國立勤益科技大學工業工程與管理系

_____學年度實務專題競賽

以系統動力學進行番茄參數研究

摘要

本專題研究主要是觀察種植番茄時影響番茄生長的變數，找出變數後改善並提升番茄栽種時的存活率。首先我們利用 Minitab 進行田口分析確定每個因子的最佳水準，然後找出最佳因子水準組合，用最佳因子水準組合進行批量生產，觀察存活率後發現扦插存活率較低，並決定繪製 IQC、QC 來提升原物料品質與製程。最後根據我們繪製的 IQC、QC 和系統動力圖，改善問題、重新扦插，觀察是否比上次實驗的存活率高。

同時，我們也參考種植番茄所需的人員、物料、設備來進行 BEP 損益點分析並評估此產品的市場潛力和制定合理的價格策略。

關鍵字：番茄扦插、田口方法、Minitab、損益平衡 BEP、系統動力學。

1. 緒論

1.1. 研究背景

台灣在 1970 年前多種植大番茄，直到人民對蔬菜水果的品質有所提升後，才慢慢開始有農民種植小番茄，而當時種植的番茄甜度低、口感也偏酸，到了 1989 年開始推出聖女品種，因甜度高口感佳，廣受人民喜愛，而農民也因此大量栽種，到了 2005 年栽種面積甚至接近 1200 公頃。

相較其他水果番茄是個容易種植的水果，而栽種者也看中了此商機開始對番茄本身有更高的要求除了品質、甜度、口感，為了能讓番茄生長成功率更高還研究出防治病蟲害的方法以及耐熱的品種。

如今台灣小番茄的品種多樣，農業試驗所仍不斷的努力要培育出更好的番茄，2024 年 3 月農業部農業試驗所公布歷時 8 年培育出「台農 2 號-糖馨」，此品種具高耐熱性、皮薄、甜度佳等特性預計今年秋天就有種苗供農名種植，而這也開啟了番茄新世界的大門。

1.2. 研究動機

選擇農作物有關的專題是因為我們組覺得這個主題很特別與以往做的商業類型主題大不相同，更多的是實作的趣味與體驗。

台灣為一年四季皆生產多種水果的國家，被稱作「水果王國」，因此我們在種植作物時比起其它氣候和地勢不耐生長水果的國家更為優勢也比較好栽種，身為在地人有這樣的機會，因此便想更深入了解相關知識和體驗務農的辛苦。

系統動力學是一種注重動態過程的研究方法，可以透過各種變因來找出影響其環環相扣的因子並進行改善與調整，而為了找出讓番茄生長更好更快的肥料組合，我們會使用 Minitab 進行田口分析來計算出最適生產組合，並繪製進料管制 IQC 以及品質管制 QC 來增加植株存活率。

1.3. 研究目的

1. 番茄培育過程當中運用田口方法找出最佳因子水準。
2. 使用最佳因子水準進行生產，並根據進料管制和品質管制來提高植株存活率以及標準化作業流程。
3. 使用系統動力學觀察並描述影響番茄扦插存活率的變數。

1.4.研究流程

1. 實驗介質的選擇

- 蛭石：因為孔隙多，能夠保持透氣及保留養分和水分
- 珍珠岩：顆粒大且不吸水，可以幫助透氣、排水，避免爛根
- 泥炭土：能夠保留水分，幫助根部吸水

2. 實驗流程圖

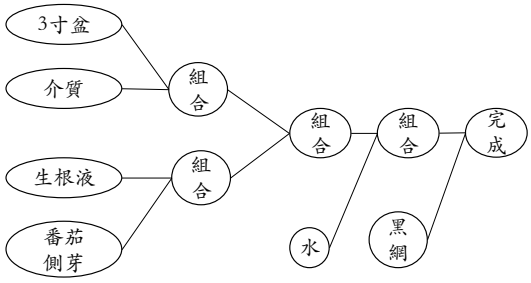


圖 1 扦插實驗 PERT 圖

3. 研究流程

(1)蒐集相關文獻以了解番茄種植、品種、病蟲害等。

(2)用田口方法找出生長最快的是哪一個四因子兩水準的組合。

(3)四因子兩水準中有兩個中為不顯著因子，依照數據顯示將會有兩種較好的組合，因此上下比對後再進行一次田口，此次採用三因子兩水準的方法進行田口設計並得出最佳水準組合。

