

種苗生產自動化



行政院農業委員會種苗生產自動化技術服務團編印

傳真：(02)23627620 電話：(02)23929769

聯絡地點：台北市舟山路 136 號(台大農機系) 主編：馮丁樹

設施生產管理與 決策支援

台大農機系 方煒教授

一、生產管理

管理與勞動是兩個明顯不同的活動。管理者的主要工作為分配勞力，支配時間及運用資源；勞動者則只是單純地去執行已定案的計畫。小規模的溫室業者經常需要同時扮演管理者及勞動者的角色，他們必須在不同時機扮演不同的角色。管理不當將使投資難以回收，持續惡化亦會使人心散漫，企業將難以達成既定的營利目標。

管理者應著重心力在規劃如何分配勞力、時間及有效地運用可取得的資源，這些都必須合理平均的分配在作物生產與銷售階段。一旦溫室面積擴大，生產與銷售的作業流程將變得很複雜，同時採購材料、拓展市場、償付帳單、管理帳務甚或負責與客戶聯繫溝通等工作將佔用原本應花在作物生產與銷售上的時間。所以較大規模的企業充份的分工與授權，是相當重要的。

(一)資料記錄

栽培者若沒有做資料記錄的習慣，同樣的錯誤可能會一再的發生。在國外，溫室業者仍然需要申報所得稅

，所以大部份公司都有詳細的帳目資料可供查詢，只要多花一點心力，一組可用作成本會計（cost accounting）分析的資料就可以建立起來。成本會計是用以評估一個企業營運所需要的成本，計算包括勞力、使用資材等之開銷，並將此和一般合理的價格做一比較，如此便可預見企業擁有的整體利益。

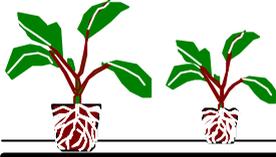
光知道企業年終淨賺多少是不夠的，某些作物的價格會因為其它作物的供不應求而提高，某些等級的鮮花或大小不同的盆栽就會對這些價格產生少許的影響，也可能其中一個銷售管道比其它都來的暢銷。瞭解上述情形有助於避免決策中不良因素的比例太高，而成本分析是個很好的分析工具，可用來比較單位生產的成本效益，這裡的單位生產指的是依作物種類，大小，產期，栽培方法等差異而有不同的生產與行銷方式。

(二)栽培記錄

栽培作物前應當先決定有那些相關資料需要在栽培過程中加以記錄，其中可能有種苗、栽培器具、栽培介質、勞力與用品等財務記錄或是栽種過程中的一般記錄。做記錄的目的有二：

1. 可作為下次栽培的參考，
2. 記取錯誤發生的原因，並在下次栽種時加以更正。

另外，栽培前的流程規畫亦不可少，如準備栽培介質、實際栽種、澆水、施肥、除蟲、捆綁固定作物、修



剪、生長調節化學藥劑之施用、摘除多餘的嫩芽、預估產期、最後的收拾工作與勞力開銷等的時段規劃，這一流程應列示在管理者辦公室，另外一份放在溫室中最明顯的地方，讓每位工人都可以見到。流程表中亦應提供管理者可運用的時間與仍待處理的作業資訊。

完成一項作業後將日期與作業人員之姓名填入流程表的既定欄位中，對還未處理到的部份是否真的要執行或有所變更也都可以在其中加以敘述。一旦定案後，即由管理者依既定目標開始監督執行。

(三) 作物生長環境記錄

第二組與栽種相關的記錄為生長環境資料，包括有溫室內外溫度、太陽輻射能、栽培介質營養物分析、葉片分析、病蟲害發生與肉眼可察覺的部份等。由溫室內溫度的記錄可得知目前是否維持在設定溫度上，一旦超過上下限溫度時會妨礙作物生長與能源浪費，此外，更可以評估室內加溫或冷卻設備的效率，檢驗其是否損壞環境資料的記錄亦可協助避免作物在不當時機成熟。溫度感測器應置於通風良好的小盒子且在溫室內各區中皆要擺設，每週的資料最好都能繪圖並按時間先後順序收在記事本內。

溫室內溫度可用以衡量溫控裝置性能的好壞，室外溫度則可反應出燃料（加熱系統）與電力消耗（通風，空調系統）的情形。室外溫度資料可以由地區的農業氣象站取得。栽培者也同時需要記錄每天的最高及最低溫度，加熱或降溫的度日數

（degree-day）與太陽能輻射大小。冬季所量測的溫度與加熱度日數可決定這一季的燃料花費，進而做來年燃

料費的參考依據。同時亦可計算出各不同作物在冬季加熱期間所各自花費的燃料費；這是做成本會計分析時的重要資訊。另外，夏季所搜集到的資料也可以同樣方式運用。夏季的太高溫度將導致作物生長障礙與品質不良，有了這些資料便可對栽培成果上不盡理想之處，提出合理的解釋，並引為來年栽培上的借鏡。

太陽輻射能資料表示到達地表面上光量的大小，由此資料可知何時光變成光合作用中的限制因子。因為一旦光線不足，提高溫度、施肥與補充二氧化碳等都將是徒勞無功，只是形成浪費而已。太陽輻射能的資料可協助業者瞭解在低光量時其它環境因子可做較低量的設定，或者可補充人工燈光以補光亮之不足。

對不同作物實施定期的根系介質試驗與葉片分析，並將資料依時間次序一一記錄，可協助找出妨礙生長的限制因子並解釋為什麼會有特優或特差的情況產生，除此之外亦可依據這些資料來建立一合理的施肥時序。

各地區的農業改良場與各大學農學院相關科系中皆有合適的專家可協助鑑定病蟲害種類與提出因應之道，業者亦可將採集的樣本送交有關單位來診斷。診斷結果也要納入記錄中，這些資料也可協助解釋不良品與低產量發生的原因。

