

蔬菜育苗場播種作業之電腦模擬與工時分析

洪景鐘¹，陳世銘²，周奕宇³

1. 國立台灣大學農業機械工程學研究所碩士
2. 國立台灣大學生物產業機電工程學系教授，本文通訊作者
3. 國立台灣大學生物產業機電工程學系研究助理

摘 要

在穴盤育苗自動化的作業中，有許多工作任務與動線流程需要做最有效的分配與規劃，以提升作業效率及促進人力資源的利用。本研究即針對蔬菜自動化育苗場的播種作業流程進行電腦模擬分析，其中包括循環式及積排式播種系統兩種不同播種作業模式。模擬結果顯示，現行循環式播種系統作業方式員工利用率為 48.7%，作業速度每小時為 172 盤；採用改善方案進行作業，員工利用率可提高至 70.4%，作業速度達每小時 240 盤。現行積排式播種系統作業速度每小時為 161 盤，員工利用率為 8.1%。若調整自動排盤機排盤速度至最佳之每 20 秒一盤時，作業速度可達每小時 176 盤，員工利用率則增為 9.2%。在近似的作業速度運轉下（每小時約 170 盤），積排式播種系統員工利用率為 9.9%，遠低於循環式播種系統之 49.4%，相當於節省約 80% 的工作量。此兩種播種系統作業模式皆僅需相當少之人工，由此可看出自動化播種作業之效果，而經由電腦模擬所建立之模式及分析的結果，可提供育苗場規劃及改善之參考。

關鍵詞：播種系統、電腦模擬、蔬菜育苗場、自動化

COMPUTER SIMULATION AND PERFORMANCE ANALYSIS OF SEEDING SYSTEMS FOR VEGETABLE NURSERIES

Ching-Chung Hung¹, Suming Chen², Yi-Yu Chou³

1. *Former Graduate Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, National Taiwan University.*
2. *Professor, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University, Corresponding Author.*
3. *Research Assistant, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University.*

ABSTRACT

Operations need to be optimized to improve working efficiency and worker utilization in vegetable nurseries. This study conducted a computer simulation based performance analysis for automatic vegetable seeding production, in which seeding systems with circulative and accumulative types were studied. The simulation

showed the results as follows. In the circulative type seeding system, the labor utilization was 48.7%, and the production capacity was 172 trays per hour; by using an improvement plan, the labor utilization was upgraded to 70.4% and the production capacity was increased to 240 trays per hour. In the process of the accumulative type seeding system, the production rate was 161 trays per hour, and the labor utilization was 8.1%; by tuning up the feeding speed to 20 seconds per tray, the production rate was increased to 176 trays per hour. Under a similar production rate (about 170 trays per hour), the labor utilization of the accumulative type seeding system was 9.9%, far below the circulative type seeding system, 49.4%. Compared to the circulative type seeding system, the working time of the accumulative type seeding system was much less by an amount of 80%. Both systems worked very well as a result of automation. The results of the simulation models could be applied to the nurseries for better planning and operations.

Keywords: Seeding System, Computer Simulation, Vegetable Nursery, Automation

一、前言

蔬菜為本省重要之農業產物，蔬菜需求量日益提高。但農村勞力日趨不足，勞動成本日益提高；因此大量有規模的栽培蔬菜已成為日漸重要的課題。穴盤育苗為目前新興之育苗方式，其優點為，以機械化的點播方式替代傳統勞力密集的土播；且穴盤苗在播種完成之後有利於後續之搬運管理與田間移植作業自動化的施行。此外，穴盤育苗不但品質較佳，且工時縮短，大大地節省了勞力的需求。

在穴盤育苗自動化的作業中，有許多工作任務與動線流程需要完成與安排。適當地分配工作任務與規劃動線流程可節省不必要的工時浪費。而電腦模擬是一種相當有用的分析工具，利用電腦模擬可預測各項作業之缺點及瓶頸所在；同時，對於新的方案又可藉模擬而預估其效益，並在短時間內對系統作整體的評估。

邱與張(1987)曾就水稻機械化作業進行工時研究。利用實際調查訪問及資料蒐集的方式來計算出整個水稻生產過程之中所投入的人工-小時之範圍，水稻生產研究範圍包括：灌溉、整地、育苗、插秧、中耕管理、收穫、乾燥等流程。討論每階段之作業工時，由完整的調查資料加以分析，可以知道水稻生產過程最小與最大作業工時之區間。

Chiu et al. (1998) 利用 SIMLIB 的模擬語言建立水稻育苗播種模式，將水稻育苗播種流程中各項工作任務紀錄，依操作的情況，分配不同的工作者；訂定系統的限制條件和工作的優先順序。探討料斗大小的改變、介質及種子補充線的改變、播種作業系統速度的改變等對員工利用率的影響。結論指出料斗較大可減少介質補充次數的頻繁而減少勞力浪費。工作速度可由原先的每小時播種 1553 盤提升至每小時 1960 盤。

本研究利用電腦模擬的方法，針對蔬菜自動化育苗場的播種作業流程、人力分配及動線規劃進行分析，以提升作業效率及促進人力資源的有效利用，並提供規劃及改善之參考。

二、蔬菜自動化育苗場之播種系統架構

蔬菜已成為本省之重要作物，蔬菜育苗場的設立愈來愈普及。目前由農委會及農委會中部辦公室輔導，已有三十一處「自動化蔬菜育苗場示範點」及一處「種苗自動化生產示範工場」(陳等人，2000)。

