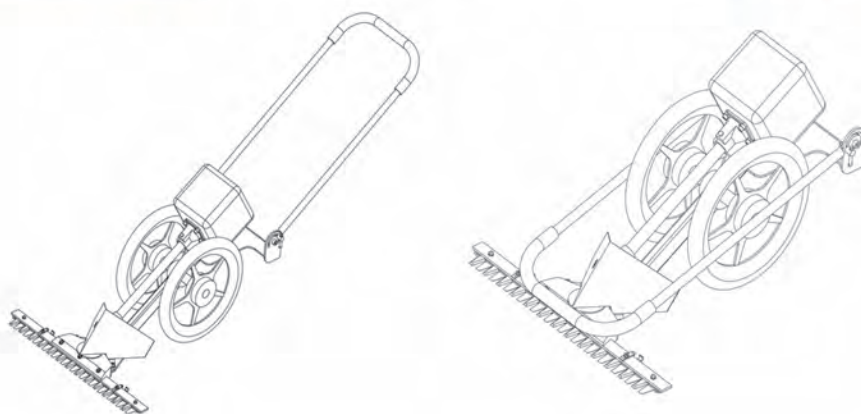


圖1 手推式剪草機之3D組合圖



圖2 手推式剪草機於南投縣民間鄉茶園辦理示範觀摩會之情形



圖3 手推式剪草機於台東縣卑南鄉茶園及釋迦果園辦理示範觀摩會之情形



圖4 手推式剪草機於農業試驗所之作物田間辦理示範觀摩會之情形

四、結論

手推式剪草機為農業試驗所研發之嶄新型式割草機，經過兩年產學合作計畫的努力，目前已成功研製，並已申請專利保護。本機於茶園測試，其作業能力可達1公頃/天(8小時)，與商品化之機種評估比較已具備商品化之潛力。103年度舉辦了三場次之示範觀摩會，今年度經挑選更為2015台灣生技月生物科技大展、農業科技館農業試驗所參展項目之一，年底也將參加農業試驗所所慶之成果展示。本機目前正在準備辦理相關技轉手續以供技轉廠商進行量產當中，預計104年年底可上市。

五、參考文獻

1. 田雲生、龍國維。2006。乘坐式多功能果園割草機之研製。臺中區農業改良場研究彙報 91:49-58。
2. 林永順。2008。果園割草機之研製。臺東區農業改良場研究彙報17:19-30。
3. 林永順。2010。果園側移中耕除草機之研製。臺東區農業改良場研究彙報20:45-56。
4. 連大進、黃山內、吳昭慧。2000。果園草生栽培。臺南區農業專訊第33期:4-7。
5. 蔣永正。2006。果園草生栽培的雜草管理與應用。【雜草利用與管理】草生栽培研習會專刊，中華民國雜草學會編印，p.7-13。

Development and Application of Manual Push Mower Used in Row Spacing Crops

Wu-Huan Hsu¹, Mu-Lien Lin², and Kuo-Hsiang Hwang¹

¹ Assistant Agricultural Engineer, Agricultural Engineering Division, Taiwan Agricultural Research Institute, COA

² Retired Agricultural Engineer, Agricultural Engineering Division, Taiwan Agricultural Research Institute, COA

Abstract

When crops are cultivated in organic farming method, weed control often play an important role. In Taiwan, the row-spacing of crops is generally small. Farmers often use shoulder carrying mower for weed control. However, due to its low efficiency, time consuming and costly, many farmers still have other types of mowing equipment needs. Therefore, in this research, a manual push mower used in row-spacing of crops field for weed control has been developed. It is beneficial for reducing the demand for labor, improving operational efficiency, and simultaneously reducing costs. The operational capacity can up to 1 hectare per day operated in the tea field. The research and development directions of the mower are toward the simple structure, flexibility to install, easy to maintain, easy to use, and low-cost. The new-developed mower application type is different from before, it should have the considerable market demand and the promotion value.

Keywords: Manual Push, Mower, Row-Spacing of Crops, Weed, Reciprocating Cutter.

薑收穫雛型機之研製與開發

林建志¹、黃國祥¹、楊智凱²、柯平福³

¹行政院農委會農業試驗所農業工程組 助理研究員

²行政院農委會農業試驗所農業工程組 副研究員兼組長

³行政院農委會農業試驗所農業工程組 技術人員

摘要

本研究擬開發一套可資利用的薑採收機械，將採收作業機械化與自動化，減少農民勞力輸出，提升田間收穫作業的工作效率，增加薑產業競爭力，提高農民經濟所得，並達到農業輕勞力化，吸引年輕一代從事農業工作。研究初期將開發機構(械)分成動力底盤、破土機構以及夾持機構等三個部分，利用繪圖軟體建構模型，並利用機構模擬軟體進行動作模擬，以減少設計所需耗費之金錢與時間。預期能研製一套應用於田間作業的薑收穫機械，提升採收作業的效率，達到農業輕勞力化，吸引年輕一代從事農業，解決農村高齡化與勞力不足問題，應變未來大面積田區栽植勢趨，提升台灣薑農的產業競爭力。

關鍵詞：薑、收穫機、電腦模擬。

一、前言

薑是目前台灣常見的植物，其獨特風味與藥用功能(如保暖、刺激血液循環)，常常被國人用來製作辛香料或中藥藥材，配合其它的加工方式，可以製成薑母茶或薑糖等廣受國人歡迎產品，附加經濟價值高。薑屬於高溫性作物，其收穫期大都在夏季，農民必需在高溫惡劣環境下進行採收作業，加上農村勞力高齡化問題，導致薑農在採收薑時，造成嚴重的勞力負擔；再者，在政府的小地主大佃農政策推動下，大面積田區栽植勢將成為未來趨勢，對於勞力嚴重不足的傳統農村勢必造成影響。若是能夠發展一套薑機械採收系統，使收穫作業達到機械化與自動化，則可以解決勞力不足問題，並提升收穫效率。

臺灣薑的栽培品種主要為廣東薑，其分蘖較少但薑形肥大，新芽呈淡紅色，肉呈淡黃色，纖維少辛辣中等。台灣一年可以生產嫩薑、粉薑及老薑等三種，其中嫩薑用在生食，粉薑用在熟食料理以及湯品調味，老薑則是冬季進補或是做薑種用。3種不同成熟度的生薑，分別有不同的栽培方式，嫩薑與粉薑栽培方式大致相同，其差異在於收穫期，嫩薑約種植四至五個月，而粉薑則是八至十個月，其栽培特點是必須做比較深的畦廍，使根莖成長指狀，因在短期內收穫肥大的根莖，栽培管理及用藥用肥都較為繁複。至於老薑或薑種，種植期多達一年或一年以上，因組織纖維較多、水分含量少，具有較重辛辣味，不用深畦廍栽培，因此側芽生長旺盛，呈現團塊狀地下根莖。

近年因為農業人口老齡化，勞力出現缺口，生薑的栽培勞力相當密集，從薑種分切、畦廍整地、定植、培土、採收到洗薑，完全靠人力進行，其中又以『踩薑廍』人力需求最

大，且需要特殊的腳法，須多人共同完成，一般農民無法自行整地；圖1為嫩薑收穫作業情形，嫩薑採收時3人一組作業，1人負責拿長形鋤頭挖掘，1位負責採收的薑拿至後方並將表土去除，最後一位負責剪去枝葉並排列在搬運籠裡，所需人力龐大，因此常常會面臨找不到人工的窘境。

目前世界上有開發許多地下根莖類作物收穫機，像是芋頭(張與盧，1992)、洋蔥(陳，2011)、胡蘿蔔(王與尚，2012)、大蒜(王等，2012)、落花生(梁等，1992)以及甘藷(葉與邱，1998)...等收穫機，其中芋頭、洋蔥、胡蘿蔔以及大蒜都係利用挾持輸送機構將農作物拉拔出土壤，在輸送過程中利用刀具將葉與塊根分離，有時候也會進行簡單的清潔動作，減少農作物夾帶泥土量。落花生則是利用收割刀先進行作業，將農作物與農田分離，之後再利用運輸機構將作物往收穫機械後放運輸，其上方會設計振動機構，使作物夾帶之土壤在運輸過程中自動掉落，最後再利用翻轉機構進行翻藤作業。甘藷則是利用挖掘的方式，將塊根挖掘出土面，以進行收穫作業，其主要分成附掛式以及一貫化甘藷收穫機。附掛式甘藷收穫機係利用機構將甘藷挖掘至土面，之後在利用人工方式進行撿拾作業；一貫化甘藷收穫機其收穫功能與附掛式大致上雷同，然而其上方加裝一組輸送裝置，可將甘藷撿拾至後方，而輸送裝置兩旁設計分級台，進行人工分級，最後將附帶之泥土由機械後方排出口排出回歸農田。

二、材料與方法

2.1 薑的收穫模式與田間種植形式之研究探討

薑屬薑荷科是宿根性、顯花的單子葉草本植物(蔡與蕭，2013)，依據農情報告資源網公佈資料，102年全台灣薑種植面積為898.67公頃，其中南投縣約佔1/4，每公頃可收穫29323



圖1 南投名間嫩薑收穫情形

公斤，每公斤52.38元，每公頃收益約為1536K元，總產值為新台幣13.8億元(農情報告資源網，2014)。

薑栽種植適期在清明前後，忌強光直射和過分的炎熱，種植園地宜選較溫涼處，適合土質鬆、肥沃、土層深厚與排水良好之砂質壤土。老薑栽培可選地勢稍高的緩坡地，排水良好砂質壤土或壤質砂土。薑忌連作，所以栽植1次後隔年必須改種其他作物，否則容易產生病害，且產量也會銳減，一般常用新開墾的土地種植。

嫩薑栽培管理一般在立春前後(1月下旬到3月中旬)，種植地區大多是砂質壤土和壤質土，土層深厚以及排水極為良好的田地。為了減少病虫害發生和雜草滋生，最好是在新開墾之土地種植。開始時先挖50–60 cm深，把心土(底土)翻上，表土沒入底層，有時候為了節省勞力可使用挖土機操作，然後充分碎土、耙平，並施下已充分腐熟雞屎肥作為基肥。之後依據薑種植株距60 cm以及行距60 cm進行栽培。施肥時為防止初期分蘖，培土上層略顯鬆碎或破裂現象，就必須把畦面土壤用鋤頭輕輕鬆動，將行間土壤培於株側，培土高度約5–6 cm，可減少側芽叢生，並可使根部發育良好。

培土時可同時施用追肥，約隔15–20天施行1次，連續4~5次後，畦面土壤因供培土用就漸漸變成灌溉或排水的畦溝，而原來種植畦溝也就變成高畦了，此時畦高約35cm，大約為薑作物的收穫深度。收穫時枝莖分支數平均6–8支，塊莖寬、長而肥厚，薑內部平滑而淡白纖維極少，即為品質優良的產品。本次試驗量測薑寬度平均約為25cm(畦面寬為30cm)，長度平均約為35cm，植株高度約為30–80cm，根據調查挖掘薑的人工每人150元/小時，輸送及分級的人工每人100元/小時，常需要3人/組進行收穫作業，每小時約需450元/組，故收穫成本極高。

七月時有至南投名間進行田間調查並進行拉力試驗，一開始我們先將薑作物周邊的土壤利用圓鋤清除，於作物兩旁挖掘2 cm之泥土，使薑幾乎裸露出土面，之後利用拉力計量測將薑拉拔出土面的拉力，以方便進行後續設計。圖2為本試驗所使用之拉壓力計，其可與電腦連線記錄整個拉力歷程，圖3為拉力計與電腦連線後記錄拉力歷程的軟體，最後本研究取得薑拉拔出土面的拉力約為18–23公斤。