(四) 生產記錄

管理者應該知道的第三種記錄是生產記錄。在作物的整個生產過程中要不斷做記錄，管理者定期一星期核定一次並輸入自己的記事本中。某些像大岩桐的作物以一打為單位作量測，量測其葉寬，取平均後加以記錄；



菊花則是記錄其平均高度，另外肉眼可察覺到的部份也需要記錄，包括有：形狀、葉色、葉片大小、莖的厚度與表面是否有變色或黑斑等症狀的發生等。

這類資料允許業者對前後不同批但同一種作物之栽培做比較。例如作物缺磷在生長初期並無法由肉眼加以察覺，卻可由量測其大小與正常者做比較而得知。回溯以往不良作物之症狀便能在作物生長階段及時發現而予以整治，如果再配合上栽種記錄與環境記錄就可找到不良結果的成因。通常，只要找得出原因，後續的矯治工作幾乎都不成問題。

生產記錄還應包括花朵或盆栽的收穫數目、時間、等級或品質等項目，這些資料可協助做成本會計分析。

(五)財務記錄

栽培記錄可以協助評估及改善錯誤的栽培方式，財務記錄則可協助改善一個企業的營運狀況。一般可分兩方面來記錄：

收益：針對不同作物的收入做記錄，項目應該包括出售日期、銷售點與售價。此些資料可協助針對各季之收益，各銷售點及售價做進一步評估。

支出：和作物生產與銷售有關的成本都要納入考量，每筆資料都應以單位作物或單位面積的金額計算。

切花、盆花之種子、苗、盆、穴盤、介質等與栽培、除芽、運送等勞力的支出皆會依作物種類與栽培量多寡而不同，稱之為變動成本。相對則為固定成本，不管是否栽種作物都需有此項支出者稱之，如房屋、設備貸款的利息、稅金、保險金與員工薪資等。另外介於這兩者之間的稱之為半

固定成本，係隨著產量的增加而增加，但並非成線性正相關，如燃料、電力與低層管理費用（僱工階層人員）等都屬半固定成本。

變動成本在成本分析上是很敏感的部份；某項支出到底應被視為變動、固定或半固定成本，通常看此項支出的金額是如何地被記錄。譬如，以每週工作總時數來計算勞力支出，則多半只能視為半固定成本，而如果是針對不同作物栽培所需的總時數記錄時，則可視為變動成本，因為單位生產所需的勞力支出為可求。

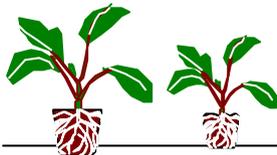
勞力的支出若屬前者採半固定成本方式計算，則應除以總生產面積，以求得單位面積的勞力支出，此時與作物的種類便較不相關。採用後者以變動成本方式計算勞力支出為較佳的方式，因為此法可精確地算出各不同作物在不同生長階段對勞力的需求。

勞力支出成本可進一步依作業方式來分類，Grimmer（1975）在其溫室成本會計手冊中將勞力支出項目分成49類（表1）。每一位作業員在一天結束工作後需填表2，以確認一天中在各作物間的工作時數與作業項目，管理者再進一步確認之。有了此表，每種作物的每項勞力支出就可以計算。

這種變動成本的記錄允許在同一作物間的不同作業方式比較，譬如以人工方式或施以化學藥劑來摘心，在二者間做一比較。此資料亦可找出在各項支出中何者為大宗，業者可據此而進一步尋求改善之道。

表 1 溫室業務中勞力作業代碼

與作物栽培相關之勞力 （作物及作業員相關）		與作物栽培無關之勞力 （作業員相關）	
1	繁殖	50	建築之維修
2	播種	51	溫室之維修



3	嫁接	52	植台之維修
4	移植	53	蒸氣與給水系統之維修
5	介質調整	54	電氣系統之維修
6	上盆	55	鍋爐間之維修
7	植株搬運	56	機械之維修
8	植株運輸	57	貨 / 卡車之維修
9	除草	58	除去遮陰網
10	摘心	59	依訂單挑貨
11	摘芽	60	包裹
12	灑水	61	裝箱
13	土壤(介質)處理	62	上貨
14	塑膠布覆蓋	63	送貨
15	栽培容器堆疊	64	貨車運輸(廠房附近)
16	遮陰	65	鍋爐點火
17	剪枝	66	溫度控制
18	盆栽作物分級	67	庫存間
19	切花	68	實驗室
20	切花分級	69	一般其它勞工
21	施肥	70	管理
22	燻蒸	71	辦公室
23	施藥	72	新建築
24	除塵	73	地面維修
25	消毒		
26	清理		

表 2. 員工必須填寫的每日工作時間與項目列表供管理者瞭解並查驗各作物需求之勞力多寡與類型

每日工作時間與項目			
姓名:			
時間:			
日期:			
作業員	作物	時數	備註
--	--	--	--
--	--	--	--
--	--	--	--
--	--	--	--
--	--	--	--
--	--	--	--
--	--	--	--
--	--	--	--
--	--	--	--

查驗員： 核對員：

1. 固定成本

詳細記錄作物的每一項支出是非常重要的，但是通常不容易做到。取折

舊、利息、維修、稅金與保險金等五大項，本省則無稅金一項，保險金通常也很少涉及，但應鼓勵加入考量。以下簡述前三者、最末者與其它：

折舊：折舊是指將建築物、車輛或機器等初始投資分配給使用中的各年，為成本分析中必要的做法。如果一棟玻璃溫室設計成可使用 20 年，年折舊成本是將初始建構成本除以 20 年去計算（直線計算法），將此成本轉嫁至溫室內栽培的作物上，由溫室內逐年栽培的各種作物去分擔初始成本為一合理的分析方式。若溫室貸款最長只可達 10 年，則每年償還的貸款量為折舊量的兩倍。

