

短期葉菜類植物工場之開發

楊清富、鄭榮瑞、鍾瑞永

臺南區農業改良場

摘要

為推動農業生產自動化，臺南場開發短期葉菜類自動化生產系統。將短期葉菜生產之播種、育苗、移植、栽培管理、採收等作業予以自動化，不但提高作業效率並且大幅減少人力需求。配合系統需求開發之作業系統包括，將穴盤苗移植至栽培箱之自動移植系統、將栽培箱移入/移出植床之栽培箱自動移運系統、自動水份管理之自動化栽培管理系統、自動採收系統。透過自動化生產系統，短期葉菜能進行週年量產。由於全面採用自動化之故，機械化取代人工之程度達 90% 以上。葉菜生長透過自動化栽培管理，能以 2~3 週之生產周期穩定生產優質葉菜。

關鍵詞：葉菜、自動化、植物工場

1. 緒論

傳統田間栽培葉菜常因天候不良、病蟲害造成損害影響收成，導致市場供需失調影響民生消費。隨著栽培技術的精進及對葉菜品質提升的需求，葉菜生產已逐漸朝設施栽培之方向發展。藉由設施可使葉菜栽培不受天候影響並隔絕病蟲害，因此能穩定產量並大幅提升葉菜品質。然而當前葉菜生產模式依舊維持在人力密集型態，大量之人力成本難以提升獲利。若未能有效解決人力及生產品質的問題，則提升葉菜產業之競爭力將淪為空談。在改善人力需求、提高葉菜品質的思維下，臺南場研究開發短期葉菜類生產自動化作業系統。將葉菜生產從播種、育苗、移植、採收等作業予以自動化。並配合自動化管理系統，使葉菜在合適的環境條件下生育成高品質葉菜，為當前葉菜生產模式提供了另一項新的選擇。

2. 試驗設備與方法

為推動農業生產自動化，臺南場開發短期葉菜類自動化生產系統。藉由自動化技術

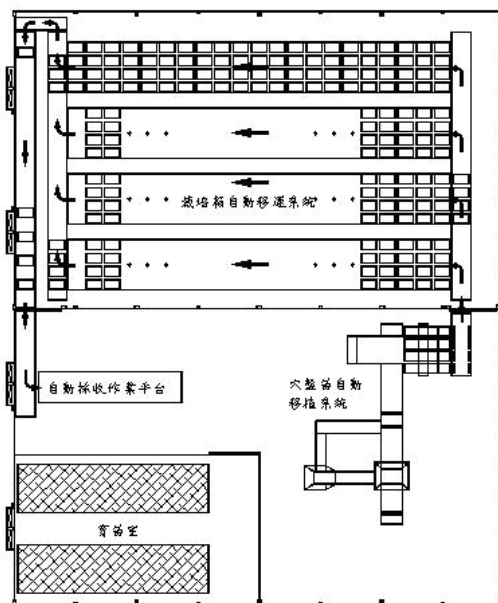


圖 1.短期葉菜自動化生產系統

能大幅減少人力需求，提高生產效率，進而降低葉菜之生產成本。規劃建置之短期葉菜自動化生產系統如圖 1，整體系統包括穴盤苗自動移植系統、栽培箱自動移運系統、自動化栽培管理系統、自動採收系統。依序將各個系統串聯起來即形成一套完整之短期葉

菜自動化生產系統。整個短期葉菜生產過程完全以機械化取代人工進行作業，每批葉菜之栽培時間為 2~3 週(因菜種而異)即可採收。採收後的植床可立即進行下一批生產，植床的利用率可達到最高。以下針對各個系統的作業型態及特性進行說明。