圖2 拉力計

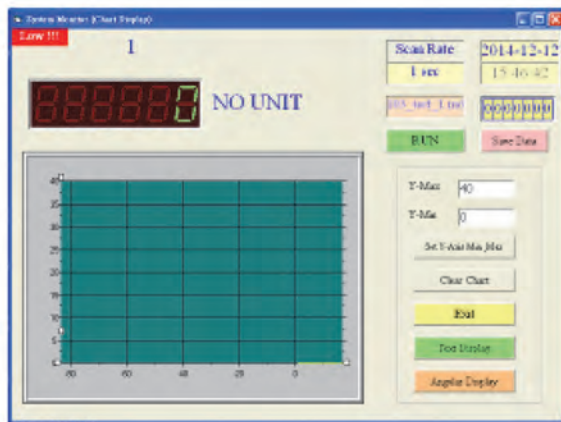


圖3 拉力歷程紀錄軟體畫面

2.2 薑收穫機之設計與研製

薑收穫機主要由動力底盤、破土機構以及翻轉犁等三個機構組成。原始設計如圖4所示，其中夾取式為一開始設計之薑收穫機雛形，前方有一破土機構，用於將作物兩旁之泥土撥離，減少收穫時阻力，之後利用夾取機構夾住薑葉，將其慢慢往後上方拉動，最後將作物拉拔出土面。

然而經過田間試驗後發現，薑的出土拉力約為18-23公斤，拉力極大可能會造成薑在收穫過程中斷裂，因此改採犁耕式。犁耕式與夾取式類似，不同點在於破土機構位置在於犁的前方，利用破土機構將作物附近之土壤挖鬆，在利用犁將其挖掘出土面，最後仍須人工協助將作物拾取運輸至後方進行簡易的田間清潔與分級動作。

動力底盤：動力底盤係由耕耘機進行改裝，圖5即為耕耘機改造之電動啟動動力底盤。由於量測的畦高約為35cm，原本的輪胎太小，使收穫機容易卡在田裡，因此將原本輪胎改成直徑100 cm之水田輪，可避免因田間路況不佳導致底盤卡在田裡，圖6即為本研究所使用之水田輪。

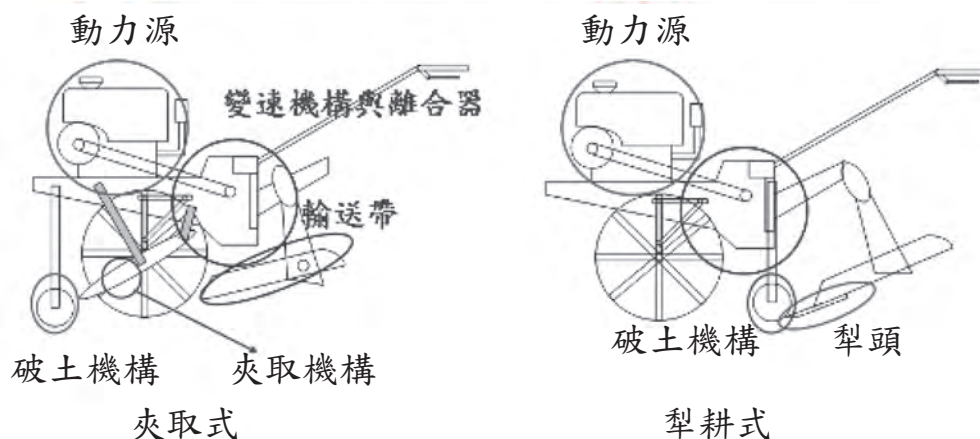


圖4 夾取式與犁耕式薑收穫機雛形



圖5 動力底盤主體



圖6 薑收穫雛形機使用之水田輪

破土機構：破土機構係由一對迴轉犁所組成，圖7為本研究使用之迴轉犁，其動力由動力底盤提供，藉由鍊條與鍊輪傳遞動力，刀距約為26 cm，作業深度約20 cm，由於畦面寬約30 cm，因此作業寬度約2 cm。

翻轉犁：位於薑收穫離型機後方，介於破土機構與後輪之間，圖8即為本離型機所使用之翻轉犁，收穫時將翻轉犁插入土壤裡，利用動力底盤拖動，迫使薑翻離土面，最後只需要利用人工抓住薑葉即可將作物拉拔出土壤。

三、結果與討論

本研究有實際至南投調查薑生長環境以及其田間資料，詳細資料如下：種植土壤為排水性良好之紅土，大部分在山坡地，行距與株距皆為60 cm，畦頂高35 cm，嫩薑收穫期在六至八月，收穫時需3人一組進行收穫作業，田間之搬運係利用直徑6吋以上塑膠水管進行搬運，搬運時將方形水果籃放在塑膠水管上方，並使用針車油在接觸面進行潤滑，塑膠水管可沿著地形進行小幅度的變化，能有效減少搬運時間與勞力輸出，圖9為薑收穫時田間搬運情形。

目前已完成薑收穫機雛形之設計並已經完成組裝，圖 10 即為本所開發之薑收穫離型機。圖 11 即為耕深試驗測試圖。結果發現其深度約為 10 至 15 cm，未能達到採薑時所需的 35 cm，可能原因一為翻轉犁角度不對，另一可能原因為土質不同。



圖7 破土機構使用之迴轉犁



圖8 翻轉犁



圖9 薑在田間搬運之情形



圖10 薑收穫雛形機



圖11 耕深試驗測試

四、結論

本研究已完成薑的收穫模式與田間種植形式之研究探討，其人工收穫需3人一組進行收穫作業，其人工成本約450元/小時/組，尤其係挖掘薑的人工成本高達150元/小時(經驗老到者更可以高達250元/小時)，人工收穫成本極高。薑栽培的行距60 cm、株距60 cm、畦面寬度30 cm、畦頂高度35 cm以及作物深度35 cm之排水性良好紅土，屬於畦隴窄、畦頂高、土質鬆且排水好之栽培模式，因此收穫機械需克服在窄且寬且土壤鬆弛抓地力不足之情況下進行收穫作業。

已完成薑收穫機雛形機之設計並已經完成組裝，目前尚未進行田間作業，預定明年七月薑開始收穫時至南投名間進行田間收穫試驗。

誌謝

本研究由行政院農業委員會提供研究經費，計畫名稱「薑收穫機之研製開發」，特此致謝。

五、參考文獻

1. 于昭洋、胡志超、胡繼紅、王海鷗、彭寶良。2012。大蒜收穫機械研發現狀及作業質量影響因素。中國農業化 (5) 68-71。
2. 王家勝、尚書旗。2012。自走式雙行胡蘿蔔聯合收穫機的研制及試驗。農業工程學報 28(12):38-43。
3. 張福祥、盧福明。1992。芋頭收穫機之研究。農業機械學刊 第1卷 第1期 50-59。
4. 梁連勝、顏秀榮，蔡製榮，陸龍虎。1992。落花生聯合收穫機之改良試驗。中華農業研究 41(4):405-413。
5. 陳寶川。2011。洋蔥收穫機之設計研究。碩博士論文。台中：中興大學生物產業機電工程學系。
6. 葉永章、邱銀珍。1998。甘藷收穫機之研製與改良。桃園區農業改良場研究彙報32:38-43。
7. 農情報告資源網。2014。網址：http://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp。上網日期：2014-08-15。
8. 蔡正宏、蕭政弘。2013。薑生產技術問題與改進方法。農業世界雜誌 356期 80-84。

Development of the Ginger Harvester

Lin-JianJhih¹, Guo-shiang Hwang¹, Chih-kai Yang², and Ping-fu Ko³

¹ Assistant Agricultural Engineer, Taiwan Agricultural Research Institute, COA

² Associate Agricultural Engineer, Taiwan Agricultural Research Institute, COA

³ Technical Worker, Taiwan Agricultural Research Institute, COA

Abstract

The study is to develop a ginger harvester, with mechanization and automation harvesting processes, it saves farmer's labor and improve efficiency of harvesting. It increases the competition and economic income for the farmers of ginger industry. It's labor-saving attract younger to agriculture. Developmental mechanism segment three sections in initial processes, power chassis, ground-breaking mechanism and clamping mechanism. We use CAD software to building models and simulation software to simulate motion, it can time-saving and money-saving. The ginger harvester increase the efficiency of harvesting, furthermore attract younger to agriculture. It solves the problem of rural labor shortage and aging, it increase competitiveness of ginger industry of Taiwan.

Keywords: Ginger, Harvester, CAD.

應用開放資源設計溫室監控系統之研究

陳俊仁

行政院農委會農業試驗所農業工程組 聘用助理研究員

摘要

隨著消費型態的改變，蔬果不再僅僅是餐桌上裹腹的食物，食的安心與健康逐漸為民眾所重視，衍生而來農民必須去種植符合民眾要求之食物，間接的也促成設施農業得以蓬勃發展，而要生產高品質的蔬果，設施的環境控制是一項關鍵因素，溫室設施的投入不只是單純的硬體設備還包含溫室環境的軟、硬體控制設備，以台灣而言一般生產蔬果多數是以農民為主的產銷班，造價高的監控系統非一般農民所願意負擔，近年來受惠於開放原始碼與自造者運動的興起，以開放的資源去建構溫室監控系統在技術上已是可行，本文使用目前已經發展成熟的 Arduino、Raspberry PI、感應器建置溫室監控系統之硬體；以 Open Source 之 Raspbian 為 Raspberry PI 作業系統，運用 Apache、MySQL、PHP 技術建置資料接收與查詢之網站伺服器並整合無線通訊技術開發出一套完整的簡易型溫室環境監控系統，讓管理者以現有之智慧裝置，例如智慧型手機與平板電腦為系統之監控設備以節省成本，提升栽培管理便利性，達到全面推廣目的。

關鍵詞：環境監控、開放資源、使用者介面。

一、前言

開放資源可分為「開源軟體」與「開源硬體」二部分，「開源軟體」已經廣泛被應用在控制系統中，例如 Embedded Linux；「開源硬體」則是開放詳細硬體設計，如電路圖、材料清單等，藉由開放資源所帶來的知識共享使得監控系統的設計技術不再只有專業人士擁有，監控系統製造生產的門檻也大大地被降低。本研究使用目前典型開源硬體代表 Arduino、Raspiberry PI 作為監控系統硬體設計的基礎；軟體則是以 Linux 為架構開發簡易型溫室環境監控系統所需功能，在使用者端方面，使用現有之智慧手機或平板電腦與 Raspiberry PI 連線做為監控系統的螢幕以節省成本與提升管理便利性，達到全面推廣目的。

二、材料與方法

簡易型溫室環境監控系統硬體由感應器模組、伺服器模組、使用者介面所組成，分別說明如下：

2.1 感應器模組

感應器模組由微控制器、溫濕度感應器、無線傳輸器所組成，本研究使用的微控制器 Arduino Nano 如圖1所示，額定電壓5V、電流40mA，具有14組數位輸出、數位輸入埠及8組類比訊號輸入埠；溫濕度感應器 AM2302 如圖2所示，工作電壓3.5–5.5V、工作範圍濕度

0-100%RH、溫度-40~80℃、濕度精度 $\pm 0.2\%$ RH、溫度精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 、濕度分辨率0.1%RH、溫度0.1℃；藍芽無線傳輸器如圖3所示，工作電壓3.3-6V、最大傳輸速度1Mbps、藍芽4.0BLE最大傳輸距離100公尺。感應器之軟體部分以Arduino Software (IDE)為開發介面編寫溫濕度感應器、藍芽無線傳輸器、微控制器之間資料接收與傳輸功能，如圖4所示。感應器模組通常置放於溫室室內，因此所有的組成元件必須置於具有防水防塵等級之裝置內以防溫室室內濕度過高時感應無法運作並提供電力供應，感應器模組封裝完成如圖5所示。

2.2 伺服器模組

伺服器由以單板電腦Raspiberry PI 2Model B為主體，硬體規格為CPU 900MHz、記憶體1GB、供電電壓5V、耗電量3W，具有40組通用型輸入輸出（GPIO，General Purpose I/O）可以連結藍芽或Wi-Fi無線傳輸模組，如圖6所示。伺服器之作業系統Raspbian安裝於16G Micro SD記憶卡內並在該作業系統架構下以MySQL、Apache、PHP等工具架設資料庫與監控網頁，如圖7所示。為使伺服器得到較好的執行效能，將Raspiberry PI 的內存1GB記憶體只保留16MB給圖型顯示介面使用，其餘記憶體為系統執行所使用。由於系統之需電量僅為3W，因此伺服器之電源可以市電或大容量鋰電池供電，在網路傳輸方面，伺服器模組配合3G無線網路發送警示簡訊。