為了進行自動化蔬菜育苗場播種作業的電腦模擬與工程分析，首先必須對育苗場之播種系統架構加以介紹，下面就分別以兩種較具代表性之播種系統加以探討。

(一)循環式播種系統

循環式播種系統是採用台大桃改PD-60型鼓式穴盤真空自動播種機（陳等人，1993），以循環動線模式進行播種作業，如圖1所示。系統中以直角迴轉機組成循環動線，將底盤保留在輸送帶上循環使用。

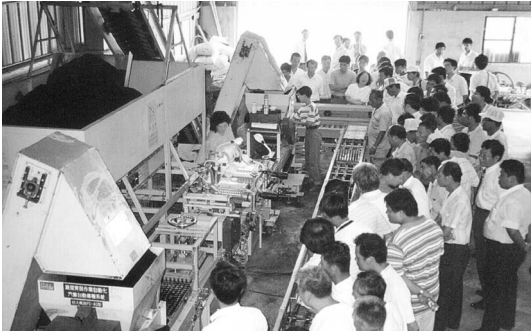


圖1 循環式播種系統

Fig.1 Circulative type seeding system

循環式播種系統以一名員工進行作業。播種系統作業室的配置參照圖2。在播種機器開始作業前，必須進行前置作業。前置作業即補充各項工作時所需的材料，其中包括種子補充、軟盤補充、介質補充及底盤補充等。首先，員工將播種作業中所需的種子倒入真空播種機中。由於種子的體積很小，因此一天作業的需求量可一次補充完成。之後，員工行走至作業室外的軟盤存放區（圖2之位置5），將軟盤徒手搬回機器旁（圖2之位置4）放置，同時將所需的底盤亦搬至機器旁。員工接著至介質存放處（圖2之位置6）做介質的補充。所採用的介質每包有八十公升的容積，一包介質可供30盤的128格穴格的穴盤使用。存放介質的大斗容積為2990公升。大斗一次可補充約30包介質的量，即約900個苗盤的份量。

當前置作業完成後，開始進行育苗播種作業，員工站立於播種機器旁的換盤區（圖2之位置2）。開始將軟盤套入底盤中，每隔一定的間

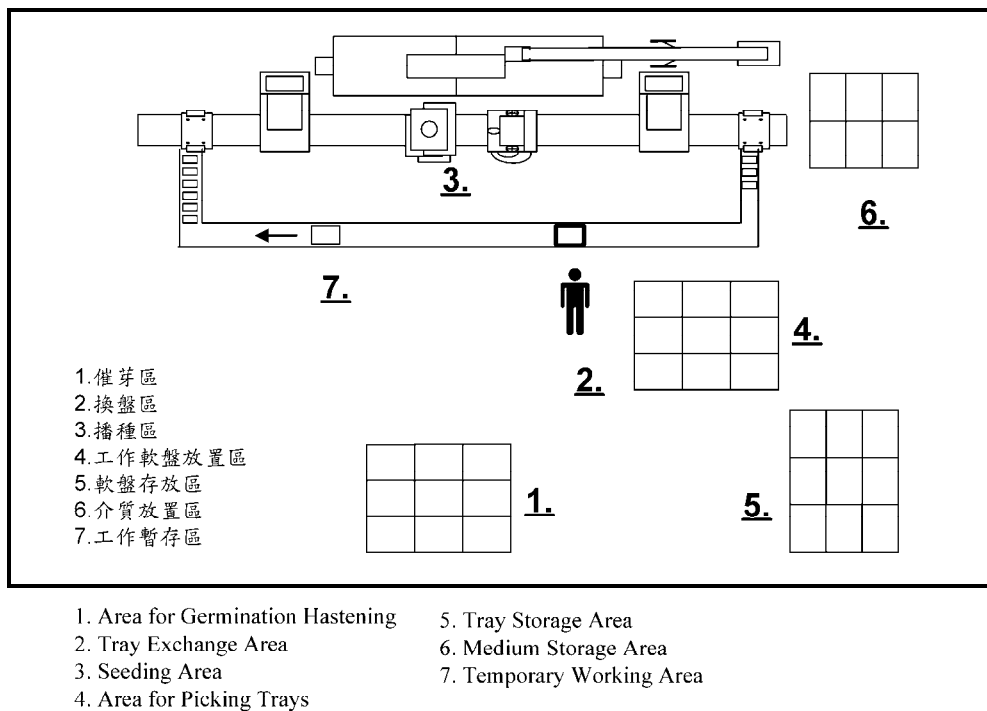


圖2 循環式播種系統作業室的動線配置圖

Fig.2 Material flow layout in a working house for accumulative type seeding system

距放在輸送帶上。穴盤經由輸送帶運送至播種機完成裝填介質、整平、壓實打孔、播種、覆蓋介質、整平等作業，經直角轉彎機循環回到原處，員工將軟盤拿起，做換盤的動作，並將播種好的苗盤，放置在換盤區旁，當換盤區的苗盤達到十



圖 3 積排式播種系統

Fig.3 Accumulative type seeding system

盤時，員工立即將之搬運至催芽區(圖 2 之位置 1)存放，等待發芽。如此不停地循環作業，直到介質即將用完時，播種系統會有警告訊號響起，通知員工停機進行介質補充。待補充完畢後，再繼續重新開始播種作業。