2.1 穴盤苗自動移植系統

為便於育苗管理及考慮機械作業特性，本系統採用子母式育苗穴盤，母穴盤為一般習用之 128 穴格苗盤，子穴格為 PLA 材質四孔小穴格。育苗前將子穴格套入 128 穴格苗盤並配合自動播種機進行播種。每一四孔小穴格可依作物生長特性播種 1~4 株，待苗高至 4~7 公分即可進行機械移植，將菜苗從育苗穴盤移至栽培箱。自動移植作業由 PLC(可程式控制器)控制，作業方式具多工型態，數個機組能夠同時進行作業。分箱作業由分箱機自動逐一釋出空栽培箱，再由介質裝填機組進行介質(泥炭土)定量裝填。過剩掉落之介質由介質回收機組回收並導回貯料桶。介質裝填完成之栽培箱以挖孔機組於頂面挖掘穴孔，挖妥穴孔之栽培箱由輸送機輸運至移植平台下方。由供苗機組供送之苗盤定位後自動啟動移植作業，移植夾爪每次夾取 8 個小穴格，擴距分散移植至四個栽培箱

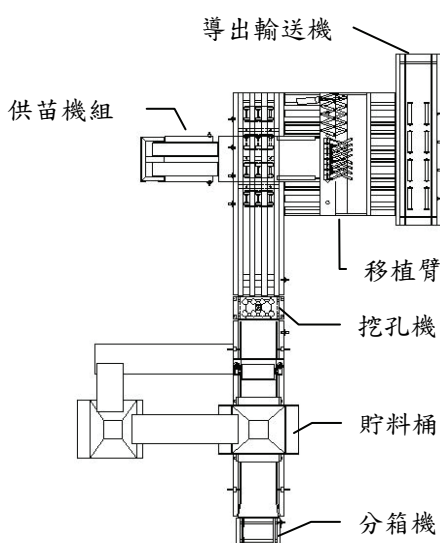


圖 2. 穴盤苗移植系統

。以四個循環動作同步完成四個栽培箱之移植。空穴盤由排出機構將之自移植平台排出。移植完成之栽培箱由栽培箱導出輸送機組輸運導出，穴盤苗自動移植系統配置詳如圖 2。

2.2 栽培箱自動移運系統

本系統之主要組成包括數列自動植床機組，及於植床機組的前、後兩端分別設置一組移運方向與植床垂直之橫移機組，如圖 3。其中植床機組利用抬床式搬運機構，以頂升、推移、下放之步進方式搬運置於植床機組上的栽培箱前進位移。橫移機組除利用輸送皮帶輸送栽培箱位移，對應每一自動植床處分別設置一同步升降台。上升時用以頂升或承接由植床機組所移出之栽培箱，下降時能將栽培箱下放到輸送帶上。橫移機組利用光電開關及可控制升降之擋銷機構定位栽培箱之位置，使栽培箱能準確對準植床機組。栽培箱之移運動線係由植床之一端移入，採收時由另一端移出。利用栽培箱移運系統可將栽培箱移至指定植床放置或由植床移出，使費力的搬運工作由機器執行。自動移運系統完全自動化故能提高作業效率，使植床稼動率大大的提升。甚至可進行連續式的生產型態，使單位面積的產量達到最高。

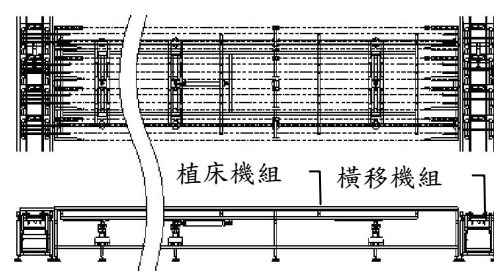


圖 3. 栽培箱移運系統

2.3 栽培管理自動化系統

灌溉作業為頻繁、單調且不能中斷的作業，即使指派專人管理亦難精確地進行，尤其在人工缺乏的環境下問題更為嚴重。配合短期葉菜生產自動化作業系統，在栽培管理

上為獲致均一的葉菜品質，及便於進行各種噴灌試驗，遂開發移動式自動噴灌裝置，如圖 4。利用電腦進行噴灌作業的控制，透過人機介面調整設定各種噴灌操作，消除人為不利的因素，使短期葉菜的栽培管理導向自動化的模式。本系統利用自走式桿式噴灌裝置，藉由控制噴桿移動速度調整供水量，並能控制電磁閥噴頭進行分區噴灌。使噴灑系統配合作物實際需求，適時適量的供給水分、養份。達到栽培管理自動化之目標。