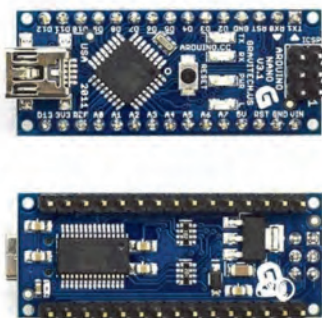


圖1 Arduino Nano微控制器



圖2 AM2302溫濕度感應器



圖3 藍芽傳輸模組

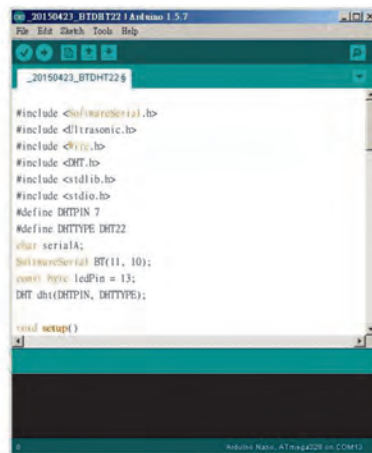


圖4 Arduino IDE

溫、濕度及歷史資料統計圖外，結合3G網路可以設定溫度警戒值，當感應器接收資料超過警戒值時可以即時發送簡訊通知使用者進行必要的措施。

四、結論

本系統經實際測試，以單板電腦Raspiberry PI為主體之伺服器連續運作超過三個月無當機記錄，累計接收資料超過160萬筆，可見應用開放資源設計溫室監控系統在未來應有相當大的發展空間。在後續研究部分，硬體方面建議規劃於將單板電腦Raspiberry PI封裝成可以使用太陽能發電板供電之裝置並提升硬體防水等級；軟體方面朝向結合其他研究計畫之經驗將作物生理參數與環境控制參數等資料內建於MySQL資料庫中以利後續應用。

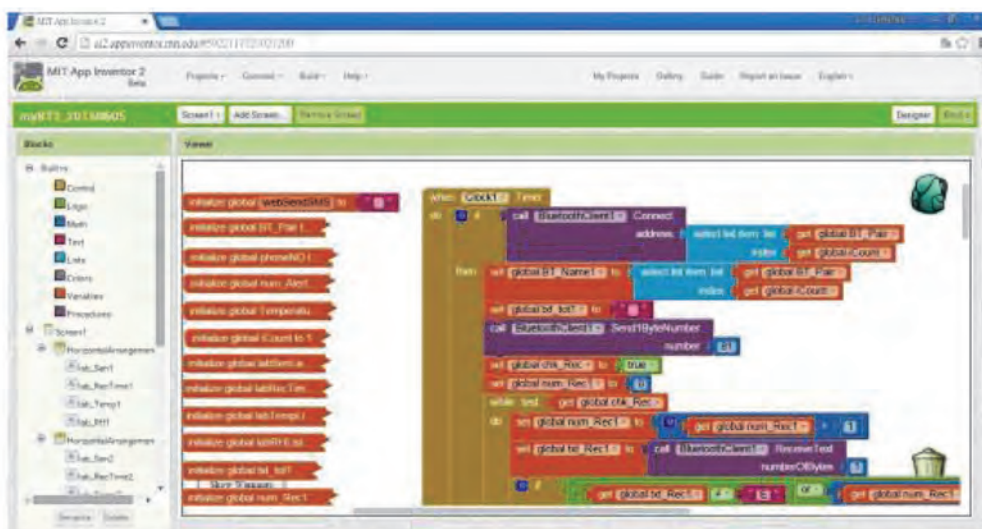


圖8 App Inventor操作介面

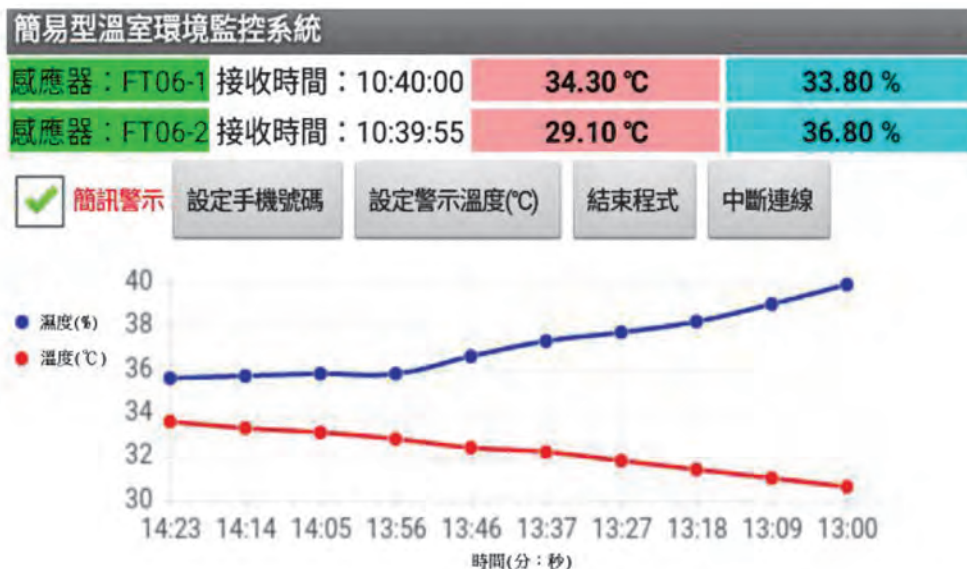


圖9 簡易型溫室環境監控系統使用者介面

五、參考文獻

1. 莊啟晃、黃藤毅、莊雯琇、林可凡。2015。Make:感測器：運用Arduino和Raspberry Pi 感測的專題與實驗。碁峰出版社，台北、台灣。
2. 徐德發。2012。Arduino錦囊妙計。美商歐萊禮台灣分公司，台北、台灣。
3. 柯博文。2015。Raspberry Pi超炫專案與完全實戰。碁峰出版社，台北、台灣。

Research on Design of the Greenhouse Monitoring System by Application of Open Source

Chun-Jen Chen

Assistant Agricultural Engineer, Taiwan Agricultural Research Institute, COA

Abstract

With the changes in consumption patterns, fruits and vegetables on the table is no longer just food to fill its belly. People pay attention to the issue of safety and healthy more and more. The Agricultural facilities are developed indirectly because consumers guide market trends. Environmental control is a key point of agricultural facilities to produce high-quality vegetables. The equipment of agricultural facilities includes not only hardware but also software. The monitoring systems is to expensive to burden. In recent years, science and technology popularization benefit from the open source and maker faire. It's feasible to construct the technology of environmental control for monitoring system of green-house. This research proposed a simple environmental monitoring system which integrates the hardware (Arduino, Raspberry PI, sensors) and open source software (Apache 、MySQL 、PHP) in operating system, Raspbian, for Raspberry PI. Managers can receive the information of the monitoring system by the smart phone or tablet PC. This integrated system is possible to reach a comprehensive promotion by the convenience in cultivated management and the cost reduction.

Keywords: Environment Monitoring, Open Source, User Interface.

以葉綠素螢光進行草莓種苗之病害檢測

邱奕志¹、徐偉智²

¹國立宜蘭大學生物機電工程學系 教授

²國立宜蘭大學生物機電工程學系 碩士

摘要

本研究目的旨在利用研製之攜帶型葉綠素螢光影像檢測系統進行草莓種苗病害檢測之研究，驗證此系統是否能拍攝出葉面上遭受病害之受損部位。並透過 Mini-PAM 葉綠素螢光量測儀量測草莓種苗之光量子產量值，判斷植株是否有受逆境影響。本研究以豐香草莓苗進行試驗，苗齡 15 天，以螢光分光光譜儀分析草莓苗螢光特性，分析結果顯示：健康草莓苗與罹病草莓苗之激發光波長落於 460 nm，放射光波長為 680 nm，其激發光相對強點之光譜範圍落於 420–490 nm，放射光相對強點之光譜範圍落於 670–690 nm 之間。本研究並以高溫逆境將實驗組之草莓苗放入 38°C/30°C(日/夜)，濕度 80% 之生長箱中以誘導病斑。試驗結果顯示：10 株草莓苗中，有 5 株誘導病斑成功，並利用研製之攜帶型葉綠素螢光影像檢測系統進行檢測，結果顯示：研製之攜帶型葉綠素螢光影像檢測系統可較肉眼提早 16 小時發現病斑，研製之系統具有實用化之價值，可進一步商品化應用於育苗產業之管理。

關鍵詞：葉綠素、螢光、影像檢測、草莓、種苗。

一、前言

育苗模式在不斷的精進下，穴盤育苗漸漸地成為主流，有著生產效率高、移栽快速及操作簡便之優點。透過精量播種可一次成苗，並根據幼苗生長的需要，利用有機、天然材料及微生物制劑配製而成的人工土壤，使農民可利用健康良好的種苗，因而能降低生產成本，增加產業收益。然而穴盤育苗屬於密集栽培，一旦植株有病害產生，病害的發生及蔓延極其快速，使整個育苗床的植株皆可能被感染危害，甚至造成植株之死亡，形成嚴重之損害(陳和戴，2000)。為了防止上述情況發生，育苗業者在早期檢測病害時為重要關鍵，提早得知植物種苗是否有病害成為各單位研究的課題。

利用葉綠素螢光成像技術來針對早期發現疾病症狀是一種具潛力之技術，為一種快速且非破壞性分析植物逆境的方法。許多研究亦指出，可利用葉綠素螢光檢測植物與環境、化學或生理下逆境之關係。諸如 Chaerle and Streiten (2001) 指出利用螢光影像判斷植物在逆境下之狀態是可行的；Krumov et al. (2008) 將乾旱與高溫脅迫下之植物，利用葉綠素光影像系統掌握植物之生理狀態；Lichtenthaler and Babani (2000) 利用葉綠螢光影像系統量測植物之光合作用與水分逆境下之狀態；Qin et al. (2008) 利用高光譜影像和光譜訊息分析檢測柑桔瘀傷；Mendoza et al. (2010) 整合高光譜散射和圖像分析技術改進預測蘋果果實硬度

和可溶性固形物含量；Chaerle et al. (2007) 應用葉綠素螢光影像檢測技術，進行菸草早期疾病症狀預防。

謝(2006)以飽和脈衝葉綠素螢光建立影像系統，可進行植物光熱逆境之生理檢測與分析；以葉綠素螢光監測蔬果嫁接苗之生理反應，主要使用葉綠素螢光檢定儀量測嫁接苗葉片之葉綠素螢光，探討不同的環境逆境下嫁接苗葉片的表現 (張等，2005)；本實驗室前人針對葉綠素螢光影像進行非破壞性檢測也有相關研究。Chiu and Chen (2011)利用葉綠素螢光影像進行金冠蘋果瘀傷檢測系統之開發；Chiu and Chen (2014)利用葉綠素螢光影像檢測蘋果瘀傷並研製一套線上型檢測系統。

由上面文獻探討證實，利用葉綠素螢光成像技術來針對早期發現疾病症狀是一種具高潛力之技術。因此本研究目的旨在以葉綠素螢光影像系統進行草莓種苗病害檢測與分析，利用螢光分光譜儀探討草莓種苗病害與葉綠素螢光之間的關係，並利用研製之攜帶型葉綠素螢光影像系統進行拍攝，以達到葉面病害在肉眼難以辨識前，即能偵測得知，以達到提早預防種苗病害之效果。

二、材料與方法

2.1 草莓種苗之螢光特性試驗

為確保葉綠素螢光可進行草莓種苗病害檢測，首先採用螢光分光譜儀Hitachi F4500分析草莓種苗之螢光光譜特性，利用Hitachi F4500之3D Scan光譜功能，可得知健康與病害之草莓種苗光譜不同處，進一步找出適合之激發光源與放射光源濾鏡。本研究掃描的激發光範圍從200 nm至900 nm，接收螢光放射光源從600 nm至800 nm，每隔5 nm為一刻度。

2.2 以高溫逆境產生病害之螢光參數量測試

從種苗場購置苗齡15天之豐香品種草莓種苗，共20株，將其分為對照組與實驗組共兩組，每組10株。將兩組種苗放入日/夜溫25°C/20°C，相對濕度80%之生長箱內3天，讓草莓種苗適應生長箱環境。3天後苗齡為18天，開始將實驗組環境改為日/夜溫38°C/30°C，相對濕度80%之生長箱內，對照組維持日/夜溫25°C/20°C。利用葉綠素螢光儀Mini-PAN量測草莓種苗葉面之螢光參數，包括： F_0 、 F_m 、 F_v 、及 F_v/F_m 之比值等，並計算葉綠素螢光總產量Yield值。每株種苗量測6點，持續觀察256小時，探討螢光產量Yield值，證明作物是否受高溫逆境，導致影響PS II 電子的傳遞，降低 F_v/F_m 的比值。