折舊所涉及的金額並不是一筆可用來日後購買替代設備或機械等的儲備金，而是一開始已花在建築、設備等項目上的金額，在歐美農業收入仍需繳交所得稅的國家中，折舊成本可在收益中扣除以降低應抽稅之淨收益。欲汰換舊有設備，則其儲備金應另行準備。

利息：利息為開創或維持一個公司營運所投注資本後所短缺的一筆入帳。因為若不做此投資，則初始成本可放在銀行生利息或做其它用途。所以這份短缺的入帳應可視為管理的一項支出，此謂之「機會成本」。所有由貸款衍生的利息也都需視為一項支出。

設備與儀器的定期維修保養費：定期的維護保養是絕對必要的；若發生故障，及時的修理也是一項必要的支出，應予以考慮。

建築、儀器與設備的保險：本項目不含勞工保險，但也是一項固定成本。此類保險，在本省農業界並不盛行。工業生產的工廠通常有各種保險，包括財產險與火險等，農業生產的設



施則少提及相關的保險，但衡量初始投資金額的多寡與使用年限等，高投資的農企業也應開始考慮此類保險。

其它的固定開銷：包括管理者薪資，會計師、工程顧問的服務費，參加技術會議或一般商務會議的旅費，參予組織的會費，捐款，員工旅遊與辦公室正常開銷等。

主人本身即為管理者時，常常沒有給自己薪水，而把薪資視為整體收益之一部份，這種作法是不符成本會計分析之理念的。業者應將付予管理者之薪資當成一項固定支出，不論此管理者是否是自己。當企業擴大時，業者應當能以合適之薪資請到適當的管理者以取代自己的管理工作，以便空出更多時間做更有效的利用。

臨時工資屬於所謂的變動成本。例如溫室擴大後，需要雇用更多的人力來作業，農忙季節中需要加雇臨時人手等。如果在栽培作物與人力需求之間能建立起一相對關係，則工資之計算便可以視為變動成本。

2. 變動成本

變動成本非常地容易辨識，只要產量增加，變動成本就會隨著增加，這包括有勞力、作物、種子與栽培相關資材如容器（盆、盤等）、栽培介質、標籤、農藥、生長調節劑及肥料等。

加熱用燃油的消耗也可以是一項變動成本，如果耗油量的記錄有依據作物分別記錄。其記錄方式可依室內溫度設定值與加熱度日數來計算各週的燃料費，再依各週內各作物之佔有面積比例來分配，依此計算各種作物之燃油消耗費用。

電力消耗量的計算和耗油量類似

，夏天的降溫設備與冬天的光週期調節與人工補光是用電的主要原因，其成本的估算，最好仿耗油量的計算方式依作物別分類。

銷售上的成本包括有包裝材料（封套、標籤與紙盒），包裝、運送及銷售人工等成本，其它與銷售相關之成本尚包括郵電費，運銷費（如輕油，車輛租金）等。

勞力支出方面已在前面敘述過，如果可能的話應該儘可能把生產與銷售所涉及的勞力視為變動成本來處理。

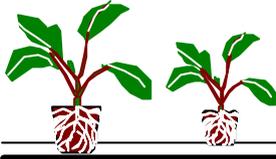
(六) 成本分析

要將生產與銷售所涉及之各項成本作一比較通常不太容易，也不太客觀，因為不同作物有不同的支出項與收入項，其大小比例不同，栽培者之栽培方式也會影響此些項目之大小。小公司可能比大的自動化生產公司花在勞力上的支出比例占較高，後者在儀器設備之投資則可能會較高。何者較佳？在未做成本分析之前是無法得出定論的。

成本分析後發現某種作物根本沒有任何收益時，便應重新檢視栽培記錄，找出造成失敗的原因諸如：決策執行錯誤、不可預期的病蟲害或是環控設施（加溫、降溫設備）的故障等。成本分析僅能協助找出問題點，但不能提供解決之道，欲解決問題仍需用栽培上著手。

1. 損益評估

檢視栽培記錄並確認無不當之部份後，下一個不可少的步驟即為成本分析。如表 3 所示為適用於各種作物的成本分析表，其主要目的在找出栽培此項作物的獲利率，更可進一步指



出支出項目及收入來源。

在美國固定成本的計算是以每平方英尺為單位，本省則習慣以坪為單位，作物方面則是看其栽種面積大小做決定，變動成本則直歸屬於作物上。收入則可分等級或來源分別計算，如切花依等級而有售價之別，不同銷售點可能售價不同，如此則收入應予以分別計算再做加總。

計算作物的獲利率時，若需保留空地以備將來作物長大移植之用，則此時空地的浪費仍需要納入此作物之固定成本的計算。針對作物做成本分析允許業者計算在一年中某一時段中何種作物之獲利率為最高。此資訊提供了業者一彈性的空間來決定何時應種何種作物以配合該時段之燃油或降溫成本上的考量，而得到較佳之規則。

這不是件容易的事，但若不經過成本分析便逕作調整生產流程，極可能發生重大錯誤而仍不自知。花壇作物與聖誕紅的輪作可使溫室空間在春秋兩季得以充份利用，但在夏季空苗區會明顯增加，因為市場需求少且兩者輪作的時間間隔太短，以致在其間無法栽培多種其它作物。如此在一年中溫室的整體空間使用率不高，在夏季之收入明顯的減少，但是固定成本還是繼續的累積。