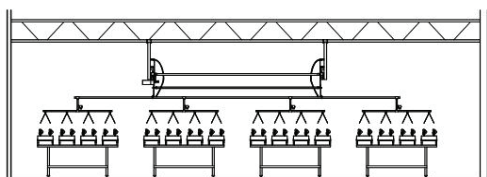


圖 4. 栽培管理自動化系統

2.4 自動採收系統

自動移植系統將菜苗以固定行株距移植至栽培箱，葉菜在相同格式的空間中生長能有一致性的生長勢。因此均勻分佈及齊一的株型形成有利於機械採收的條件。本系統承接於栽培箱自動移運系統之導出端，以一組滾桶輸送機將栽培箱導入剪切機組中。栽培箱以舉升裝置頂升並配合往復式切刀傾斜成相同角度。切刀藉由齒條牽引，沿著栽培箱頂部上移同時將葉菜與根部切離。切離之葉菜由承盤承接，待切刀組降至底端時，承盤翻轉 180 度將葉菜卸放在處理平台上。由於每株葉菜之頭尾方向相同，方便後續包裝處理。

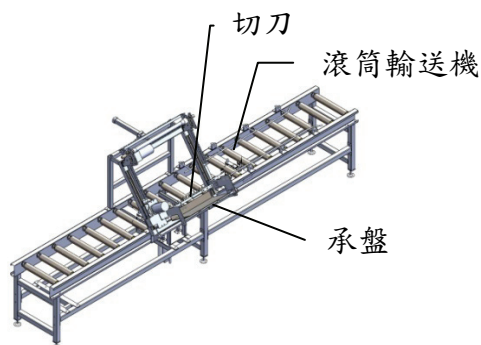


圖 5. 自動採收系統

3. 結果與討論

3.1 穴盤苗自動移植作業

分箱機用以將堆棧成疊之空栽培箱自動一一釋出俾進行介質裝填，主要機構係由兩段式氣壓缸進行栽培箱頂升及下放。治具氣壓缸側向夾持栽培箱，栽培箱由輸送帶承載移送，機組如圖 6 所示。挖孔座以氣壓缸控制升降，其上裝置以鍊條驅動之 8 只鑽頭。挖孔座下壓同時轉動鑽頭以在栽培箱之介質上同時鑽挖 8 個穴孔，作業情形如圖 7 所示。移植臂為一門形鋁製結構，跨於兩平行導桿上以兩支長程氣壓缸推拉移動。其上配置八只移植夾爪並由兩支串接之氣壓缸進行兩段式升降行程控制，結構如圖 8 所示。移植夾爪共 8 組為一兩指式之夾爪，以氣壓缸控制夾爪張合。夾爪與子穴格呈 45 度角以指尖夾持子穴格對角穴孔，每次同時夾取 8 個子穴格將之從母穴盤上分離經擴距後分別植入四個栽培箱，作業情形如圖 9、10 所示。穴盤苗自動移植系統經實際測試，移植作業能力每小時可移植 288 箱，移植良率 95% 以上。