(4)使用最佳水準組合批量生產，觀察植株存活率和死亡的原因。
(5)繪製系統動力學圖並改善培育番茄過程中影響番茄生長的變因。
(6)引進進料管制 IQC 和品質管制 QC 進行分析。
(7)使用進料管制 IQC 和品質管制 QC 的做法以及標準化我們的作業流程來提升改善植株存活率和原物料品質。
(8)再次繪製系統動力學圖觀察實際成過是否符合預期。

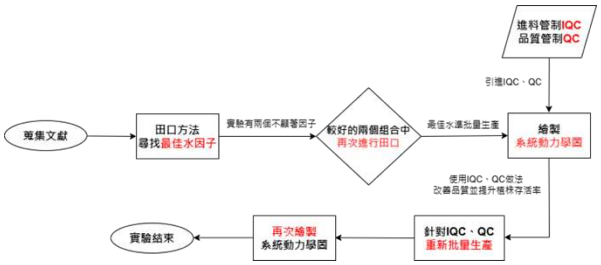


圖 2 研究流程圖

2. 文獻探討

2.1 田口方法

田口品質工程方法由田口玄一創立，透過統計學實驗與生產管控來提升品質並降低成本。其核心是利用直交表選擇設計參數，並透過 S/N 比與變異數分析找出最佳設計方案，減少試誤實驗的成本與時間，因此被廣泛應用於品質優化。

- 信號因子（Signal Factor）：

由設計工程師根據工程知識選擇，用來表達所期望的回應值。

當目標值 y 變化時，我們可以調整信號因子，使品質特性的平均值與目標值一致。通常，信號因子與回應值之間具有輸入和輸出的關係。

- 控制因子（Control Factor）：

掌握在設計人員手中，用以最小化品質特性的損失。改變控制因子的水準通常不會增加製造成本。

- 雜音因子（Noise Factor）：

是設計人員無法控制的參數，其水準會隨環境變化。

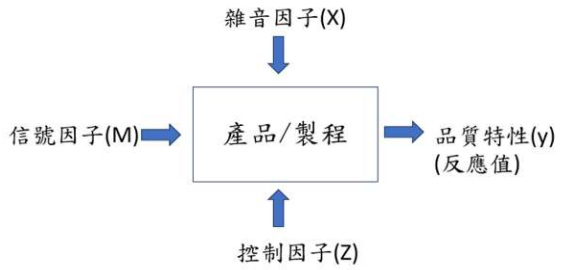


圖 3 田口方法

2.1.1 品質特性

1.靜態特性：信號雜音比(S/N 比)

田口玄一博士使用訊號工程中的信號雜訊比（SN 比）來比較不同控制因子和干擾因子對同一試驗結果的影響。SN 比表示實驗者自變數（信號效果）與其他變量（雜訊效果）之間的比值。

(1)望大：品質特性越大越好，其理想值為無限大。
(2)望小：品質特性越小越好，其理想值為 0。
(3)望目：對於品質特性設有一定目標值，偏離目標值會造成損失。

三種品質特性，若 SN 比越大表示變異越小，為理想的水準。

1.動態特性：

動態特性即輸入量與輸出量之間的傳遞函數。當系統運行時，這種關係可以用微分方程表示。動態特性描述了系統對隨時間變化的輸入信號的響應。

2.1.2 田口運用在農作物的培育跟繁殖

田口運用透過實驗設計找出影響作物生長的關鍵因子，以提升農作物的產量與品質，同時降低資源浪費與生產成本。在農作物的培育中，田口運用可以用來：

- 優化育種過程：通過實驗設計，研究不同育種方法、環境條件和施肥對作物生長的影響，找到最佳組合。
- 提高抗病性：透過分析不同育種參數對作物抗病性的影響，選擇更有抵抗力的品種。
- 改善作物品質：研究土壤、氣候和水分等因素如何影響作物的營養成分和口感，以提升農產品的市場競爭力。
- 節約資源：通過實驗找出最有效的水肥管理方法，降低資源浪費，提高生產效率。