2.4 病害斑點面積實際大小校正試驗

由於激發螢光病斑影像大小受到激發光源與擷取距離影響，故設計此試驗進行攜帶型葉綠素螢光影像系統之拍攝距離與螢光影像像素大小關係，並建立影像像素於不同拍攝距離下之轉換曲線。病害斑點面積實際大小校正試驗方法為，於A4大小白紙中央，利用印表機列印出實際大小為1 cm²之正方形，將紙平放於攜帶型葉綠素螢光影像系統攝影機下，拍攝距離從50 mm~300 mm，每50 mm為一個單位，最終將統計不同拍攝距離下每1 cm²與影像像素點大小之轉換曲線，做為本系統之病斑影像大小轉換曲線之參考值。

為了瞭解本系統判斷之病斑大小之誤差，本研究以人工圈選影像病斑方式作為標準

值，與系統判斷之病斑大小進行比較，作為系統判斷病斑大小之誤差參考。人工圈選影像病斑方式為，將含有病斑之螢光影像匯入小畫家軟體，以人工方式圈選出病斑部分，將病斑處塗黑，其餘部分塗白，作為人工判斷之病斑影像，再以此影像之像素依照本節求得之影像像素點大小之轉換曲線進行實際大小換算，以此作為病斑大小之標準值。

2.5 攜帶型葉綠素螢光影像檢測系統之戶外試驗

為了檢驗本系統是否可於戶外作業，本研究實際前往台灣草莓產地大湖鄉之慶豐草莓園進行試驗，試驗方法為隨機挑選種植於該園之草莓植株15株進行拍攝，並將結果紀錄，進行分析。

三、結果與討論

3.1 草莓種苗螢光光譜表現

圖1與圖2分別代表健康草莓種苗與病害草莓種苗之螢光光譜表現。透過儀器分析得知，健康與病害之草莓種苗，其較強之螢光能量介於激發光譜420–490 nm與放射光譜670–690 nm之間。其中激發光波長460 nm之激發光放射於波長680 nm之螢光放射有最強之螢光能量。由圖1與圖2可得知草莓種苗螢光光譜較強之螢光能量介於激發光譜420–490 nm與放射光譜670–690 nm之間，將其資料整理後，得出最大激發波長為460 nm (圖1)，最大放射波長為680 nm (圖2)，其健康草莓種苗之螢光放射強度為106.4，病害草莓種苗之螢光放射強度為58.8。本試驗結果提供激發光源與影像擷取濾鏡選購上之參考。

3.2 以高溫逆境產生病害之草莓種苗螢光量試驗結果

以MINI-PAM量測草莓種苗之螢光量子產量，量測時間則為每8小時量測一次，分析作物受高溫逆境影響之光量子產量變化趨勢，試驗結果如圖3所示。草莓種苗之實驗組與對照組在未處理的情況下，Yield值初始在0.78與0.77，隨著時間的增加，對照組第200小時Yield值下降為0.77，實驗組第200小時Yield值下降為0.65。本研究將F0、Fm'、Fv數值進行統整分別以圖4–圖6所示，針對圖4部分，試驗200小時中，實驗組F0值高於對照組F0值，表示實驗組之最小螢光量上升；圖5部分，實驗組Fm'值低於對照組Fm'值，表示實驗組之最大螢光量下降；圖6部分，將上述統計之平均Fm'值與平均F0值進行相減之動作，得出Fv值，可得出實驗組Fv值低於對照組Fv值之結果，表示實驗組之螢光變異量整體下降。

3.3 以高溫逆境產生病斑之偵測與分析

使用攜帶型葉綠素螢光影像系統拍攝高溫逆境產生病害試驗結果，草莓實驗組共有5株產生斑點，以其中較為明顯之草莓種苗進行探討，病斑發現時間介於112~128小時，將附近實驗時間結果進行觀察發現，如圖7所示。觀察發現在96小時，螢光影像逐漸有黑點產生，上彩影像也可看出，但實際影像尚未發現斑點，112小時，螢光影像有較明顯黑點，實際影像可用肉眼勉強辨識出有斑點產生，而在120小時，螢光影像已有明顯黑點，實際影像也已經可以用肉眼明顯看出斑點。由此顯示，葉綠素螢光影像系統可比實際影像提早16小時拍攝到斑點。

本研究利用圖控式程式語言LabVIEW 2011將單張螢光影像之灰階值進行統計，求出該

張螢光影像之最大灰階值後，將最大灰階值之數值等分成七等分，於七等分內之灰階區間，分別由大到小之順序塗上紅(60-70)、橙(50-60)、黃(40-50)、綠(30-40)、藍(20-30)、靛(10-20)、紫(0-10)等七種顏色，透過上彩螢光影像，使操作者進一步容易分辨出植株之螢光強度大小。

3.4 病害斑點面積實際大小校正試驗結果

針對圖7該株草莓苗進行面積實際大小校正試驗，該株草莓苗病斑於試驗時間104小時期間發現，其結果如圖8所示，依照人工判斷病斑面積變化，該株草莓於試驗時間104小時至200小時之間，其病斑面積從 0.433 mm^2 變化至 2.614 mm^2 ，系統判斷之變化為 0.500 mm^2 變化至 2.701 mm^2 ，其對大誤差為15.38%，最小誤差為1.85%，平均誤差為7.11%。