圖 6. 分箱作業



圖 7.穴孔造型

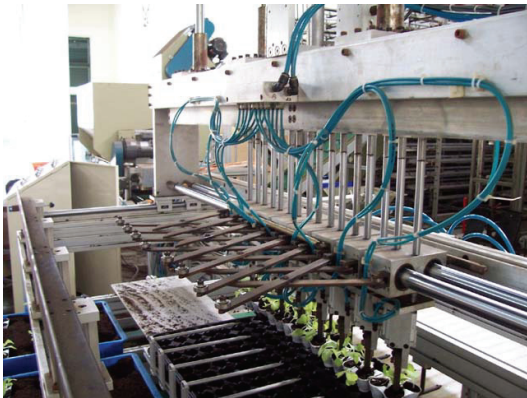


圖 8.移植臂



圖 9.移植夾爪



圖 10.夾苗及定植

3.2 栽培箱自動移運作業

3.2.1 栽培箱移入作業

利用光電開關及定位擋銷將栽培箱準確定位到指定之植床，同步升降台利用氣壓缸及交叉連桿使台座同時頂升四個栽培箱。移動床架由平推氣壓缸推至栽培箱下方，頂升氣壓缸將移動床架頂升並將栽培箱頂離同步升降台，平推氣壓缸回縮一個氣壓缸行程，將栽培箱移至植床頭端，頂升氣壓缸下降使栽培箱置於定置床架上，如圖 11 所示。

3.2.2 栽培箱移出作業

進行栽培箱移出作業時以頂升氣壓缸將移動床架頂升，並將置於定置床架上之栽培箱全數頂離定置床架，再以平推氣壓缸推動移動床架一個氣壓缸行程。之後控制頂升氣壓缸下降使栽培箱置於導出端之同步升降台上。待移動床架歸位後，同步升降台下降將栽培箱置放於導出輸送機上並進行導出如圖 12 所示。穴盤蔬菜栽培箱自動移運系統經運轉測試，移運作業能力每小時約可達 480 箱。



圖 11.栽培箱移入



圖 11.栽培箱移出

3.3 栽培管理自動化作業

為因應短期葉菜生產自動化作業系統，進行自動化水分及養液管理。在噴灌系統之功能需求必須要能均勻噴佈、易於操作維護、便於設定調整控制。經規劃設計，整體結構如圖 4 所示。主要構造是在溫室橫樑下，架設兩條平行的齒條，驅動主機橫跨在齒條上，用以帶動噴架以定速在植床上方移動。噴架上的噴頭透過電磁閥進行開/關控制，對下方的作物進行噴灌，如圖 12。噴灌量是以調整噴架移動的速度進行控制，噴架移動速度越慢噴灌的水量越多。考量作物各個生長階段對水分的需求量有所不同，經試驗後設定三種噴架移動速度，分別為高速(1.94 m/min)、中速(1.66 m/min)、低速(1.36 m/min)三種，以配合葉菜早期、中期及後期生長水份管理所需。其中驅動主機的及噴頭電磁閥透過人機介面進行控制如圖 13。栽培管理自動化作業系統目前整合於本場短期葉菜生產自動化作業系統，負責執行水分及養液噴灌作業，對於提升葉菜品質及降低栽培管理所需的人力具有實質的效益。



圖 12.噴灌作業

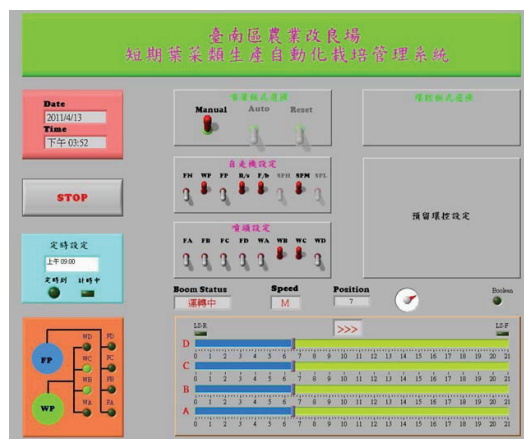


圖 13.噴灌人機介面

3.4 自動採收作業

自動採收是為了要取代人工採收作業，透過輸送機將栽培箱導引至採收機台，栽培箱經頂升、傾斜後完成定位如圖 14。繼之，往復式切刀自底短端沿栽培箱頂面上移同時將葉菜與根部割離，如圖 15。割離之葉菜由承盤承接，待承盤回降至底端時，隨即翻轉將葉菜卸放於處理平台上，如圖 16 所示。採收作業由 PLC 進行控制作業效率高，採收速率為每小時 240 箱。