田口運用有助農業工作者系統性優化作物生長因素，提升生產效率與品質。田口運用在番茄的培育和繁殖中可發揮重要作用，以下是一些應用的示例：

- 育種參數優化：利用田口方法設計實驗，可評估不同育種技術對番茄產量與品質的影響，找出最適育種策略。
- 環境條件分析：透過實驗設計研究光照、溫度、濕度等環境因素對番茄生長的影響，找出促進健康植株的最佳生長條件。
- 肥料和水分管理：應用田口方法來測試施肥方案和灌溉技術，找出最有效的水肥管理組合，減少資源浪費，提升番茄產量。
- 病蟲害管理：測試不同的防治措施（如有機農藥、天然天敵），評估它們對番茄抗病性和生長的影響，以選擇最佳的病蟲害管理策略。
- 改良果實品質：研究不同的栽培技術（如修剪、支架、覆蓋）對果實大小、口感和營養成分的影響，以提高番茄的市場價值。

2.2 Minitabe

Minitab 是一款由賓州州立大學研究員於 1972 年開發的統計分析軟體，最初是 OMNITAB 的簡化版本。隨著電腦技術的進步，使用者現在只需輸入資料，而無需手動計算複雜的統計公式，這

使得統計分析變得更加易學和普及。Minitab 在許多產業中，特別是在導入六標準差的過程中，成為主要的統計分析工具，也被許多大學用於教學。它的界面友好，能夠輕鬆進行各種統計分析和圖表繪製，適合用於品管和業務分析。

2.3 DMAIC

運用六標準差之 DMAIC 手法進行改善作業並設計專案模擬，作為評估流程再設計專案的可行性依據，可加以電子化資訊系統強化新流程的跨領域資源整合能力。

Define ：定義修正團隊理解要處理之問題。
Measure ：建立收集目前過程中相關數據的技術。
Analyze ：分析清楚研究資料。
Improve ：改善優化當前流程。
Control：控制落實在完成工作後績效收益將持續。

2.4 系統動力學

系統動力學以系統觀點出發，透過觀察問題各因素的演變過程，強調整體性與長短期發展，並藉由建構模型協助我們發覺複雜的因果回饋結構，其實來自相關決策者的基本假設與價值觀，也就是我們集體的心智模式，促進對問題的深入理解、討論與改善，廣泛應用於企業、政策、環境等多元領域。。

2.5 損益兩平點（Break-Even Point, BEP）

損益兩平點是指企業的總收入恰好等於總成本的那一點，在這點上，企業既不賺錢也不虧錢。

了解損益兩平點可以幫助企業：

1. 制定合理的價格策略。
2. 評估新產品的市場潛力。
3. 制定銷售目標和預算。
4. 在變化的市場環境中進行風險管理。

損益兩平點的計算公式如下：

BEP = (銷售價格 − 變動成本) / 固定成本

2.6 商業九宮格

商業九宮格是一種經營模式的分析架構，分別有目標客群/市場區隔、價值主張、通路、顧客關係、收益流、關鍵資源、關鍵活動、關鍵合作夥伴、成本結構這九項商業模式，設置此商業九宮格的目的是為了幫助企業確認營運的可行性和並綜合不同角度來分析企業價值。

2.7.1 番茄常見品種介紹

- 番茄（Beefsteak）：大型、多汁、適合切片使用，適合生食或烹調。
- 黃色番茄：黃色或金黃色、口感柔軟、味道比較溫和，適合生食或用於沙拉中。
- 黑柿番茄：大型、果肉多汁、味道甜美，果皮呈黑色，適合生食或烹調。
- 玉女番茄：中小型、果實呈圓形或橢圓形、果肉較多汁、適合各種烹飪用途。
- 金桔番茄：小型、果實呈橢圓形、果肉多汁、味道甜美，適合生食或用於沙拉。