播種作業時，約有 10 盤的苗盤在輸送帶上運作。據現場調查，若以 10 盤同時運作，並考慮前置作業及其他可能的延滯時間，則其作業的速度約為每小時 180 盤。

(二) 積排式播種系統

積排式播種系統係採用台大桃改 PN-20 型針式穴盤真空自動播種機(陳, 1999)，並以循環動線加裝軟質穴盤自動排盤機與積盤機(陳等人, 1999)而成，如圖 3 所示。積排式播種系統的作業室配置參照圖 4，也是配置一名員工作業，其前置作業包括了種子補充、自動排盤機軟盤補充及介質補充等。首先，員工將播種作業中一天

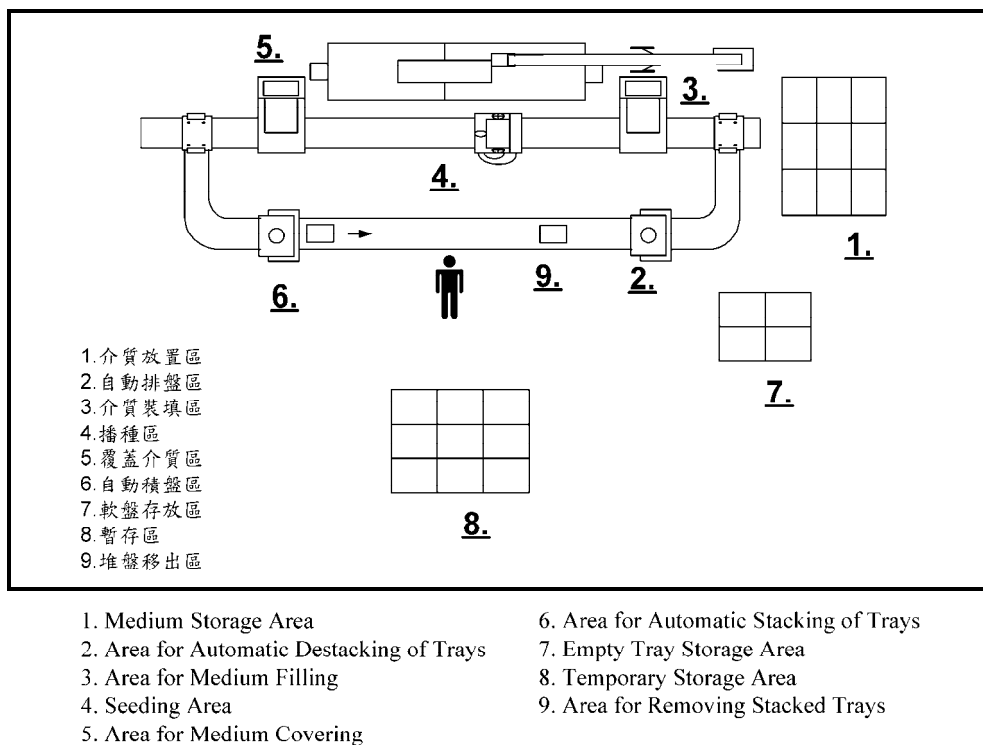


圖 4 積排式播種系統作業室的動線配置圖

Fig.4 Material flow layout in a working house for accumulative type seeding system

工作量所需的種子倒入真空播種機中。之後，員工行走至軟盤存放區（圖 4 之位置 7），將軟盤（約 130 個）裝入自動排盤機（圖 4 之位置 2），實體圖詳圖 5。員工接著至介質存放處（圖 4 之位置 1）做介質的補充。所採用的介質每包有七十公升的容積，一包介質可供 25 盤的 72 格穴格的穴盤使用。在作業時大斗一次補充約 20 包介質的量，即約 500 個苗盤的份量。

當前置作業完成後，開始進行育苗播種作業。穴盤經由自動排盤機送入輸送帶運送至播種機完成裝填介質、整平、壓實打孔、播種、覆蓋介質、整平等作業，再經由軟質穴盤自動積盤機（圖 6）自動堆疊至 12 盤後，經輸送帶送至堆盤移出區（圖 4 之位置 9），員工於空閒時再將之搬運至暫存區（圖 4 之位置 8）存放。如此不停地循環作業，員工需要隨時注意自動排盤機是否需要補充軟盤；而介質即將用完時，播種系統則會有警告訊號響起，通知員工停機進行介質補



圖 5 軟質穴盤自動排盤機

Fig.5 Automatic destacker for flexible plug trays



圖 6 軟質穴盤自動積盤機

Fig.6 Automatic stacker for flexible plug trays

充。播種作業時，自動排盤機以每 22 秒放置一個穴盤的速度操作，作業速度約為每小時 165 盤。

三、研究方法

本研究中電腦模擬程式撰寫採用 AweSim! 模擬語言(AweSim,1996)，以 AweSim! 之 Network Builder 對系統作業流程撰寫程式，對於育苗場之模擬是採用離散流程(discrete processes)。關於蔬菜育苗場中各項播種作業工時資料之配適，則是利用 ExpertFit 軟體(ExpertFit, 1997)，找出最適合的函式，作為在模擬程式中以亂數產生各項作業工作時間的依據。

(一) 自動化育苗播種作業電腦模式之建立

模式之建立方法是先分析實際作業系統，了解系統變因所在、簡化不必要之變數，建立一個初步的模式。之後，撰寫程式將模式模擬的結果與實測情形相比較，探討不符合處，再將模式加以修正。本節說明蔬菜育苗場之循環式播種系統與積排式播種系統兩種電腦模式，本研究中模擬程式即依據此模式撰寫。本研究中建立以一名員工進行播種作業之電腦模式，模式之假設條件如下：