表 3. 針對單獨一頂作物的成本分析清單，包括花費、收入淨收益或損失之金額

作物名稱 _____ 溫室區號 _____
 日期 _____

花費

- 固定與半固定成本
- 折舊(設施與機器) _____
- 利息 _____
- 維修(設施與機器) _____
- 稅金 _____

- 保險 _____
- 辦公室固定花費 _____
- 電話 _____
- 會計支出 _____
- 差旅支出 _____
- 管理者薪金 _____
- 車輛用油 _____
- 其它 _____
- 變動成本
- 種子 _____
- 一般資材 _____
- 勞工 _____
- 燃料 _____
- 電費 _____
- 廣告 _____
- 總花費 _____
- 粗收益

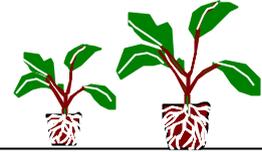
品質	單位	單價	總價
----	----	----	----
----	----	----	----
----	----	----	----
----	----	----	----

粗收益 _____
 盈餘或虧損 _____

2. 計劃提高收益

收益的多寡決定於支出與收入。有很多的方法可以提高收入，亦有很多方法可降低成本，這多半與系統的管理、作物的栽培息息相關。

以切花為例，花價隨著市場供需情況而變化，但每年中幾乎都是依循一固定模式在變化，從花市提供的資料中可得知市場的價格曲線。花卉協會一般也都可提供這些資料。溫室公司自己也都該建立這些資料。盆花的價格一般較為穩定，但一年中在需求量上的變動幅度也不少，有時後某些作物銷路相當低，有時後在需求高峰時，銷路不好者便以低價多量賣出。不管是需求量增加影響到價格或是銷售比率提高，都會增加總收入。



在不減少收益的前題下，可設計輪作使空間使用率增加。一年中生產花壇作物與聖誕紅的業者便可考慮在夏季從事聖誕紅種苗的繁殖，至秋季時種苗量多於秋季之所需便可考慮銷售部份的種苗來增加收入。秋季則維持照舊的聖誕紅栽培。如此，則空間的使用率增加，同時有了額外的夏季收入。在夏季有收入當然有支出，本規劃案可行之前提在於此收入必須大於支出才值得進行。雖然聖誕紅種苗和秋天所種的聖誕紅種類相同，在做成本分析時仍應分開計算。

溫室的生產力也可藉由空間配置的重新規劃而大幅提高，固定式縱向作物生長檯架只佔約 65 % 的溫室地面面積，固定式橫向（半島型）作物生長檯架則可提高至 72 %。前者適合切花之栽培，後者則多用於盆栽作物。活動式檯架的設計可將原先之走道面積轉變成作物生長面積，提高了空間的使用率。以整個地面為作物生長平台的系統更是提高了空間使用率。使用吊籃的栽培系統則更是使空間使用率高達 100 % 或者更多。由成本分析中可輕易得知單位面積之生產成本計算，分母加大，其值可降低。加大空間使用率是值得追求的。

生產高品質的產品亦可增加收入，消費者追求的是品質第一，品質不好者一定首先被淘汰，甚至是盆花其價格亦隨此而不同。品質較好者可有較好的價格，這在切花上最是明顯。栽培記錄中應列式出對生長有害的環境因子與流程規劃上的錯誤點。在歐美高緯度地區的溫室北面牆塗上反光物質，或白漆，定期清潔玻璃與適當的疏盆等皆可改善光照強度的問題，這在冬季的栽培作業上是非常重要的。本省全年光照充足，較不需考慮此一項。環控設備的定期保養與更新、

二氧化碳的補充、良好的衛生、改善根系排水等都可用以提昇產品品質。

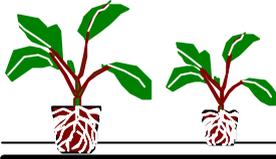
收入和銷售點的選擇息息相關，不同管道的價格可能不同，付款的速率也不相同，某些銷售點的付款速率可能相當快，很少有未清的帳務。快速的現金流通縮小了栽培者的借貸金額，也因此減少了利息的支付。業者也應該對各銷售點進行評估。

業者通常不會提高售價來增加收入，除非品質特別好或服務特別周到者其價格會稍有提高。漲價多半會降低自己的市場競爭力，所以整體言之，栽培者為市場價格的接受者而不是決定者。

增加收益的第二步為妥善管理（降低）成本，這是一項未知的挑戰，栽培者要抓得住突來的機會並時時注意隱藏的機會，一個良好的成本分析系統可以協助成本的管理工作。

賓州大學 Voigt 教授在 1974 年對聖誕紅的栽培做了詳細的成本分析，結論中提及生產 6 吋盆的聖誕紅的燃料消耗由 1972 年的每單位面積 0.06 美元增加到 1974 年的 0.125 美元，總共漲了 0.065 美元。整個業界對這一倍多的能源支出感到恐慌，認為將危及公司的營運。於是提供大筆經費供節約能源與開發新能源的研究。然而其他支出又如何呢？能源花費多支出了 0.065 美元，但是總生產與銷售成本卻增加 0.54 美元，光種苗成本的增加就遠大於能源的支出，另外每盆的勞力支出亦增加了 0.07 美元。

能源價格的提高對業者的生產成本有影響，但這不是唯一的問題，在勞力、市場銷售上的支出與栽培所需資材的供應等都要特別注意，因為這



些項目都是總成本中佔比例較高的支出且其增加速率也很快。

大量定貨通常可享有折扣優待，如此可減少供應成本。一般供應商（供應種子、農藥、肥料與花盆等）的抱怨即是業者有需要時才訂貨，所以供應商無法提供 5-15 % 的折扣。如果能大量訂貨，則供應商可直接由製造商出貨，如此可免去額外的貨物儲存與保管費用，也只有如此才有降價的空間。