2.7.2 番茄培育及繁殖模式

番茄生長對於環境、氣候、土壤均有一定條件，適合在涼爽、日照充足且排水良好的土壤中生長，需控制水分、光照與溫度，避免連作與土壤酸鹼失衡，以促進健康生長與高品質產出。

2.7.3 番茄介質

番茄在不同生長階段需根據陽光、濕度與氣候條件，靈活調整氮、磷、鉀等肥料比例，像是在初期需重視氮與鉀的比例促進生長與葉片發育，小果期提高氮鉀促進果肉發育，中果期轉色則提高鉀肥、降低氮肥以提升風味；此外，天氣炎熱時應補鉀平衡氮吸收，寒冷時則補充氮磷以彌補低溫下的吸收效率。

2.8 智慧農業

以現在產業生產模式為基礎，因應消費市場需求進行產銷規劃，在生產管理上以機械設備、輔具及感測元件的研發應用進行輔助，並結合跨領域之資通訊技術(ICT)、物聯網(IoT)、大數據(Big Data)分析、區塊鏈(Block Chain) 等前瞻技術導入，這不僅可以減輕農場作業負擔來降低對勞動力的需求，還提供農民更有效率的農場經營管理模式。

3.定義衡量分析

3.1 定義問題 Define

進行六標準差之 Minitab 的研究手法前，明確了解定義問題之重性，了解實際需求並解決研究目的與目標，進而加以改善。

針對市場對小番茄苗的需求，經研究由專業人士考慮到地理位置不同，導致氣候及溫度不穩定之影響，進而得知市場對於小番茄苗的挑選標準為根莖壯碩，依此做為小番茄苗的種植目標，定義小番茄苗根莖壯碩為關鍵流程，提升存活率，並以田口方法及直交表來改善目標。

3.1.1 5M1E

1. 人：包含老師、學生及有豐富經驗的翁先生實驗扦插番茄。
2. 機器：實驗過程中使用到光線、濕度、溫度檢測儀創造專屬之種植環境。
3. 材料：土壤量（介質）、透明塑膠杯（方便觀察），長尾夾、剪刀
4. 方法：使用扦插方法，控制番茄變種問題。
5. 現況（農場）：溫度（32 度）濕度（50%）
6. 測量：以目測確認根的茂密程度

3.2 現況衡量 Measure

透過市場需求，蒐集相關資料及數據，測量並改善實驗流程及因子。

以玉女番茄做為扦插實驗苗，並且運用田口方法使因子及水準配合，將土壤介質、水分、濕度、光線進行研究。透過直交表及各式分析，以三組以上實驗數據進行整合，將實驗數據輸入至 Minitab 軟體，並找出最佳的組合，最終以最佳組合實際運用證實此組合是否為最佳解，使番茄枝芽品質及數量達預期最佳化，藉此改善番茄產量並提升在水果農產品的競爭力。

4.分析改善控制

4.1 先前實驗 Analyze

1. 儀器及材料

儀器：光線測試儀、濕度檢測儀、溫度檢測儀、秤重器

材料：塑膠杯數個、土壤介質（泥炭+珍珠岩、蛭石）數包、長尾夾 8 個、生根液 1 罐、剪刀 1 把、番茄苗數枝

2. 實驗步驟

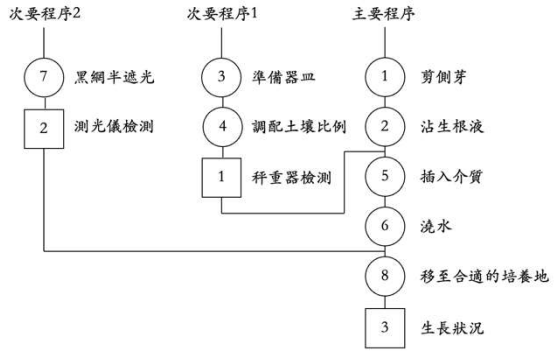


圖 4 先前實驗步驟



圖 5 剪側芽、修剪側芽(由左到右)



圖 6 將側芽插入土、密封(由左到右)



圖 7 稀疏與茂密差別、死亡(由左到右)