1. 循環式播種系統

- (1) 因機器故障極少發生，發生故障的間距和排除故障的時間不易量測，因此在模式中，假設機器在作業時並無故障情況之發生。

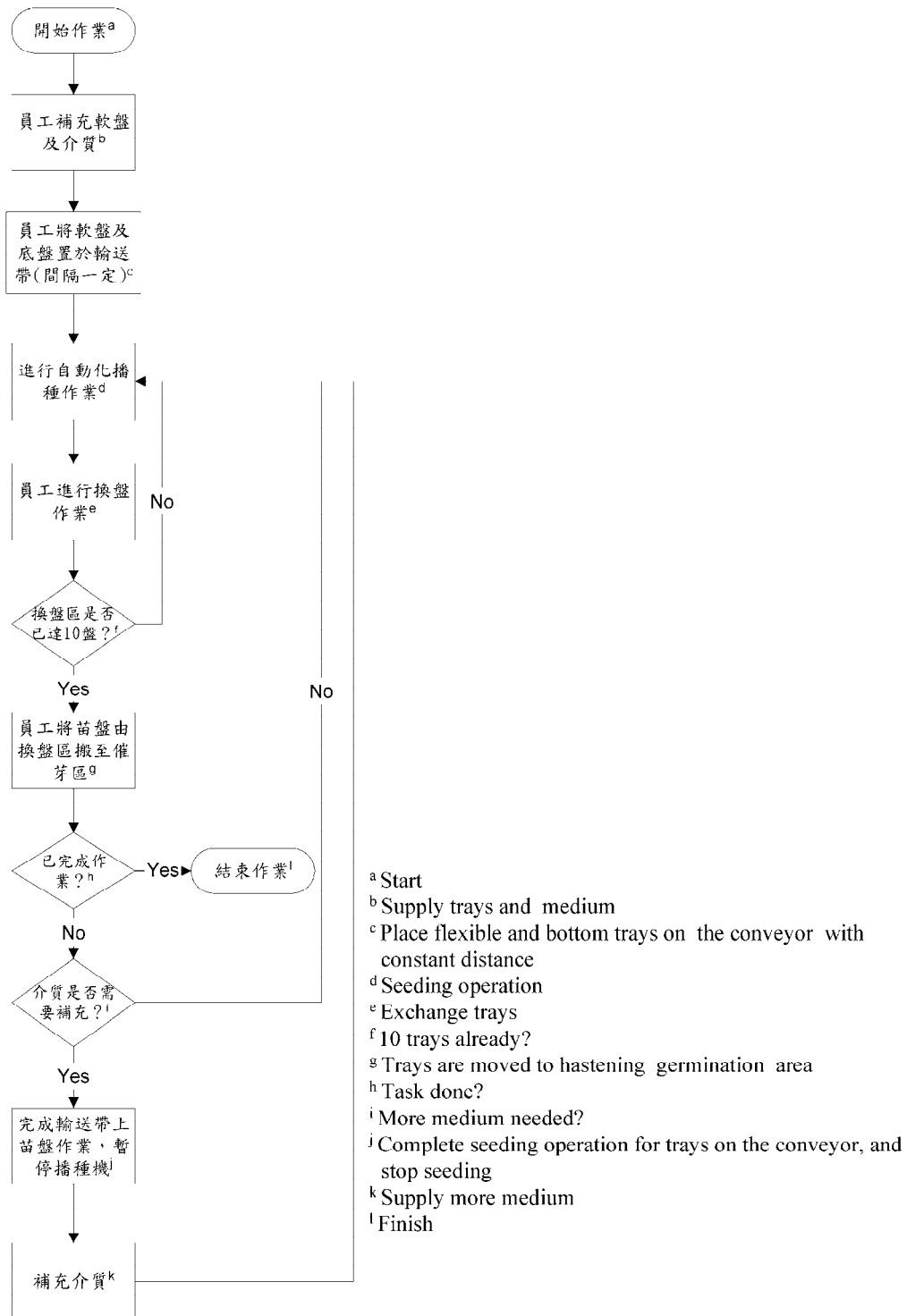


圖 7 循環式播種作業流程圖

Fig.7 Flow chart of circulative type seeding operations

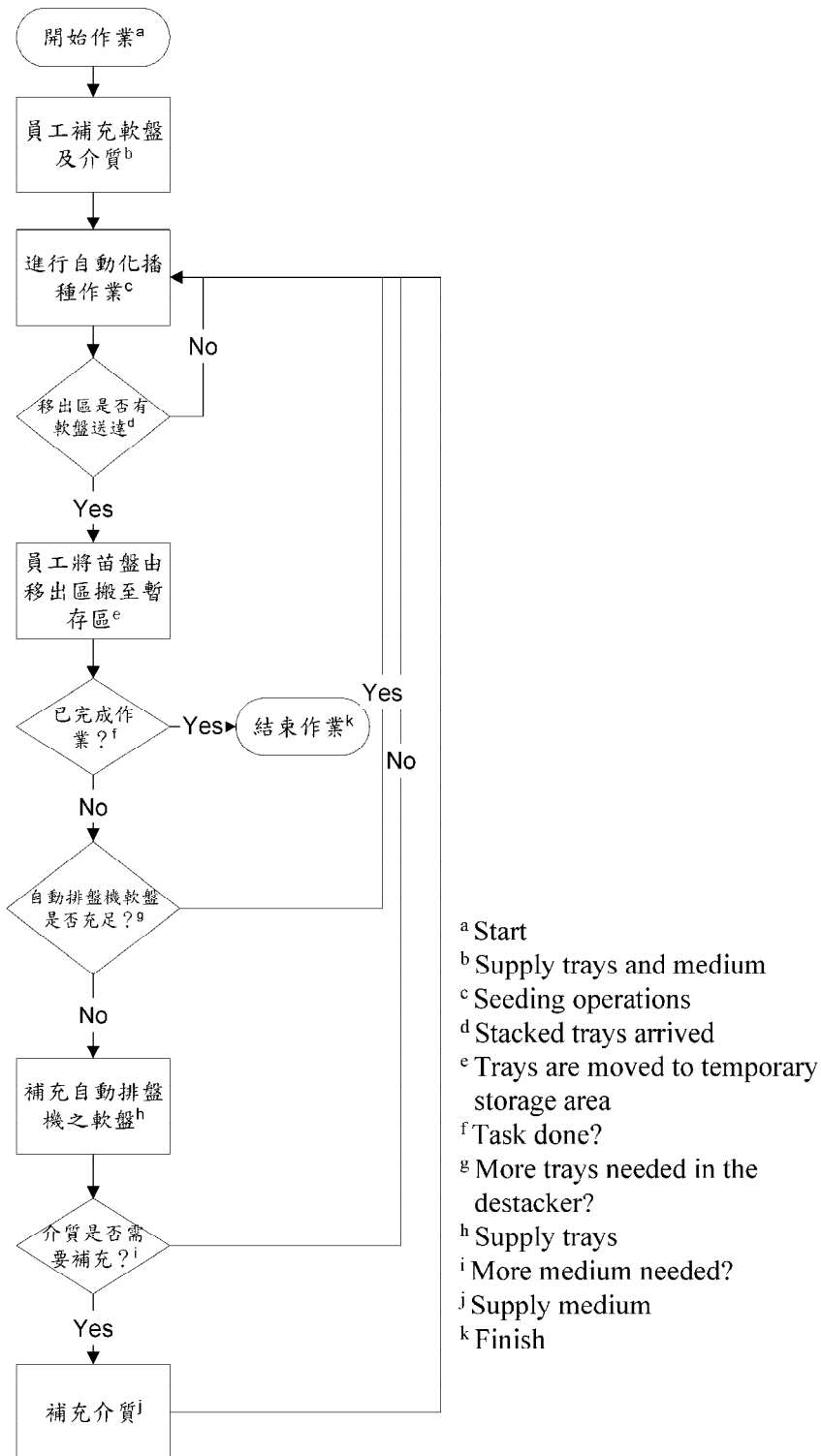


圖 8 積排式播種作業流程圖

Fig.8 Flow chart of accumulative type seeding operations

- (2)種子補充的工作，因為可一次填充 1000 盤以上所需的種子，足夠一天工作的數量。所花費的補充時間相當地短，因此將此項工作任務忽略。
- (3)底盤在工作時僅需數十盤循環使用（現況），場方通常將其置於機器旁，由於底盤的補充時間很短，因此，一樣地不予考慮。
- (4)播種作業時輸送帶上的作業盤數為 10 盤（現況）。
- (5)若員工執行換盤作業時，作業時間超過下一盤苗盤到達的時間，則強制員工加快作業速度，以跟上播種機的步調。
- (6)員工持續地執行作業，無中斷休息。

循環式播種系統作業流程圖繪於圖 7。模式中員工（一名）之工作任務包括前置作業、介質補充作業、人工換盤作業、將播種好之苗盤搬至催芽區。