比沒有折扣更糟的是一些附加的運費，小量訂單需要一筆運費，訂貨量稍為提高，可能運費不變，如此，則單位量的運輸成本便可降低，整車裝滿時的單位運費會比半車時低，貨運費用的考量在降低成本上是相當重要的一項，不過常常被忽略了。

現金折扣的付款方式也常被忽略，20 天內付款，給予 2 % 的折扣絕對比一年償付 36 % 的利息好。

(七) 電腦輔助管理

大多數業者相信都能同意本文中提及各項記錄的重要性，但是很少業者能真正落實去執行。設計並建立一套適當的資料記錄系統是不容易的，資料的登錄與維護更需花費大量的時間。但是投入的精力與時間隨著電腦科技的發展，此方面的工作負荷可大量的減輕。前面所提的栽培、作物環境、生產量與財務記錄可在任一時刻輸入電腦，而不再依賴人工紙上作業。吾人可透過簡單的操作去找到任何一筆記錄，或是去比較諸如盆栽菊花與大岩桐的生產成本，一年中記錄的任何資料可立即檢索，其它像計算各年平均、以單盆或單位面積為栽種單位的成本估算都可藉由一些簡單的指

令加以完成。資料可有表格或圖形兩種表現方式。整體言之，資料的分析變得相當簡易，可協助決策者很快地做出決定。

更進一步，在栽種前可將作業項目與空間配置輸入電腦，得出生產流程規劃參考，可將不用的空間標示出來作為栽培種作物或其它用途，同時可計算在各階段的人力需求，以方便事先安排。

以上所述各種記錄、分析方法、圖表顯示與結果之判讀等可整合成一「決策支援資訊系統」以協助業者改善栽培方法，提高工作效率，降低生產成本，增加收益。整體言之，提高其市場競爭力。在溫室管理電腦化尚未普及的今日本省，早一步利用此利器者其成功的機率愈大，當愈來愈多人使用時，先用的優勢也就逐漸消失，其終將會成為維持競爭力的必備工具。在不久的將來，溫室業者將使用兩套電腦系統，其一用在環控，另一則必用在管理。

本省溫室企業的發展雖離此目標仍有一段距離，但荷蘭、美國與日本等先進國家，使用電腦的管理系統已是提昇競爭力的必需作法，我們能不迎頭趕上嗎？

二、決策支援

溫室是由許多相關組件所組合的一複雜系統，其實體組件包括建築結構、作物生長設施、物料運搬設備、環境調節設備、環境監控儀器及資料處理設備等；其操作組件則包括涉及的勞力、環控的策略，以至於設計、分析與管理上相關的各種作業。是否能夠將此一複雜體內各相關組件作一良好的整合以因應外來的需求與刺激



，譬若：天候、市場、社會、經濟、政策等，將是此企業成敗的關鍵。新科技的引進使每一組件均有更多的可行選擇，組件間的相互關係也更形複雜，譬若新的結構資材、先進的環控技術與策略、改良的作物栽培方式、省工的運搬系統、省空間的內部配置方式等，引進某項新的實體組件或採行某種新的操作組件將連帶影響整個溫室系統。

溫室系統的複雜程度取決於其操作的目標。欲保證所有組件的相容及整個系統的可行，以著眼於整體系統的眼光來研究整個溫室是非常重要的 (Giacomelli et al., 1990 and 1989)。以工程化的眼光來看，系統設計及管理的第一步是識別可行的系統並進而決定最佳的系統。所謂可行的系統乃指一系統能滿足所有的限制並允許所有給定的工作能順利完成，最佳系統自可行系統中產生，其具備最佳的目標函數值。

溫室生產比傳統露地栽培需要更多的單位面積投資成本，是以吾人預期能有更高的回收。整合溫室生產系統涉及複雜的設計、規劃與操作，在其間必須作許多不同的決定。欲有正確的決定，首先需要有適當的資訊，完整的資訊需要來自不同的來源，以溫室生產系統為例，我們需要工程、園藝、作業研究、電腦、統計等方面的知識，再者，具溫室內實際工作多年的經驗更是有價值。

溫室，這一複雜體，從設計、規劃、運作到管理，每一層面的工作均充滿著挑戰，管理者不斷的要面對不同的大小問題，就像打仗一般，其涉及的決策問題鉅細靡遺，包括每日、每週工作中涉及的近程（操作上的，OPERATIONAL）決策，每月、每季

工作中涉及的中程（戰術上的，TACTICAL）決策，以及每年甚至數年之內涉及的遠程（戰略上的，STRATEGICAL）決策。

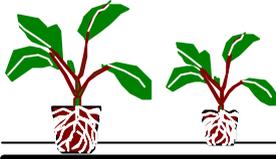
傳統上決策者所依循的是個人的經驗與智慧以針對各種不同的個案來作決定。在邁向二十一世紀、電腦大肆普及的今日，經驗與智慧仍是最重要的。借助電腦的大量記憶空間與快速的運算能力，決策支援資訊系統的建立就像是提供給決策者一個工具箱以協助決策者行資料蒐集、數據運算並進而分析、歸納，將資料與數據轉化為可用之知識以支援決策者作出合宜的決定。

鑑於吾人了解到在溫室生產系統中不論設計、規劃或操作均需具備足夠的有用的知識，我們發展了一套決策支援的電腦軟體。決策支援乃是蒐集、存取有用的資訊，加以分析，並予以解釋以幫助決策者作決定。決策支援資訊系統即是決策者所依據的除經驗之外的一有用的工具箱。