圖 14.栽培箱定位



圖 15.剪切作業



圖 16.葉菜翻轉卸放

4. 結論

- (1) 利用設施生產穴盤蔬菜因易於栽培管理，故具品質齊一及產量穩定之特性。
- (2) 短期葉菜類生產周轉率較快，配合自動化技術可實現葉菜栽培生產自動化的目標。同時具有產能最大化及人工最小化的特性。
- (3) 本系統藉由完全機械化取代人工，因此無可避免設備成本偏高的問題，但具有之潛在效益包括生產不受天候影響、無輪作障礙、產量穩定、品質均一、適合進行計劃性生產、降低人工需求。
- (4) 農業生產囿於天候環境，經常出現產量大、幅波動的情形。不但生產業者要疲於應付產銷問題，民生消費的爭議亦難以消弭。因此從一個穩態量產、降低生產成本的觀點去建立農業生產系統是當前重要的課題。
- (5) 在全球人口數不斷的竄升，可耕地有限及氣候變遷極端氣候肆虐的威脅下，農業生產模式必須改變，農業生產效率必須提高才能保障糧食安全平衡供需。利用自動化技術配合農業生產，提高單位面積之產量，為提升生產效率最直接的方式之一。
- (6) 本研究開發之短期葉菜生產模式雖然仍有許多不足之處，但希望能藉此產生拋磚引玉的效果，讓更多業者投入進而開發適合本土的自動化生產系統，使我們的農業科技更上一層樓。

誌謝

本研究承蒙農機研究室同仁鄭明賢、梁紹發、王志榮、康瓊月、賴黃美華等在試驗期間不辭辛勞、鼎力協助，特此感謝。

參考文獻

1. 林信隆。2001。創意性機構設計，全華科技圖書股份有限公司印行。
2. 高德錚。1991。工廠化蔬菜生產體系之開發，台中區農推專訊 110 期。
3. 蔡尚光。1990。植物工廠，淑馨出版社。
4. 董炯明。1993。自動化定位技術圖集，全華科技圖書股份有限公司印行。
5. 鄭榮瑞、陳萬福、盧子淵、施清田。1993。芽菜生產自動化，台南區農業技術專刊集合本 120-130。
6. 鄭榮瑞。1998。蔬菜栽培自動化與機械化，台南區農業改良場技術專刊 87-11(NO. 83)。
7. 賴耿陽。1999。生物產業科技機具，復漢出版社印行。
8. 賴建洲、方煒、張森富。建構組織培養苗量產植物工廠，2004 農機/生機論文發表。
9. 楊紹榮、鄭榮瑞。1997。穴盤蔬菜栽培。台南區農業改良場技術專刊 86-2(No.68)pp.7。
10. 楊紹榮、鄭錦容、余合。1999。穴盤蔬菜栽培之研究。台南區農業改良場研究彙報第36:46~58。
11. 古在豐樹編著，方煒譯。2011。太陽光型植物工廠永續性的先進植物工場。財團法人豐年社。

The Development of Short-term Leafy Vegetables Plant Factory

C.F Yang, J. J. Cheng, J. Y. Chung

Tainan District Agricultural Research & Extension Station, COA

Abstract

In order to advance the automation of agriculture, we develop automation production system for short-term leafy vegetables. It makes the production procedures of short-term leafy vegetable of sowing, seedling, transplanting, cultivate management and reap automation. As a result not only raise the operation efficiency but reduce a great deal of manpower, the subsystems we developed includes “The automatic transplanting system”, “the automatic cultivation trays shift system”, “The automation spray irrigation management system” and “The automatic reap system”. By this system the leafy vegetables can do anniversary mass production. Owing to overall automation, the level of mechanization replaces manpower over 90 percent. By automation cultivate management; superior leafy vegetables can production in 2 to 3 weeks periodically.

Keywords: leafy vegetables, automation, plant factory