2. 積排式播種系統

- (1)因機器故障極少發生，發生故障的間距和排除故障的時間不易量測，因此在模式中，假設機器在作業時並無故障情況之發生。
- (2)種子補充的工作，因為可一次填充 1000 盤以上所需的種子，亦即一天工作的數量。所花費的補充時間相當地短，因此將此項工作任務忽略。
- (3)自動排盤機排盤速度為每 22 秒一盤（現況）。
- (4)在裝填介質、播種、覆蓋介質等過程當中，

若作業時間超過下一盤苗盤到達的時間，則強制員工移除發生堆擠的苗盤，以維持播種機器順利運作。

- (5)員工持續地執行作業，無中斷休息。

積排式播種系統作業流程圖繪於圖 8。模式中員工（一名）之工作任務包括前置作業、介質補充作業、自動排盤機軟盤之補充作業、將播種好之苗盤搬至暫存區。

(二)播種作業工時資料之函式配適

在執行模擬程式時，必須將各項作業的工作時間代入模式。在本研究中，將作業現場的實測值，利用 ExpertFit 軟體尋求各項工作任務作業時間之分佈函式，以下就各個系統中的工時資料列表說明。

表 1 列出循環式播種系統各項工時資料經分析後所得之配適函數；不過，其中之「介質補充作業」，由於工時資料僅有六筆，因此在模擬程式中將其作業時間視為定值，取此六筆資料的平均值。播種系統模式中，由於機器運行速度相當穩定，穴盤由開始置放於輸送帶上至播種完成循環回原處的時間，可視為定值 170 秒。