(一) 決策者常面對之問題

1. 設施、結構方面

溫室之方位是應採東西向或南北向？建築之型式是應採多座單棟或連棟？其結構是應採三角屋頂，圓弧頂，或其它型式譬若太子樓型？建築之被覆資材是應採玻璃或塑膠？若採用塑膠，應採用軟質的塑膠膜或硬質的塑膠板譬若玻璃纖維浪板？採用的被覆資材為單層或雙層？若為單層，其材質為何？若為雙層，其內外材質各為何？內外材質互換之影響為何？在雙層之內是否保持充氣狀態？各種材質之內是否有加入添料，其對該資材之光學與熱學性質之影響為何？是否能延長



使用壽命？是否使用遮蔭布幕（網）？其質料為何？安裝於室內或室外？所有資材之成本與使用壽命為何？

2. 環控方面（加熱）

整個溫室之熱負荷為何？鍋爐尺寸為何？加熱設備管線之安排為何？熱能之供給是由線而面或由點而面？前者係指安裝加熱管，後者則只有在單點或多點擺上加熱器。加熱管的安裝可在頂上屋簷下、地上台架上、地上台架下或埋於地底。加熱管之資材及相關之工作流體皆可有多種選擇，常見的資材包括通以熱風的大型多孔塑膠膜管或通以熱水或蒸氣的金屬或耐熱塑膠管。金屬管尚有有翅無翅（fin）之別，前者可提供較多熱量但也較貴。加熱系統中可使用之燃料種類也頗多，譬若：煤、油、天然氣、木柴、太陽能等，使用何者最經濟？若有其它熱源可利用譬若發電廠流放之廢熱、地熱、沼氣等，因此而改裝部份系統是否可行？是否需要保溫蓄熱布幕，其材質以何種最適合？各項設備之成本及壽命各為何？

3. 環控方面（降溫）

整個溫室之冷卻負荷（Cooling Load）為何？可行之降溫方法為何：遮蔭、通風、冷卻或多種併用？遮蔭布幕（網）要架在室內或室外？通風方式採自然或強制通風？若為自然通風，窗戶之大小、位置要如何安排？若為強制通風，除窗戶大小、位置之考慮外，尚需慮及風機馬力，溫室系統靜壓降等因素。若窗戶內有安裝防蟲網，則視網目大小影響系統靜壓降之程度，風機馬力亦應作對應之增加。若溫室內欲安裝蒸發冷卻設備，其應採風機濕簾式（fan and pad）或風機水珠式

（fan and mist）。濕簾之尺寸，供水之速度，水珠之顆粒大小，噴頭之水壓各應為若干？各項設備之成本及壽命各為何？

4. 環控方面（增、減濕）

與升、降溫環控之相互關係為何？何時該增濕？何時該減濕？空氣濕度與作物之氣孔開合與根部之吸水有何因果關係？濕度與病蟲害滋生之因果關係又為何？使用何種設備又經濟又實用？

5. 環控方面（人工補光）

溫室內安裝人工補光之用途為何？係補日照之不足、作產期之調節、或二者兼而有之？其主要針對何種作物？使用何種燈光：燈泡、日光燈、高壓鹵素燈（HPS）或其它？安裝方法為何？高度、間距是否適當？應如何使用：一年中照那幾個月？一天中照那幾個小時？光照強度為何？電費為何？經濟效益為何？設備之成本及壽命為何？其与其它設備、結構之配合，對微氣候之影響各為何？

6. 環控方面（二氧化碳）

何種作物最需要？何時最需：凌晨、正午、黃昏？產生方法為何：燃燒、液態二氧化碳、其它？使用方法為何：一日中補充那幾個小時？最適濃度為何？与其它設備譬若燈光之配合，對微氣候之影響各為何？設備之成本及壽命為何？經濟效益為何？

7. 環控方面（養液）

作物所需之最適養液為何？如何控制？控制那些項目？除了營養液的濃度、供給頻率及時間、溶液之酸鹼



值 (pH)、電導度 (EC) 及溫度等基本要項之外，還需注意甚麼？感測器又應如何選擇？又，在環保意識抬頭的今日，養液的循環使用為時勢之所趨，如何才能設計一個真正無外洩之封閉系統？

前述各環境調節設備包括升/降溫，增/減濕，照明/遮蔭，二氧化碳，養液等之控制方式為何？採用單段或多段的 on/off 控制方式或採用其它如 PI, PD, 或 PID 等控制理論？控制策略係採透過環境與作物生長模式演算模擬的預授、純粹靠感測器的回授、二者整合的預授加回授或其它有專家系統輔助的方式？

8. 內部配置與物料運搬方面

內部配置包括工作、作物生長及走道區應如何安排？生長區之配置：一行一走道、多行一走道或無走道？作物之安置：置於地上或台架上？台架採固定式或可移動式？尺寸規格為何？若採可移動式台架，是否只可作近距離或亦允許遠距離之移動？只可作近距離移動者：左右移或前後移？何者之土地使用率較高，溫室中允許之工作地點為何：工作區、生長區、走道區或多處？作物運搬方式與運搬設備為何？經由甚麼途徑運輸？如何才最有效率？欲增加新設備是考慮買或租？那些作業可以自動化或機械化？自動化或機械化應該到甚麼程度較適當？

9. 勞力方面

一年之中何時最需勞工？甚麼作物最需勞力？投資新機器以節省勞力是否划算？應雇用固定人數的勞工或採彈性雇用方式？工人應具有那些技術、應施予甚麼訓練？勞工之薪資佔全操作成本之若干？如何安排可用的勞

力使達最高的使用效率？

10. 作物方面

生產成本、售價各為何？稍有升降之影響？甚麼作物之經濟價值最高？如何計算？從種籽種起、或買進種苗，何者划算？改變栽培方式之影響為何？何種栽培方式較佳？如何降低生產成本？如何提高作物品質、一致性及產量？甚麼作物最耗工？如何計算？甚麼作物最佔空間？如何計算？甚麼作物最耗時？如何計算？可承受之最高損失率為若干？一年內所應種植之作物種類為何？選擇種植之作物應種多少為最佳？