3. 實驗數據

表 1 先前實驗四因子二水準紀錄（0：存活率零 1：根較稀疏 2：根較茂密）

組別	C1-T	C2-T	C3-T	C4-T	C5	C6	C7
	介質	水分	濕度	光線	y1	y2	y3
1	1 泥炭+1 珍珠岩	無底盤水	不密封	11000	2	2	2
2	1 泥炭+1 珍珠岩	無底盤水	不密封	8000	2	2	0
3	1 泥炭+1 珍珠岩	有底盤水	密封	11000	1	1	1
4	1 泥炭+1 珍珠岩	有底盤水	密封	8000	1	0	1
5	蛭石	無底盤水	密封	11000	0	0	0
6	蛭石	無底盤水	密封	8000	1	1	1
7	蛭石	有底盤水	不密封	11000	1	2	1
8	蛭石	有底盤水	不密封	8000	2	2	2

如表 1 所示，我們使用是四因子二水準作為實驗參數，其中四因子包含介質、水分、濕度、光線，而在每一個因子當中都包含了兩個水準，介質為 1 泥炭+1 珍珠岩及蛭石;水分為有底盤水及無底盤水;濕度為密封及不密封;光線為 11000 及 8000，經過數日栽培得到數據為上表所示，標示為 0、1、2，由專業級數年經驗之翁建榮先生評判標準。

4. 數據分析

依照表 1 栽種紀錄說明有兩組最佳因子組合，分別為 1 泥炭+1 珍珠岩、無底盤水、不密封、光線 11000；蛭石、有底盤水、不密封、8000。

再根據實驗紀錄結合 Minitab 軟體,得出以下數據，如下表 2，介質和濕度對結果沒有顯著影響（因 F 值為 0，P 值為 1）。水分和光線的影響較小，（因 F 值為 0.21，P 值為 0.679），表明這兩個因素對結果的影響不顯著。殘差誤差的平方和為 65.0483，表明數據中的變異性主要來自於誤差。

如圖 8、圖 9 數據，得知最佳因子組合為 1 泥炭+1 珍珠岩、有底盤水、密封、光線 11000，其中介質與濕度為較不顯著因子，經過實際務農後發現存活率及成長率不如預期，故非最佳解。

總體來說，這個實驗中各個因素對結果的影響都不顯著，主要的變異性來自於誤差，而不是實驗中的因素介質、水分、濕度、光線。

表 2 先前實驗之信噪比的方差分析

信噪比的方差分析						
來源	自由度	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	0	0	0	0	1
B	1	4.531	4.531	4.531	0.21	0.679
C	1	0	0	0	0	1
D	1	4.531	4.531	4.531	0.21	0.679
殘差誤差	3	65.0483	65.0483	21.6828		
合計	7	74.1102				

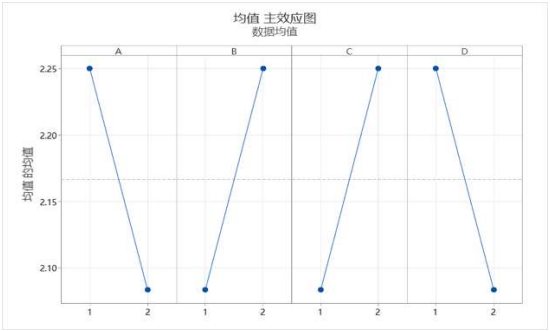


圖 8 先前實驗之均值主效應圖

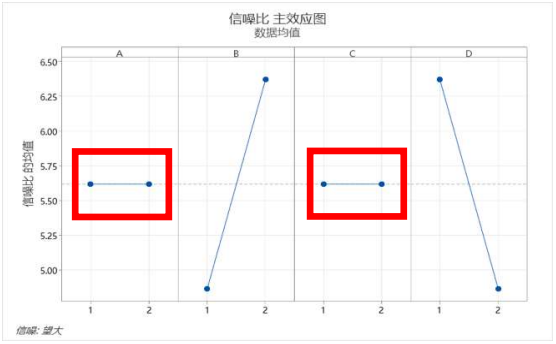


圖 9 先前實驗之信噪比主效應圖

5. 小結

綜上所述，因是不顯著因子及非最佳因子組合，從而導致實驗失敗，故將以三因子兩水準作為先前實驗改善之方法進行二次實驗，三因子分別為介質、水分、光線，二水準分別為 1 泥炭+1 珍珠岩及蛭石;有底盤水及無底盤水;不遮 100%及遮光 60%，實驗 10 次，增加實驗可靠度。