表 2 列出積排式播種系統各項工時資料之配適函數，表 2 之「介質補充作業」與「自動排盤機軟盤之補充作業」，由於工時資料分別僅有七筆及三筆，因此在模擬程式中將其作業時間視為定值，取此資料的平均值。

表 1 循環式播種作業工時資料表
Table 1 Work time data for circulative type seeding operation

工作任務 Duty	作業單元 Unit	量測次數 Observations	Mean (sec)	Variance	Probability Function
介質補充作業 Medium Supply	1 包介質 1 pack	6	32.96	4.90	Constant
人工換盤作業 Tray Exchange	1 個軟盤 1 tray	50	7.23	2.03	Extreme Value B
搬苗盤至催芽區*	10 個苗盤 10 trays	36	9.59	2.61	Inverted Weibull

*Moving Trays to Hastening Germination Area

表 2 積排式播種作業工時資料表
Table 2 Work time data for accumulative type seeding operation

工作任務 Duty	作業單元 Unit	量測次數 Observations	Mean, sec	Variance	Probability Function
介質補充作業 Medium Supply	1 包介質 1 pack	7	32.34	4.77	Constant
自動排盤機軟盤之 補充作業 Tray Supply in Destacker	130 個軟盤 130 trays	3	22.37	1.52	Constant
搬苗盤至暫存區*	12 個苗盤 12 trays	19	13.15	9.46	Log-Logistic

*Moving Trays to Temporary Storage Area

四、結果與討論

循環式播種系統及積排式播種系統之模擬程式中，各項作業之工時依據所配適的函數，取不同亂數種子代入執行。所有的模擬皆執行十次，再將各次執行所得的模擬值加以平均，並將此平均值及其標準差分別列於本節以下所討論之各表中。

(一)循環式播種系統

表 3 列出循環式播種系統以現況的作業條件，在不同作業量時，模擬結果與實測值之比較，並列出模擬所得之員工利用率及員工加快作業之次數。由各作業量不同所造成之模擬結果差異，模擬系統熱身階段（warm-up period）長短為原因之一，由先始模擬測試及表 3 中之數據可知模擬結果已達穩態。表 3 中之「作業速度」是包

表 3 循環式播種作業現況模擬結果
Table 3 Simulation results of current circulative type seeding operation

作業量(盤) Capacity (trays)	作業速度(盤/小時) Operation Throughput (trays/hr)			員工被迫加 快作業次數*	員工利用率 Worker Utilization (%)
	模擬值 Simulation	標準差 Standard Deviation	誤差(%) Error (%)		
500	169.4	0.15	-5.9	0.7	49.4
900	178.1	0.14	-1.1	0.8	47.5
1000	169.4	0.15	-5.9	0.9	49.3
平均 Average	172.3	0.15	-4.3	0.8	48.7

*Number of times for forcing worker to catch up

註 1：作業速度之實測值為 180 盤/小時。

註 2：循環式播種作業時，輸送帶上的作業盤數為 10 盤。

Remark 1: Measured operation throughput is 180 trays/hr.

Remark 2: During circulative type seeding operation, number of trays on the conveyor is 10 trays.

含了各項資材補充及苗盤搬運作業所需之時間，而計算出之每小時實際的作業量。「誤差」、「員工利用率」分別定義於式(1)及式(2)。

$$\text{誤差} = (\text{模擬值} - \text{實測值}) / \text{實測值} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{員工利用率} = (\text{總作業時間} - \text{員工閒置時間}) / \text{總作業時間} \times 100\% \quad (2)$$

由表 3 可知模擬結果與觀測值誤差都在 6% 以內，因此判斷模式和系統的適切性是相當良好的。而員工在播種作業時，利用率不到 50%，可以想見員工的作業是相當地輕鬆。而作業的瓶頸在於換盤作業及搬運苗盤至催芽區之間所能允許之作業時間太短，因此提出兩個改善方案：

第一改善方案：增加一名工人負責搬運。

第二改善方案：將播種好之苗盤全部都先放在暫存區，待播種完成之後再行搬運。此外，亦增加同時在輸送帶上作業之穴盤數目。

以第一改善方案進行模擬的結果顯示第二名員工的作業量太低，利用率不到 5%(洪，1997)，因此判定此一方案不適合本系統。

丈量現場作業室之配置，於播種機器旁的空間（圖 2 之位置 7）仍足以存放一日作業的苗盤數量，因此，第二改善方案在場地之利用上沒有困難。表 4 為第二改善方案之模擬結果，其中逐漸增加輸送帶上同時作業的苗盤數，即縮短換盤

的間距，分析員工的利用率及播種系統的作業能力上限，模擬之作業盤數皆為 1000 盤。表 4 中「播種速度」是指若不因補充介質、軟盤等作業而停機，機器是以此一速度作業；因此較考慮了各項資材補充及苗盤搬運作業所需之時間，而計算出之「作業速度」為大。

輸送帶上同時有 16 盤苗盤在作業時，已接近鼓式播種機的播種速度上限（每小時 340 盤），但員工的利用率仍只有 70.4%。若忽略播種機播種速度的上限，假定機器可以更快速運作時，執行模擬程式以探討其結果。表 4 可知，在輸送帶上同時有 19 盤苗盤在作業時，員工的利用率為 79.6%，但是已有超過 11% 的作業必須加快動作，對於員工的精神壓力將會相當得大，推斷將會因作業不及而發生錯誤，因此不適合再增加作業的速度。