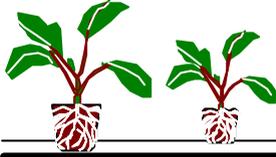
(二) 決策支援資訊系統之模組化結構

欲回答前述各種問題，吾人從以下五大方向著手，包括：

1. 結構 / 環控 (Structure/ Environment Control)
2. 作物生產 (Crop Production) 內部配置 / 物料運搬 (Layout Design/Material Handling)
3. 勞力使用 / 資源分配 (Labor utilization/Resource Allocation) 及
4. 工程經濟 (Engineering Economics)

本節的主旨在介紹筆者於過去數年內在前述五大方向上所發展的溫室決策支援資訊系統。此系統以模組化的方式整合。本節將依此五大方向簡介各相關模組的功能及其內涵，模組間的互動關係以及組合部份模組以因應各不同個案的“問題導向”觀念。

依上述五大方向發展的決策支援資訊系統以模組化的方式組成；從功



能上區分可再分為資訊性模組及功能性模組。茲說明如下：

1. 資訊性模組

包括作物資料庫，設備與運搬工時資料庫及內部配置（Layout）模組。作物資料庫提供不同作物之相關資訊，如生產所需之材料及能源成本、不同時期所需之空間及工人數，以及所預測之利潤等。設備與運搬工時資料庫，提供不同設備與不同組合之運搬相關資訊；另外尚有程式以協助使用者決定如何選擇不同的機械設備。配置模組提供使用者一有用的工具以決定在給定尺寸的一個或多個溫室中使用何種尺寸的檯架(bench)為最佳。此模組同時提出一個簡便的編碼方式將不同的溫室內部配置情形予以量化表示 (Fang, et al., 1992a)。

2. 功能性模組

包括使用者界面程式模組，模擬模組，最佳化模組，工程設計模組及經濟效益分析模組。所謂使用者界面程式模組即指處理各資料庫之模組程式，譬如作物模組程式則允許使用者進入相關之資料庫，以計算各種作物在不同時期下，其所需之空間、時間與勞動人力。同時並可執行邊際利潤之運算以及準備未來進行最佳化過程中，其所需之生產時間表檔案。

模擬模組可用來研究溫室內部物料運搬的情形、勞工、設備與配置的關係等。運搬的瓶頸可在電腦螢幕上實際看到，各系統參考的統計分析結果，譬如工作人員及機器的使用率，工人工作時間，機器是否待工，總共操作時間等諸多涉及的因子，皆能加以記錄，分析並直接顯示在螢幕上，由這些獲得的資料吾人能夠對機器、

工作人員以及溫室內部配置情形的相互關係作進一步的研究 (Fang, et al., 1990b)。

最佳化模組程式(Fang, et al.,1990a)之主要功能則有：

1. 執行個案研究，亦即決定一個生產計劃之可行性；
2. 解決最佳化之問題，亦即決定在最大利潤狀況下，需生產之作物數量。

一個生產系統之可行性是以檢驗其是否滿足限制條件為基準。經過最佳化之運算可找出可行之最佳方案。最佳化之目標即在於如何使一年為週期之生產能獲得最大利潤。

工程設計模組主要針對各個個案之研究 (Fang, 1989, Ting, et al., 1990, Ting and Fang, 1991)，包括：

1. 溫室加熱、通風系統之設計；
2. 以機器手行種苗移植工作區間之規劃與設計；
3. 溫室內部配置規劃與使用可移動式台架之最佳規格設計；
4. 相變材料在溫室環控之利用，可行性評估與模擬等。

工程經濟模組則具有以下之功能 (Ting, et al., 1989)：

1. 就現有之溫室設備或未來提出之計畫作個案分析；
2. 對選擇性之作業進行敏感度分析；
3. 就輸入之某特定參數在特定範圍下，進行其影響分析；
4. 使投資之風險分析更為容易；
5. 可與其它技術性模式，如作物生產系統、環境控制、溫室之自動化與機械化等合併研究；
6. 在系統之最佳化過程中，可提供一種估算目標函數之量化方法。



(三) 模組整合

前已提及溫室決策者所面對的問題其涉及之層面是既廣且深，欲發展單一程式以解決所有疑問殊屬不可能。是以本決策支援資訊系統之發展係以問題為導向；各相關模組可以併用以因應各不同個案。與溫室內部配置相關之模組可用來規劃內部配置以期空間利用率達最高，運搬路徑為最短，作業環境為最安全。作物相關資料庫及模組不僅存有基本資料更可用來進行成本分析。內部配置與運搬設備相關模組可用來進行勞力使用規劃務期人力資源之使用為最有效率。將內部配置、運搬設備與作物相關模組連結，即可用來研究整個溫室相關之內部作業情形。吾人可模擬其內部之物料運搬情形，規劃人力及其它資源之配置，短程之每日操作、中程之每週、每月作業、以致於長程之每年規劃等，皆可透過各相關模組之組合來達成。投資報酬的分析更是重要的一環，無論是栽培方法的更改，作物栽培成本、售價之波折，能源種類之更換，不同被覆資材，不同環控或運搬設備等，儘管此些變動通常是牽一髮而動全身，吾人可使用工程經濟分析模組配合相關的技術性模組來分析此些變動對整體的溫室系統而言其影響為何，此些變動是否可行？是否不可避免、如何因應？風險為何？貸款是否可行？可接受的利率為何？凡此種種皆可由使用組合的模組來求得答案。