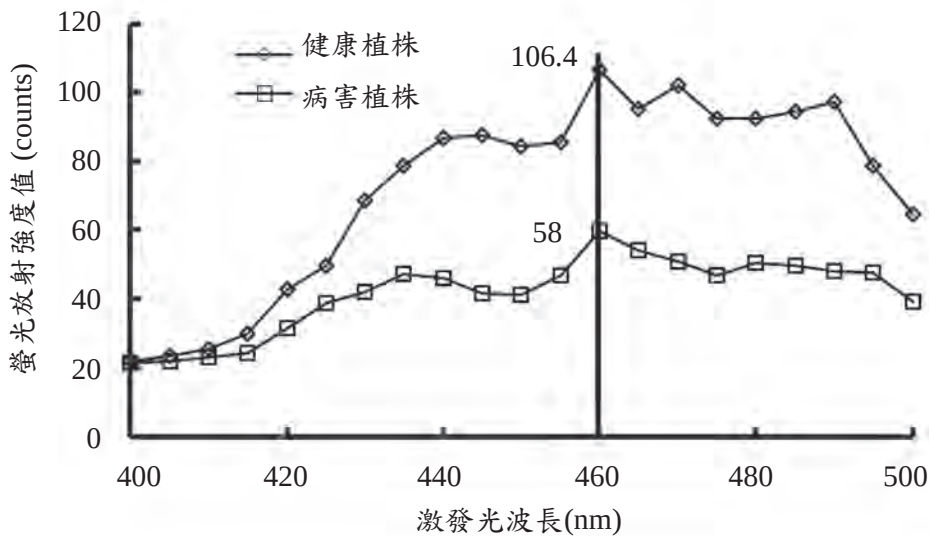


圖1 草莓苗在放射光波長680 nm下不同激發光波長之螢光放射強度分析

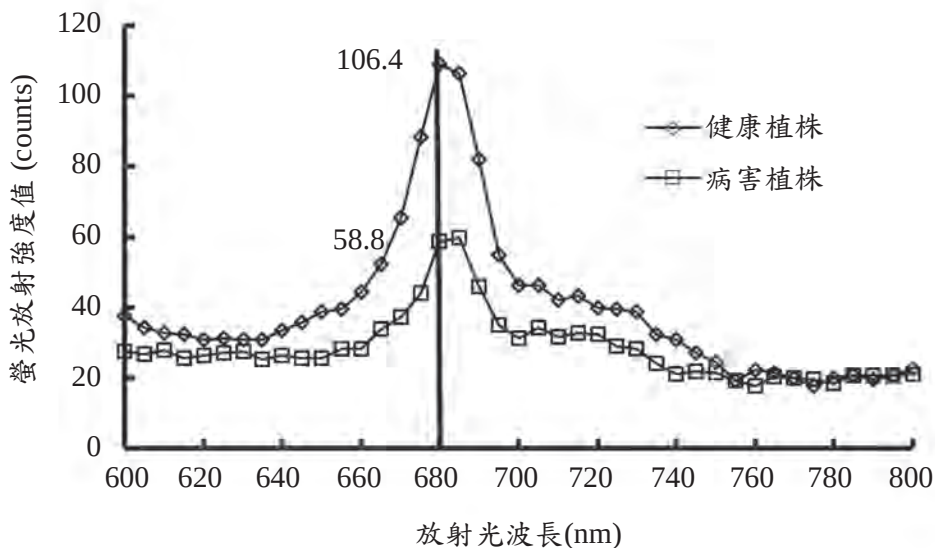


圖2 草莓苗在激發光波長460 nm下不同螢光放射波長之螢光放射強度分析

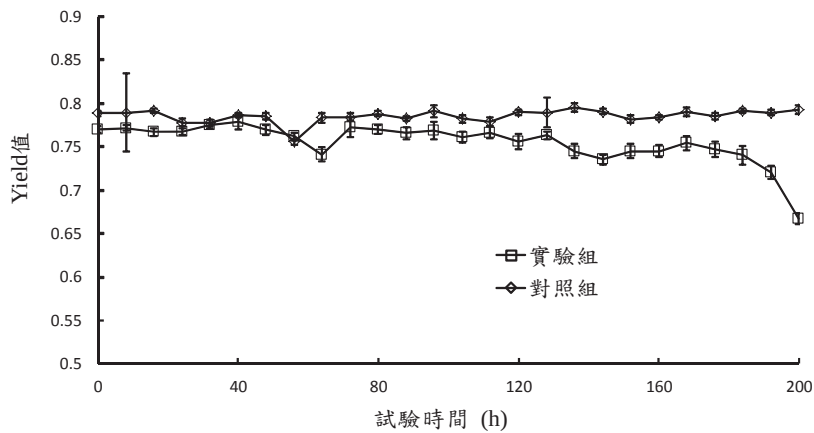


圖3 高溫逆境之草莓種苗螢光量子產量值變化

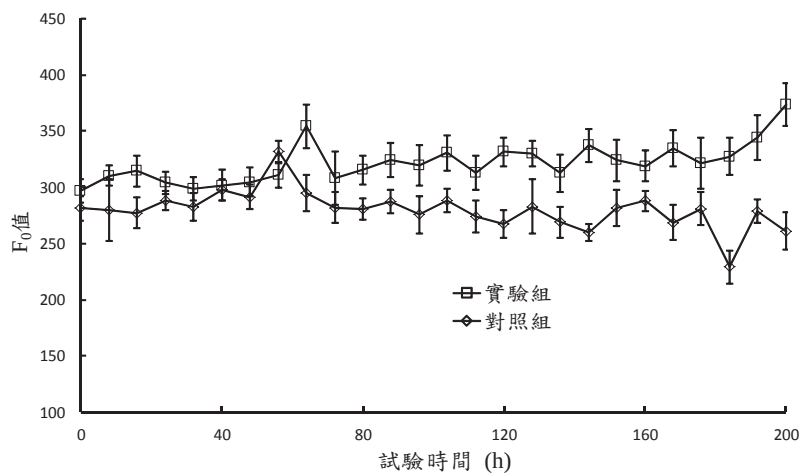


圖4 高溫逆境之草莓種苗最小螢光量數值變化

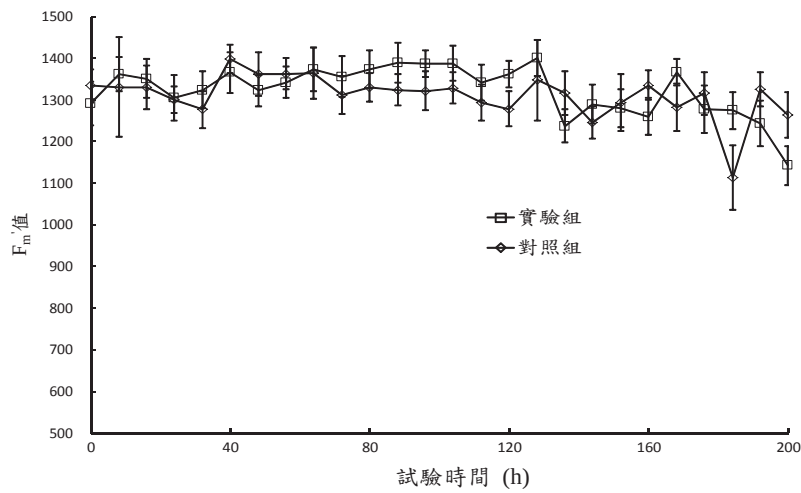


圖5 高溫逆境之草莓種苗最大螢光量數值變化

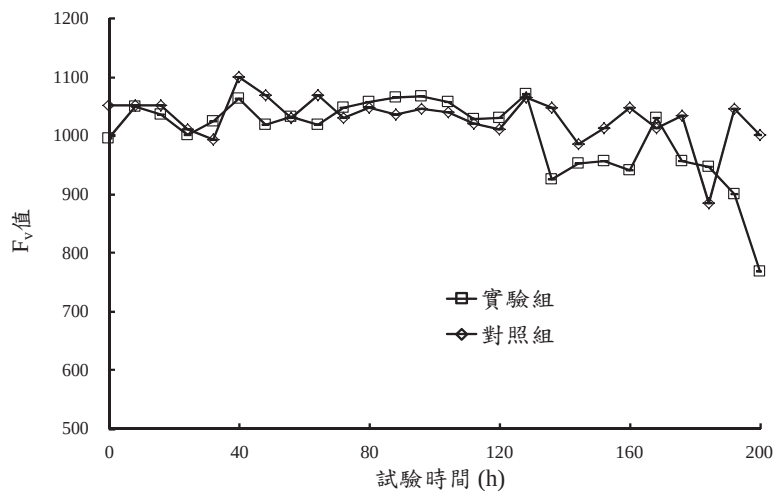


圖6 高溫逆境之草莓種苗螢光變異量數值變化

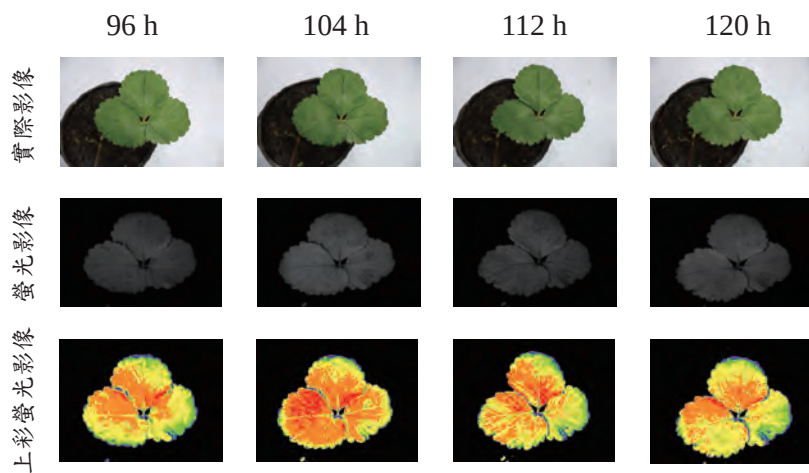


圖7 草莓種苗於試驗時間內葉綠素螢光影像與實際影像比較

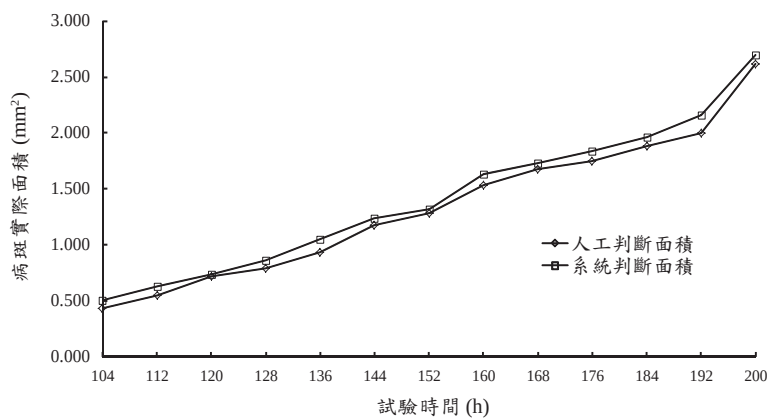


圖8 以高溫逆境產生病斑之面積變化情形

3.5 攜帶型葉綠素螢光影像檢測系統之戶外試驗結果與分析

本系統透過激發光系統所激發之藍光對待測植株進行螢光影像拍攝，拍攝時皆會以遮光布進行背景光隔離，降低干擾。拍攝方法可選擇設於拍攝架上與以單手持之方式拍攝。兩者不同處在於，使用拍攝架可提供操作者比較穩定之影像，且雷射測距儀安裝於拍攝架之上，能提供操作者病斑大小之資訊。而利用手持式拍攝螢光影像，雖然影像較不穩定，但較能快速得知病斑所在位置，適用於戶外大量快速檢測之時機。上述兩種拍攝方法皆可在人機介面端顯示出系統判斷結果，拍攝到之螢光影像將透過控制與分析系統進行影像處理，最後將處理完之影像顯示於人機介面，讓操作者察看結果，且本系統提供即時影像檔案儲存功能，能讓在操作者面對大量的作業量中，精確地將每張影像儲存，提供操作者檢視使用。

為了檢驗本系統是否可於戶外作業，本研究於民國102年10月21日實際前往台灣草莓產地大湖鄉之慶豐草莓園進行試驗，試驗方法為隨機挑選種植於該園之草莓植株15株進行拍攝(圖9)。將15株草莓種苗實際狀態紀錄並與系統判斷分析進行對照，如表2所示，其中有11株為系統判斷與實際情況相同，4株與實際情況不同，成功率為73.3%。

系統判斷與實際狀況相同之11株裡有6株葉面有病斑，這6株中有5株判斷結果含有雜訊，1株無含雜訊，其精準度為16.6%。由此結果分析，針對螢光影像部分，實際拍攝可順利進行，對機器運作並無太大障礙。病斑判斷有雜訊產生之部分，推斷主要原因為實際拍攝時，由於當時果園裡有陣風干擾，使得遮光布無法完全阻擋外界光源干擾，導致儀器判斷產生偏差。

四、結論

本研究之高溫逆境實驗中，實驗組10株草莓苗中，有5株誘導病斑成功，並利用本系統拍攝之結果，以其中1株說明，肉眼發現病斑時間約處於試驗時間112-128小時之間，本系

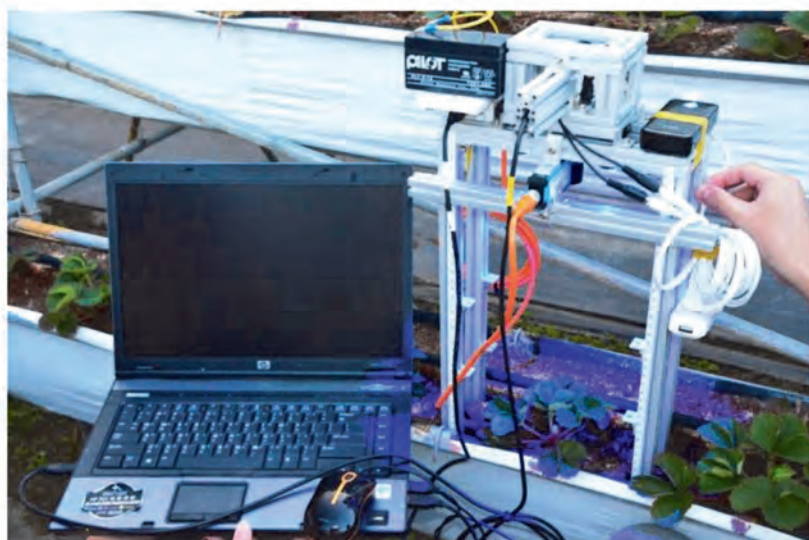


圖9 攜帶型葉綠素螢光檢測系統實際使用實際圖

統可於試驗時間96–112小時，即可看見病斑影像，相當於提早16小時即可發現病斑。影像方面，在第96小時之螢光影像中可看出有黑點產生，而實際影像在112小時可勉強辨識出斑點產生，從實驗影像結果顯示，此系統可比實際影像提早16小時發現斑點，而斑點從開始發現到試驗結束實際面積變化為0.433–2.614 mm²。研製之系統具有實用化之價值，可進一步商品化應用於育苗產業之管理。

五、參考文獻

1. 張允瓊、鄔家琪、邱奕志、林連雄。2005。以葉綠素螢光做為監測嫁接苗生理反應指標之研究。2005年農機與生機論文發表會 p241–242。屏東。
2. 陳俊位、戴振洋。2012。十字花科蔬菜穴盤苗常見之病害種類及防治方法。行政院農業委員會台中區農業改良場。網址：<http://tdares.coa.gov.tw/view.php?catid=2342>。上網日期：2012-09-15。
3. 謝騷璘。2006。飽和脈衝葉綠素螢光影像系統之建立及於植物光熱逆境生理之應用。碩士論文。台北：國立台灣大學生物產業機電工程學研究所。
4. Chaerle, L., and D. V. D. Straeten. 2001. Seeing is believing: imaging techniques to monitor plant health. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1519: 153–166.
5. Chaerle, L., S. Lenk, D. Hagenbeek, C. Buschmann, and D. V. D. Straeten. 2007. Multicolor fluorescence imaging for early detection of the hypersensitive reaction to tobacco mosaic virus. *Journal of Plant Physiology* 164: 253–262.
6. Chiu, Y. C., and C. H. Chen. 2014. Development of on-line apple bruise detection system. The 18th World Congress of CIGR. Paper No. #0514-008. China: Beijing.
7. Chiu, Y. C., W. C. Hsu, Y. C. Chang. 2014. Detecting Cabbage Seedling Diseases by Using Chlorophyll Fluorescence. *Engineering in Agriculture, Environment and Food* (In Press).
8. Chiu, Y. C., and M. T. Chen. 2011. A study of apple bruise detection by using chlorophyll fluorescence image. 2011 ASABE Meeting Paper No. 1110558. Louisville, KY.
9. Krumov, A., A. Nikolova, V. Vassilev and N. Vassilev. 2008. Assessment of plant vitality detection through fluorescence and reflectance imagery. *Advances in Space Research* 41: 1870–1875.
10. Lichtenthaler, H. K., F. Babani. 2000. Detection of photosynthetic activity and water stress by imaging the red chlorophyll fluorescence. *Plant Physiol* 38: 889–895.
11. Mendoza, F., R. Lu, D. Ariana, H. Cen, B. Bailey. 2010. Integration of hyperspectral scattering characteristics and image analysis techniques for improved prediction of apple fruit firmness and soluble solids content. ASABE Paper NO. 1008689. David L. Lawrence Convention Center Pittsburgh, Pennsylvania, MI: ASABE.
12. Qin, J., T. F. Burks, M. A. Ritenour, G. W. Bonn. 2008. Detecting citrus canker by hyperspectral reflectance imaging and spectral information divergence. ASABE Paper NO. 084066. Rhode Island Convention Center Providence, Rhode Island, MI: ASABE.

Disease Detection on Strawberry Seedlings using Chlorophyll Fluorescence

Yi-Chieh Chiu¹, Wei-Chih Hsu²

¹ Professor, Department of Biomechatronic Engineering, National Ilan University

² Master, Department of Biomechatronic Engineering, National Ilan University

Abstract

The objective of this research was to establish a portable chlorophyll fluorescence imaging detection system to detect strawberry seeds disease research, and verify the system is able to capture parts of the disease area from strawberry leaves. By using Mini-PAM chlorophyll fluorescence detection instrument to measure the fluorescent quantum yield, and determine the plants affected from adversities. In this study experiments was using Toyonoka Strawberry seedling and it was 15 days old, and verify the strawberry fluorescence features by instrumentation of spectrum fluorescence meters. The test results showed as below: the excitation wavelength of the health and disease for the Toyonoka Strawberry seedling was 460nm, the emission wavelength was 680nm, the wavelength ranging between 420-490nm were used to excite fluorescence, the spectral range of relative strengths emitted was between 670–690nm. In this study, setting the strawberry seedlings into plant growth chamber as the high-temperature stress environment to induced spots, the experimental parameters as ambient temperature was 38 °C/30°C (day/night), and the humidity was 80% R.H. The test results showed: under the processing environment, there are 5 of 10 strawberry seedlings improve having spots success, and then detect by using portable chlorophyll fluorescence imaging detection. The results showed this portable chlorophyll fluorescence imaging detection system can find disease spot 16 hours earlier than naked eyes, the detect system has practical value and could be applied in nursery industry management.