ㄅ 積排式播種系統

表 5 列出積排式播種系統以現況的作業條件下，在不同作業量時，模擬結果與實測值的比較，並列出模擬所得之員工利用率及員工移除發生堆擠的苗盤的次數。由表 5 中之數據可知模擬結果已達穩態。

由表 5 可知模擬結果與觀測值誤差都在 3% 以內，因此判斷模式和系統的適切性是相當良好的。而員工在播種作業時，利用率不到 10%，可

表 4 循環式播種系統第二改善方案模擬結果（作業量 1000 盤）

Table 4 Simulation results of the second improvement proposal for circulative type seeding operation (working capacity=1000 trays)

同時在輸送帶上 作業之盤數 Number of Trays on Conveyor	播種速度 (盤/小時) Seeding Speed (trays/hr)	作業速度(盤/小時) Operation Throughput (trays/hr)		員工利用率 Worker Utilization (%)	員工被迫加快 作業之情況* (%)
		模擬值 Simulation	標準差 Standard Deviation		
10	211.8	161.5	0.19	47.4	0.0
13	275.3	202.5	0.33	59.4	0.3
16	338.8	240.0	0.45	70.4	2.7
18	381.2	262.8	0.60	76.7	7.7
19	402.4	273.8	0.64	79.6	11.6

*Situation of forcing worker to catch up

表 5 積排式播種作業現況模擬結果
Table 5 Simulation results of current accumulative type seeding operation

作業量(盤) Capacity (trays)	作業速度(盤/小時) Operation Throughput (trays/hr)			員工移除發生堆 擠的苗盤的次數*	員工利用率 Worker Utilization (%)
	模擬值	標準差	誤差(%)		
	Simulation	Standard Deviation	Error (%)		
500	160.5	0.0012	-2.7	0	8.5
600	161.0	0.0008	-2.4	0	7.9
800	161.6	0.0003	-2.1	0	7.3
1000	162.0	0.0002	-1.8	0	8.5
平均 Average	161.3	0.0006	-2.3	0	8.1

*Number of times for fixing the problem of squeezed trays

註 1：作業速度之實測值為 165 盤/小時。

註 2：積排式播種系統之操作條件：積盤為 12 盤/疊，排盤為 22 秒/盤。

Remark 1: Measured operation throughput is 165 trays/hr.

Remark 2: Stacking of 12 trays/stack and destacking of 22 sec/tray were set during accumulative type seeding operation.

表 6 積排式播種作業現況模式下加快作業速度之模擬結果（作業量為 500 盤）
Table 6 Simulation results of accumulative type seeding operation with faster destacking speeds (working capacity = 500 trays)

自動排盤機排盤 速度(秒/盤) Destacking Speed (sec/tray)	員工移除發生堆 擠的苗盤的次數*	苗盤推擠之 發生率 Situation of Squeezed Trays (%)	員工利用率 Worker Utilization (%)	作業速度 (盤/小時) Operation Throughput (trays/hr)	播種速度 (盤/小時) Seeding Speed (trays/hr)
22	0	0	8.5	160.5	160.5
21	0	0	8.9	167.9	167.9
20	0	0	9.2	176.0	176.0
19	21	4.2	12.9	175.5	185.3

*Number of Times for Fixing the Problem of Squeezed Trays

註 1：排盤速度之實測值為 22 秒/盤。

註 2：積盤為 12 盤/疊。

Remark 1: Measured destacking speed is 22 sec/tray.

Remark 2: Stacking with 12 trays/stack.

以想見員工的作業是非常的輕鬆。表 6 則是為分析員工的利用率及播種系統的作業能力上限，藉由模擬逐漸增加自動排盤機排盤速度，即縮短苗盤作業的間距所得到之模擬結果。模擬之作業盤數皆為 500 盤。

由表 6 可知當自動排盤機排盤速度由每 22 秒一次提高為每 20 秒一次時，作業員利用率還是維持在 10% 以下，而移除發生堆擠的苗盤的次數維持 0 次，作業速度則可增加為每小時 176 盤，已接近針式播種系統的速度上限（每小時 180

盤)。當排盤速度持續提高至 19 秒/次時，作業速度會受限於針式播種機播種速度，因而在播種區（圖 4 位置 4）前會產生 21 次苗盤堆擠的狀況，此時作業員必須將發生堆擠的苗盤從輸送帶上立即移除，否則會對後續到達之苗盤造成阻塞，雖然員工的利用率提高為 12.9%，但作業速度反而會因耗工於苗盤的移除造成出貨量減少而下降。因此藉由模擬可知最佳的排盤速度為 20 秒/盤。

(三)兩種播種系統作業工時之比較

由於循環式播種系統與積排式播種系統的作業模式有所差別，因此若要將這兩個不同的系統加以比較，就必須調整系統參數使兩者有共同的基準點。表 7 即是將積排式播種系統的自動積盤機堆疊盤數由 12 盤調整為 10 盤、自動排盤機進盤速度由每 22 秒/盤改設定為每 21 秒/盤，使作業速度接近於循環式播種系統。

由表 7 可知，兩系統在作業速度接近的操作條件下，積排式播種系統之員工利用率(9.9%)遠低於循環式播種系統(49.4%)。因此若是採用積排式播種系統來進行播種作業，員工約可省去 80% 的工作量，並且因為使用了自動排盤機與積盤機，因此可在不用停機的狀況下進行介質補充、軟盤補充以及苗盤搬運等工作。