(四) 應用實例 - 溫室生產所需資源的最佳配置

方等人 (1990a) 研究如何使溫室作物生產系統在有限的資源下達到最佳的經濟效益。在此所謂有限的資源包括作物生產時間表、溫室內可用的

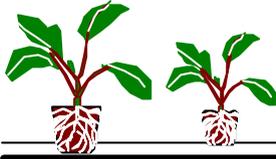
生產空間、可用的人力、可用的活動資金以及市場之容量。欲求得最佳配置，所需之決策支援包括作物資料庫、使用者界面以及最佳化模組。資料庫中收集了 34 種溫室常見盆栽作物所需的資源及操作成本，決策者可透過使用者界面輸入或修改適當之值並計算各作物的總支出、總收益、以及生產邊際值 (growth margin) 等。生產邊際值是該作物在溫室中佔 1 m² 的空間停留 1 週時間的總回收值 (\$/m²/週)，此值可作為一初始指標以決定各作物的經濟效益。決策者可再使用最佳化程式模組首先決定某生產計劃的可行性再決定該年內各作物的產量以達最大利益。

三、結論

這是個資訊的時代，然而資訊需要經過處理才能成為知識，光資訊並不足以成事。事實上太多未經處理的資訊反而容易造成困擾。良好的資訊來源配合有效的處理、運用，將能對決策分析者有很大的助益。近年來，社會、經濟與科技的發展使得環控農業變得更複雜。就溫室而言，是否有整體化的設計與管理變得非常的重要，這常常是其企業成敗的關鍵。由於某部分的改變通常會影響到其他部份，正所謂牽一髮而動全身，是以一定要應用系統分析的技術以整體的眼光來處理相關資訊以求得某問題的改善或解決。

本節所介紹之決策支援資訊系統的應用，可簡單歸納為以下數點：

1. 可作為資訊之來源：各資料庫儲存了大量的資料，可隨時提供諮詢；
2. 可作為建立規劃、設計所需藍圖之依據；



3. 可提供各相關作業之操作指南；
4. 可對某投資案或任何有別於前之作業方式進行可行性評估；
5. 可作為研究 / 教學 / 訓練之絕佳工具。

電腦的應用已日益普及，由於其具備大量儲存資訊並作快速計算的能力使得其成為針對大型、複雜的系統作系統分析的最佳工具，這也是我們發展決策支援資訊系統的理念。剩下的挑戰應是如何將此決策支援資訊系統交（教）給使用者以及教導使用者如何求得各模組所需的基本資料。畢竟此決策支援資訊系統採用的基本資料為荷蘭及美國的研究成果。軟體的架構可以不變，但欲求適用於本省，本土的基本資料是絕對必要的。

參考文獻

1. 方煒, G.A. Giacomelli. 1993. 大面積溫室物流系統之最佳化設計要則。農業機械學刊第 2 卷第 2 期, P1:14。
2. 方煒, 丁冠中。 1993. 大面積溫室物流系統設計與勞力規劃決策支援。農業機械學刊第 2 卷第 2 期, P15:26。
3. Buchwald, H.H., 1987. A simulation model for planning and control of the potted plant production. Acta Horticulturae. 203:39-48.
4. Fang, W. 1989. Strategic planning through modeling of greenhouse production systems. Ph.D. Dissertation, Biological and Agricultural Engineering Dept., Rutgers University, New Brunswick, NJ, U.S.A.
5. Fang W., K.C. Ting and G.A. Giacomelli. 1990a. Animated simulation of greenhouse internal transport using SIMAN/CINEMA. Transactions of the ASAE 33(1):336-340.
6. Fang, W., K.C. Ting and G.A. Giacomelli. 1990b. Optimizing resource allocation for greenhouse potted plant production. Transactions of the ASAE 33(4):1377-1382.
7. Fang, W., K.C. Ting and G.A. Giacomelli. 1992. Computer Software development for Greenhouse design and management. 4th International Conference on Computers in Agricultural Extension Programs. ASAE publication 1-92: 274-279.
8. Giacomelli, G.A., van Weel P.A. and van der Shilden M. 1987. Expert systems development for greenhouse potted plant production. ASAE Paper No. 87-5012, St. Joseph, MI:ASAE.
9. Giacomelli, G.A., W. Fang, K.C. Ting and P.A. van Weel. 1990. Behavior of internal transport system for potted plant production. The XXIII International Horticultural Congress, Firenze, Italy, August 27-September 1, Abstract No. 2343.
10. Giniger, M.S., R.J. McAvoy, G.A. Giacomelli and H.W. Janes. 1988. Computer simulation of a single truss tomato cropping system. Transactions of the ASAE 31(4):1176-1179.
11. McAvoy, R.J. and G.A. Giacomelli. 1985. Greenhouse tomato production in a transportable, potted plant cropping system. Presented at the Symposium on Mechanization, ISHS, Bonn, Germany, May 1985.
12. Ting, K.C., J. Dijkstra, W. Fang and M. Giniger. 1989. Engineering economy of controlled environment for greenhouse production. Transactions of the ASAE 32(3):1018-1022.
13. Ting, K.C., W. Fang and G.A. Giacomelli. 1991. Decision support for integrated greenhouse production systems. Horticulture - New Technologies and Applications, Proceedings of the International Seminar on New Frontiers in Horticulture, J. Prakash and R.L.M. Pierik (eds), Kluwer Academic, Dordrecht, the Netherlands: 293-298.

種苗生產自動化技術通訊

第三期 98005 號

出版：種苗生產自動化技術服務團

總編輯：馮丁樹（團長）

主編：陳世銘（副團長）、方煒（秘書）

編輯委員：李廣武、李蒼郎、林明仁、林達德、黃洋宮、張金發、彭添松。

發行機關：國立台灣大學農業機械工程學系

地址：台北市舟山路 136 號

電話：(02)2392-9769

傳真：(02)2362-7620