Keywords: Chlorophyll, Fluorescence, Imaging Detection, Strawberry, Seedling.

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、鋪平、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	

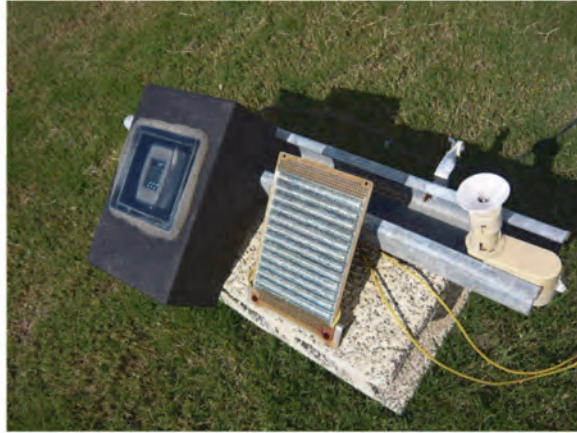


圖1 三種下雨感測器(左：電子式；中：電阻式；右：重量式)

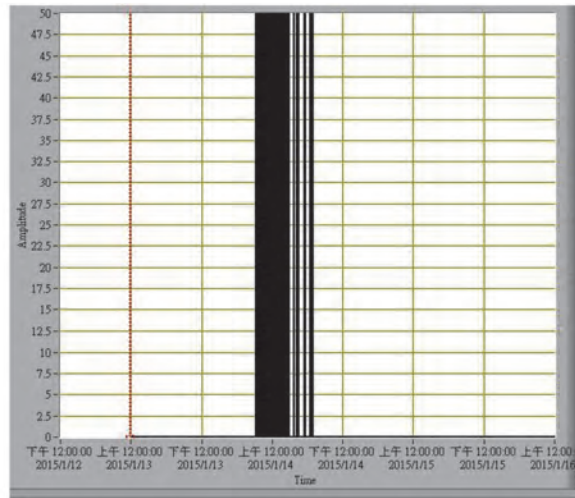


圖2 電子式下雨感測器在2015年1月13日21:29發出下雨訊號至14日上午6:56結束

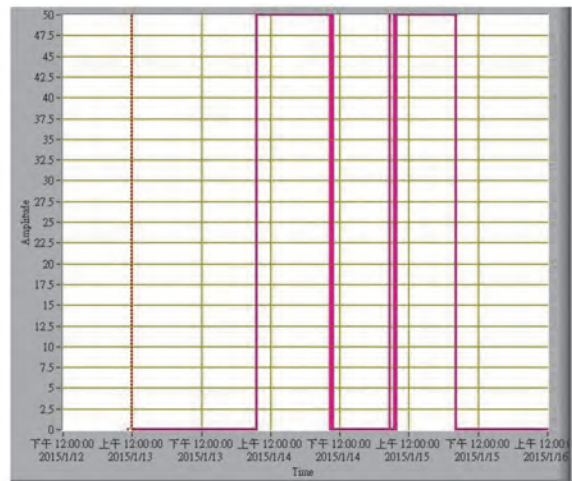


圖3 電阻式下雨感測器在2015年1月13日21:40發出下雨訊號至14日上午10:31結束(1月14日晚上有誤動作)

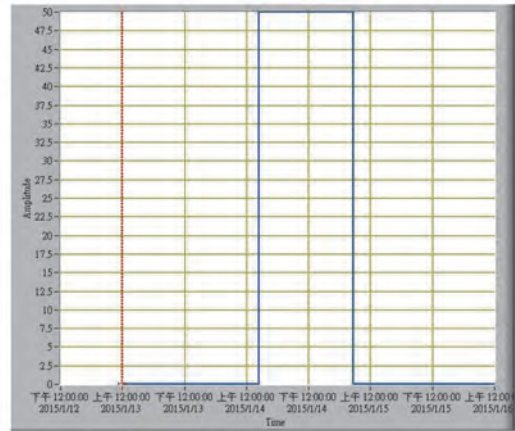


圖4 重量式下雨感測器在1月14日02:31發出下雨訊號至20:40結束

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、馮玉滢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。利用遙測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。

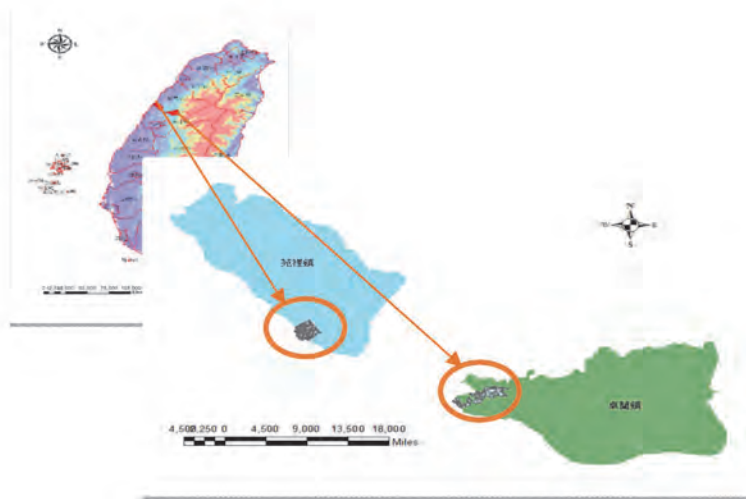


圖1 遠端遙測技術在農作物災害監測之研究與應用評估試驗位置

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。

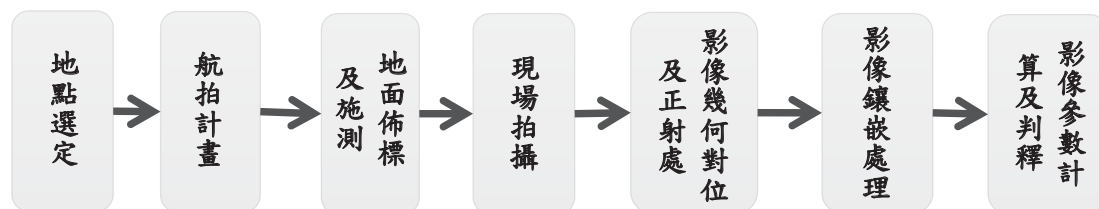


圖2 影像處理流程圖

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 $0.67\mu\text{m}$)，強烈反射近紅外光 (NIR, 波長約 $0.75\text{--}1.35\mu\text{m}$)，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 $700,655\text{ m}^2$ ，供影像判釋696,077

m²，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 m²，供影像判釋1,093,044 m²，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 m²。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 苑裡區作物判釋結果

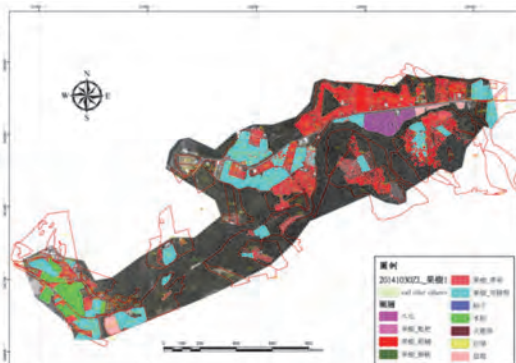


圖4 卓蘭區作物判釋結果

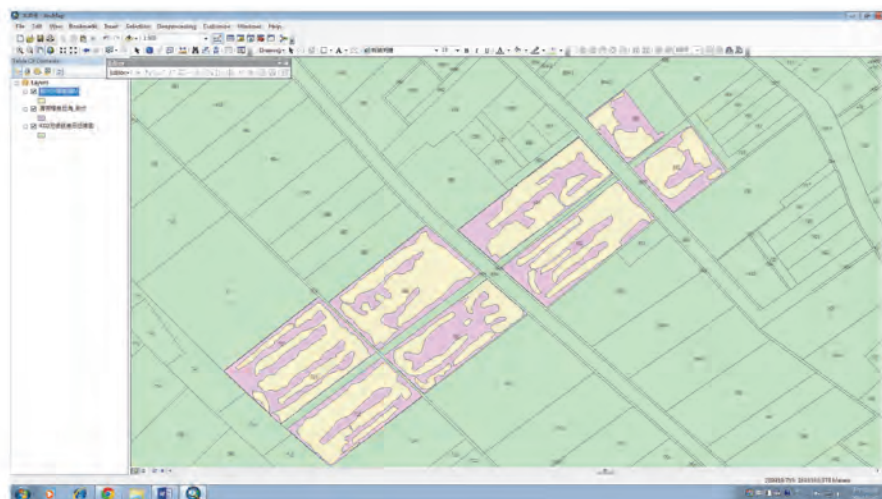


圖5 水稻倒伏面積AcrGIS判釋

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 m²，供影像判釋696,077 m²，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 m²，供影像判釋1,093,044 m²，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、張輕祥、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 Lin¹, Su-Chen Chang², -Yu-Ying Feng³, and Yu-Wei Chen⁴

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

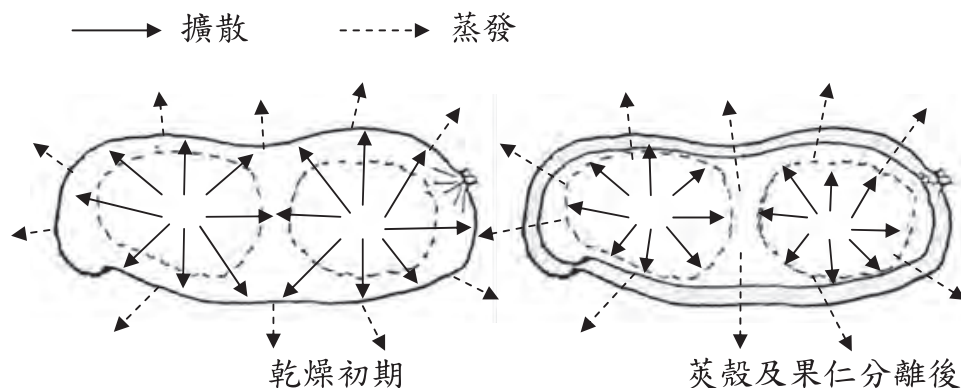
(一)試驗材料：

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)。



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

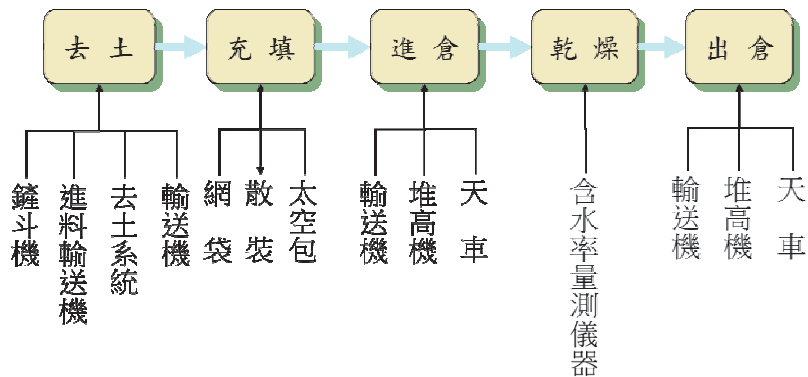
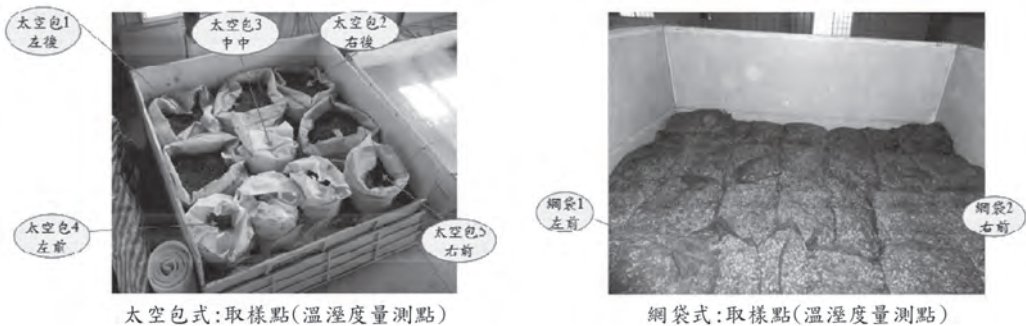