五、結 論

蔬菜自動化育苗場之播種作業分析之電腦模擬模式已建立並驗證完成，可提供育苗場規劃及改善之分析評估依據，以提升作業效率及資源之有效利用。

現行循環式播種系統作業方式員工利用率平均為 48.7%，作業速度每小時為 172 盤。若採用改善方案，即先將播種好的苗盤放置在暫存區上，播種完成後再行搬運，預測員工利用率提高至 70.4%，作業速度可達每小時 240 盤，每小時較現況之作業方式增加 66 盤之作業量。

現行積排式播種系統作業方式員工利用率平均為 8.1%，作業速度每小時為 161 盤。若將自動進盤機進盤速度由現行每 22 秒一盤增加為每 20 秒一盤，員工利用率可維持在 9.2%，作業速度提高至每小時 176 盤。

在近似的作業速度運轉下（每小時約 170 盤），積排式播種系統員工利用率為 9.9% 遠低於循環式播種系統之 49.4%，相當於節省約 80% 的工作量，因此員工在積排式播種系統作業下，將會有更充裕的時間從事介質補充等相關之育苗工作。

表 7 循環式與積排式播種系統之比較(作業量為 500 盤)

Table 7 Comparison between circulative type and accumulative type seeding systems (working capacity=500 trays)

	員工利用率 Worker Utilization (%)	作業速度(盤/小時) Operation Throughput (trays/hr)
循環式播種系統*	49.4	169.4
積排式播種系統**	9.9	167.9

*Circulative Type Seeding System

**Accumulative Type Seeding System

註 1：循環式播種作業時，輸送帶上的作業盤數為 10 盤。

註 2：積排式播種系統之操作條件：積盤為 10 盤/疊，排盤為 21 秒/盤。

Remark 1: During circulative type seeding operation, number of trays on the conveyor is 10 trays.

Remark 2: Conditions with stacking of 12 trays/stack and destacking of 22 sec/tray were set during accumulative type seeding operation.

六、誌 謝

本研究期間承蒙宜蘭大學生物機電學系邱奕志教授提供寶貴意見，工時調查承蒙吳明同、向先行、陳洵毅、余政書、黃政偉、張傑瑋等實驗室成員幫助，以及茂盛、煌智蔬菜自動化育苗場之協助，特此誌謝。

七、參考文獻

1. 邱穎峰、張森富。1987。水稻機械化作業之工時研究。農業工程學報 33 (4): 25-32。
2. 邱奕志。1998。水稻育苗作業體系之研究。博士論文。台北：國立台灣大學農業機械工程學研究所。
3. 邱穎峰、張森富。1987。水稻生產成本分析。農業工程學報 33 (4): 33-44。
4. 洪景鐘。1997。自動化蔬菜育苗作業之工程分析與模擬。碩士論文。台北：國立台灣大學農業機械工程學研究所。
5. 陳世銘等人。2000。蔬菜育苗作業自動化應用(五)。研究報告。台北：台灣大學農業機械工程學系。
6. 陳世銘。1999。穴盤育苗自動化。農業推廣手冊 48。台北：國立台灣大學農學院農業推廣委員會。
7. 陳世銘等人。1999。蔬菜育苗作業自動化應用(四)。研究報告。台北：台灣大學農業機械工程學系。
8. 陳世銘、張金發。1996。台灣蔬菜育苗自動化之發展。出自“蔬菜自動化育苗技術研討會論文集”，陳世銘主編，63-69。台北：國立台灣大學農業機械工程學系。
9. 陳世銘、張金發、馮丁樹、游俊明、呂昆忠、王大立、田秉材、張文宏。1993。蔬菜育苗作業自動化—穴盤育苗真空播種系統。農業機械學刊 2 (3): 56-64。
10. 黃萬傳、張伯文、段兆麟。1985。水稻育苗中心建立企業化經營程序之研究(二)。屏東：國立屏東農業專科學校農業經濟科。
11. Ang, A. H-S. and W. H. Tang. 1975. Probability concepts in engineering planning and design. New York: John Wiley & Sons, Inc.
12. AweSim User's Guide. 1996. Ver1.4. Indianapolis, IN, USA: Pritsker Corp.
13. Chen, L. H. and C. C. Yang. 1980. Optimum starting date for the harvest for sweet potatoes. Transactions of the ASAE 23 (2): 284-287.
14. Chen, L. H. and R. W. McClendon. 1984. Selection of planting schedule for soybeans via simulation. Transactions of the ASAE 27 (1): 29-32.
15. Chen, L. H. and R. W. McClendon. 1985. Soybean and wheat double cropping simulation model. Transactions of the ASAE 28 (1): 65-69.
16. Chiu, Y. C., D. S. Fon, and L. H. Chen. 1998. A simulation model of a seeding system for rice nursery. Journal of Agricultural Engineering Research 69:239-248.
17. Escobar, F. A., J. H. Wells and A. M. Waikar. 1991. Simulation based performance analysis of crawfish processing operations. Journal of Food Process Engineering 14:147-162.
18. ExperFit User's Guide. 1997. Tucson, Arizona, USA: Averill M. Law & Associates.
19. Pritsker, B. Alan and C. D. Pegden. 1979. Introduction to simulation and SLAM. 4th ed. West Lafayette, IN, USA: Systems Publishing Corporation.
20. Starbird, S. A. and M. Ghiassi. 1986. Simulation modeling of a multi product tomato processing plant. Transactions of the ASAE 29 (1): 324-330.