圖5 落花生機械化乾燥流程及設備器材



太空包式：取樣點(溫濕度量測點)

網袋式：取樣點(溫濕度量測點)

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)即可將落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，乾燥過程中層落花生的溫度會逐漸上升，最後會趨近熱風設計溫度，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)。

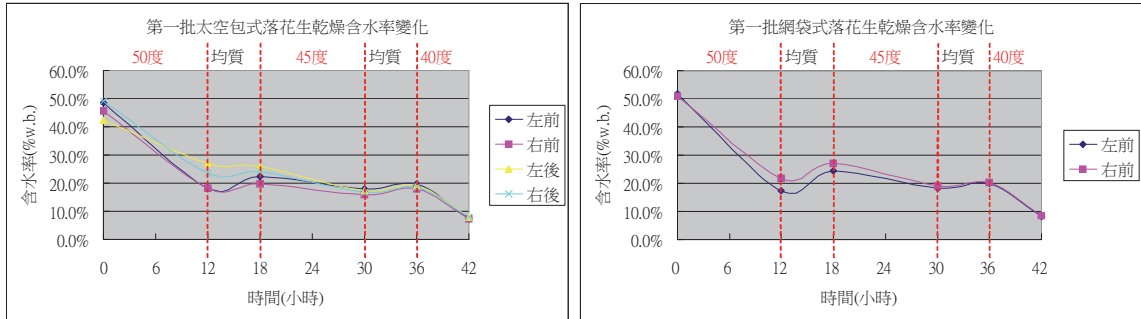


圖7 落花生鮮莢果乾燥期間含水率變化

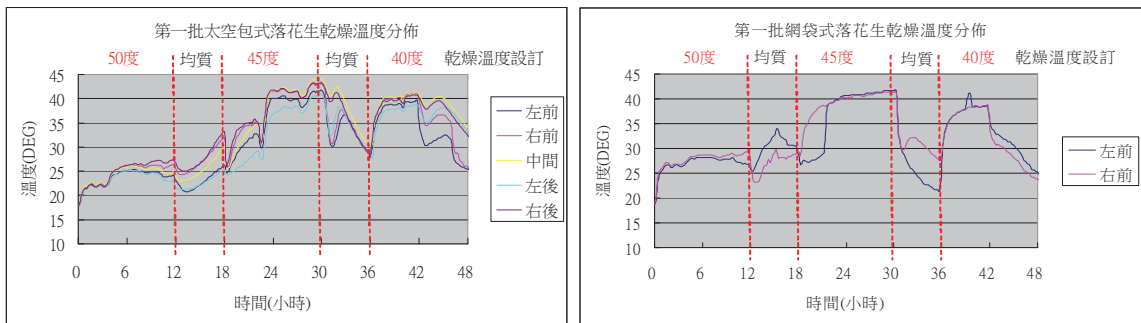


圖8 落花生鮮莢果乾燥期間各量測點的溫度變化



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 Chen¹, Ming-Shi Huang¹, and Chung-Teh Sheng²

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形枕上檔板用以抵擋蓮子於去芯時，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。

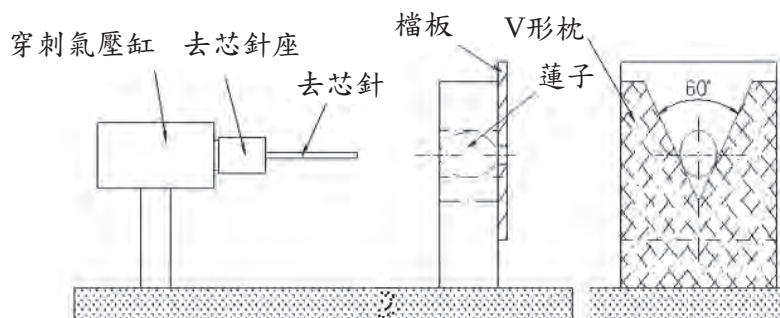


圖1 初期去芯試驗機構示意圖(左)去芯機構正視圖；(右)V形枕側視圖

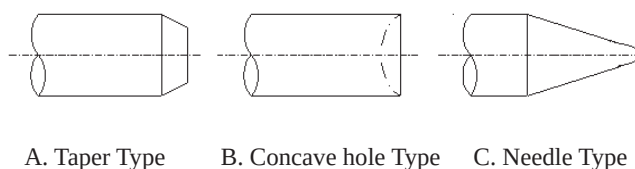


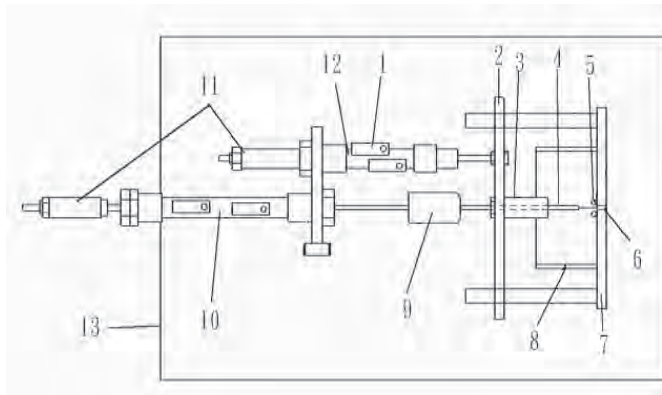
圖2 去芯針型式

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 60° 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($\pm 0.01\text{mm}$)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 $\varnothing 13\text{mm}$ 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

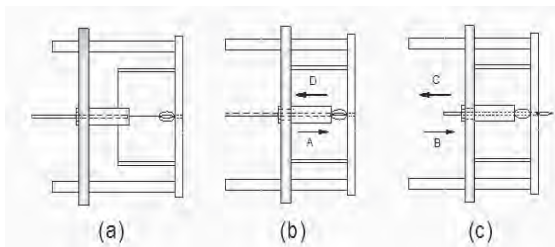


圖 4 半自動蓮子去芯動作示意圖

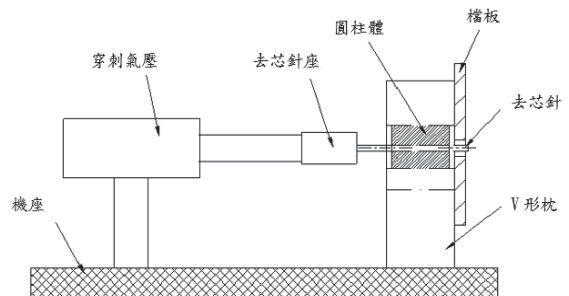


圖 5 蓮子去芯中心線之歸零校正

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。

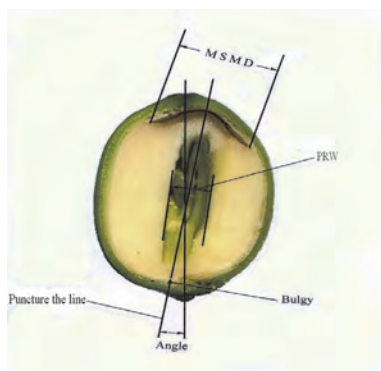


圖 6 剖面蓮子示意圖

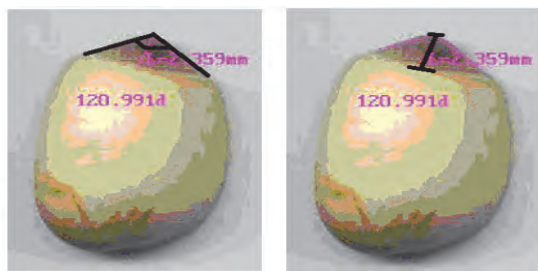


圖 7 合點膜凸脊角度及高度量測

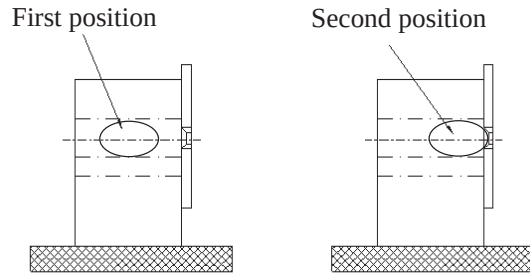


圖8 蓮子放置位置

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°，均值为 115.04°，圓粒種則為 101.8–130.2°，均值为 116.3°；橢圓粒種合點膜凸脊高度範圍在 0.947–3.409 mm，均值为 2.228 mm，圓粒種範圍則為 1.139–2.590mm，均值为 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。

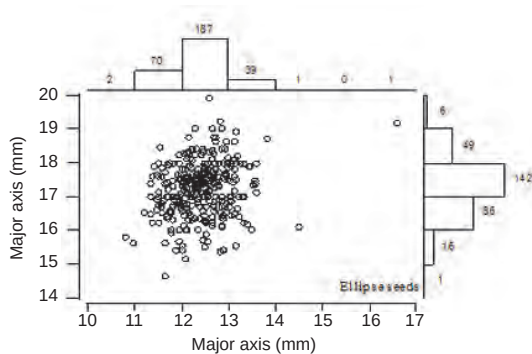


圖9 已脫膜蓮子分佈與頻度圖(橢圓粒種)

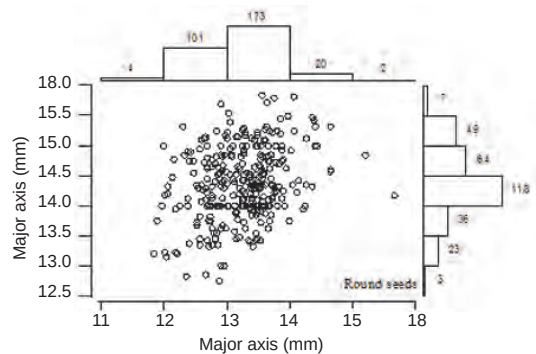


圖10 已脫膜蓮子分布與頻度圖(圓粒種)

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 type	P1	14.7~12.2	13.39	14.6~11.3	12.85	13.12	13	59.33
	P2	15.2~11.7	13.22	14.0~11.1	12.49	12.85	26	73.50
Concave Hole type	P1	14.4~11.7	13.58	14.1~11.5	13.07	13.33	21	56.18
	P2	14.7~11.4	13.32	14.3~10.7	12.65	12.99	41	83.25
Needle type	P1	14.1~12.2	13.32	13.6~11.0	12.41	12.86	11	27.50
	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 type	P1	14.0~12.4	13.14	13.6~11.7	12.55	12.85	19	57.0
	P2	14.1~12.2	13.37	13.6~11.2	12.82	13.10	37	77.83
Concave Hole type	P1	14.2~12.7	13.52	13.8~11.3	12.80	13.16	36	78.67
	P2	14.4~12.6	13.52	13.7~11.3	12.78	13.15	42	80.5
Needle type	P1	14.3~13.0	13.47	12.7~12.4	12.53	13.00	6	17.17
	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 $\varnothing 3.0\text{mm}$ 、 $\varnothing 3.2\text{mm}$ 、 $\varnothing 3.4\text{mm}$ 及 $\varnothing 3.6\text{mm}$ 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 $\varnothing 3.6\text{ mm}$ 、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 $\varnothing 3.6\text{ mm}$ 、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 $\varnothing 3.6\text{mm}$ 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 $\varnothing 3.6\text{ mm}$ 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、陳鎔、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。“出自一百零一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 Huang¹, Chung-Teh Sheng², Wei-Yu Liao³, Huaang-Youh Houng³, Shu-Yu Yang⁴, and Jun-Cheng Xue⁴

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

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

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

⁴Undergraduate 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。

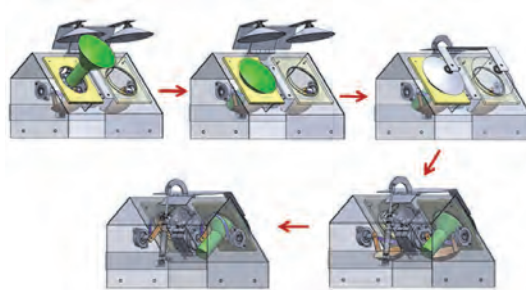


圖1 機台分切機構的運動流程圖

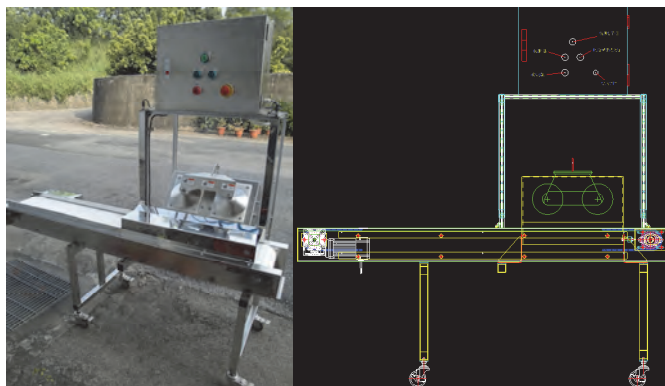


圖2 機台搭配輸送帶後的整體外觀

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

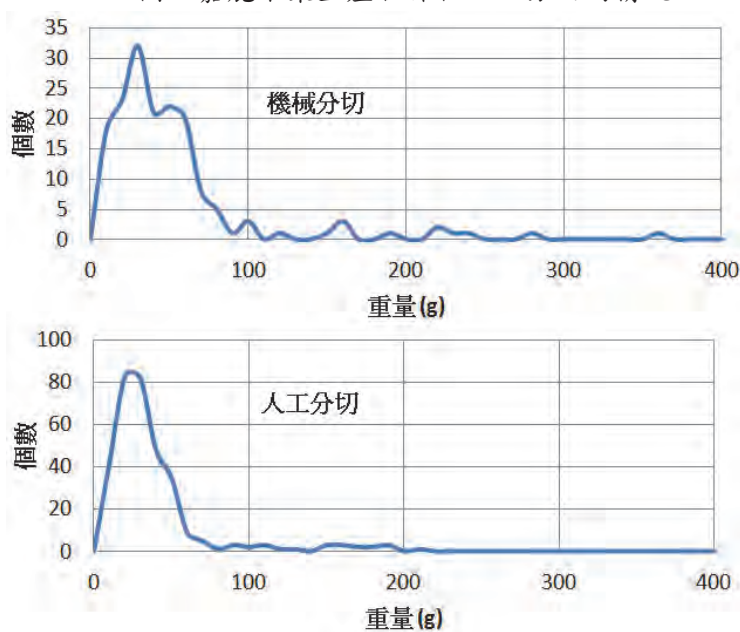


圖5 最佳化機械分切與人工分切的小花重量分佈

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 floretting 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 Li¹, Jui-Yung Chung², and Jung-Jui Cheng³

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，並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，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較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。

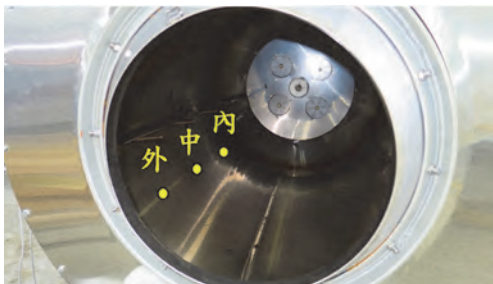


圖1 溫度量測位置

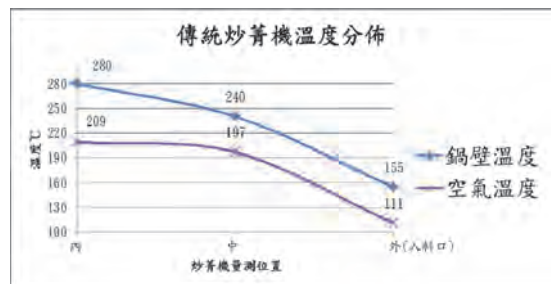


圖2 傳統炒菁機溫度變化

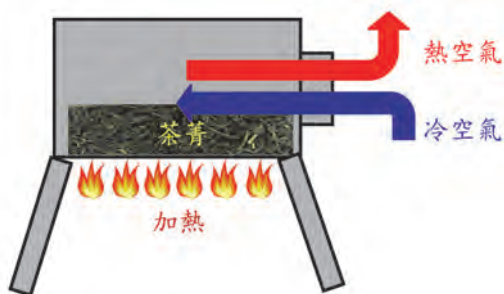


圖3 傳統炒菁機空氣流動情形

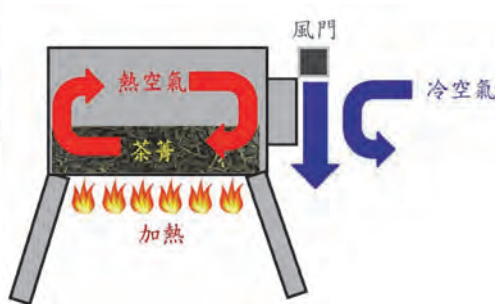


圖4 改良型炒菁機空氣流情形

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

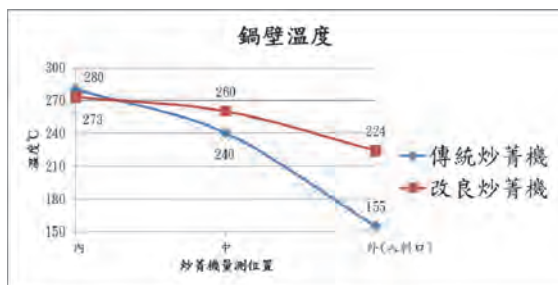


圖7 鍋壁溫度變化

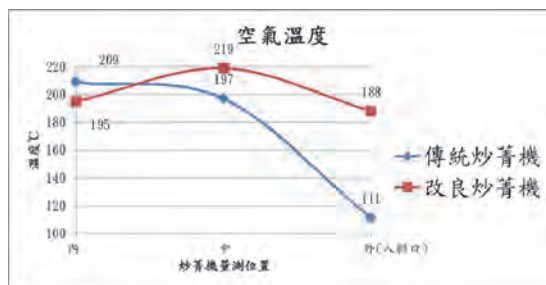


圖8 空氣溫度變化



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、黃騰鋒、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. 黃騰鋒、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、黃騰鋒、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. 張韻、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: CN101238838 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 Hwang¹, Hsien-Tsung Tsai², and Chia-Chang Wu³

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°C between difference place of the machine wall, and the highest temperature difference is 98°C 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°C to 56°C, and the highest temperature difference of the panning machine wall from 98°C to 31°C. 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/cm²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。

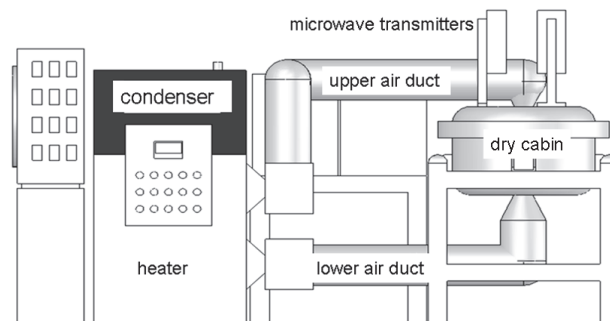


圖1 微波冷凝乾燥系統示意圖

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℃。

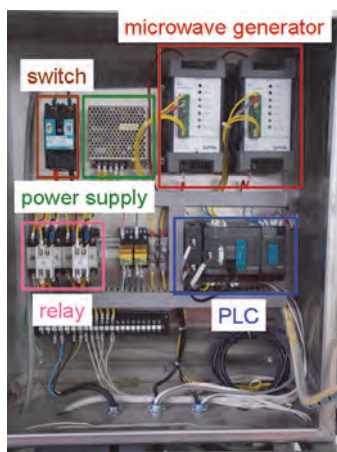


圖2 微波冷凝乾燥系統之自動控制配電盤



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，配合臺電所公佈之每度電電費，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。

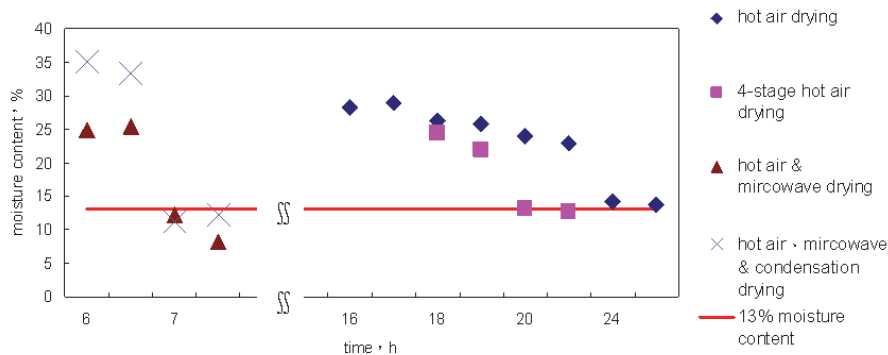


圖5 各乾燥方式含水率降至13%所需時間

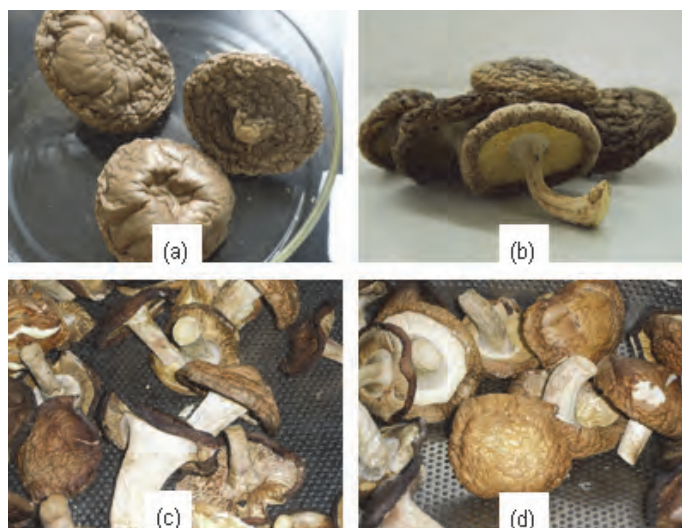


圖6 乾燥後香菇情形

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 sativum*) 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-DuhngHuarng¹, Jian-Jhih Lin², and Hsiang-Wen Chiu²

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°C 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°C with the microwave was introduced, the drying time was reduced to 7 hours and consumed 28.5 kWh electricity. If the 50°C 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，收穫根長可達 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：栽培架由鉸管材組裝而成，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

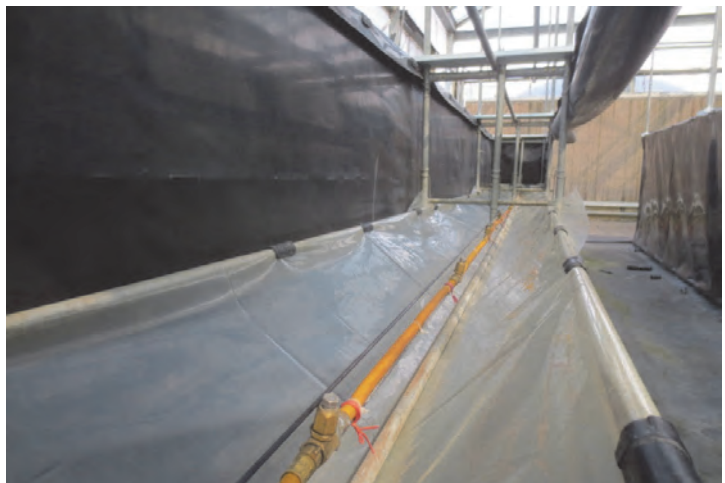


圖3 噴頭及噴霧管線安裝情況



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 90 sec ，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株薏苡，經收穫後之薏苡根系鮮重 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 $40\text{--}110 \text{ cm}$ 之間，平均根長約為 75 cm ，如圖6所示。

薏苡根收穫作業簡單，將薏苡盆移出栽培架後懸吊，作業人員直接剪切薏苡根長，收穫後之薏苡盆再放回栽培架，持續進行第二期作栽培。薏苡根剪切長度留存約 5 cm 長，複種之試驗結果發現，於第二期作之薏苡作物復原緩慢，建議後續剪切根長留存長度可增加至少 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，觀察發現薏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 ，使薏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 薏苡作物收穫根系

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，且薏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，使薏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。薏苡台中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 Chang¹, Yun-Sheng Tien², Hao-Ming Wu³

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 spray 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畫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环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

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