4.2 改善實驗 Improve

1. 實驗數據

三因子兩水準其中包含之因子為介質、水分、光線，而在每一個因子當中都包含了兩個水準，介質為 1 泥炭+1 珍珠岩及蛭石;水分為有底盤水及無底盤水;光線為 100%及遮光 60%，分別實驗 10 次，增加實驗可靠度，經過數日栽種得數據為表 3，標示為 1、2，由專業級數年經驗之翁建榮先生評判標準。

表 3 三因子二水準紀錄（1：根較稀疏 2：根較茂密）

組別	C1-T	C2-T	C3-T	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
	介質	水分	光線	y1	y2	y3	y4	y5	y6	y7	y8	y9	y10
1	1 泥炭+1 珍珠岩	無底盤水	遮光 60%	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2
2	1 泥炭+1 珍珠岩	有底盤水	100%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	蛭石	無底盤水	100%	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2
4	蛭石	有底盤水	遮光 60%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

2. 數據分析

表 4 三因子二水準之信噪比的方差分析

信噪比的方差分析						
來源	自由度	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	0.1393	0.1393	0.1393	*	*
B	1	13.0049	13.0049	13.0049	*	*
C	1	0.1393	0.1393	0.1393	*	*
殘差誤差	0	*	*	*		
合計	3	13.2834				

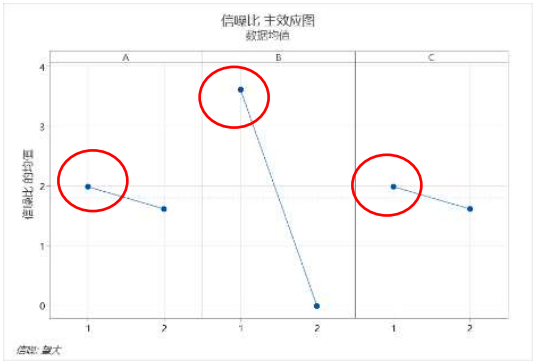


圖 10 三因子二水準之信噪比主效應圖

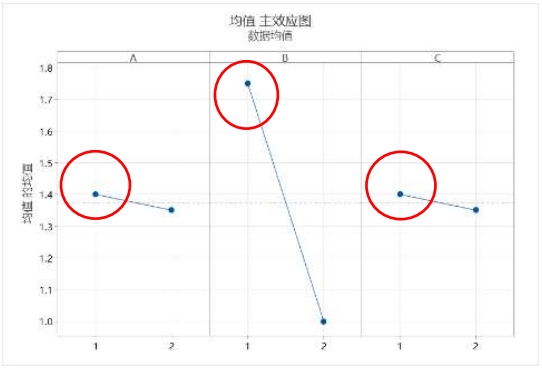


圖 11 三因子二水準之均值主效應圖

數據結合 Minitab 軟體計算出得表 4、圖 10、圖 11，綜合以上數據知最佳因子組合為 A1、B1、C1，分別為泥炭+1 珍珠岩、無底盤水、遮光 60%，再經由實際務農驗證，驗證結果若符合標準，則該實驗成功。

4.3 確認實驗 Control

1. 確認實驗因子

本研究裡用田口方法分析品質特性屬於望大特性，以利找出最佳因子參數組合，使番茄苗存活率提升。

經文獻及討論過後，本組以介質、水分、光線作為影響玉女番茄的控制因素，其餘為固定因素及不可控因素。下列表 5 為控制因子與固定因子分析表。

表 5 扦插番茄實驗一覽表

因子			範圍
可控因素	控制因素	介質	1 泥炭+1 珍珠岩、蛭石
		水分	無底盤水、有底盤水
		光線	遮光60%、光線100%
	固定因素	生根水	
		濕度	密封、不密封

2. 單邊下限能力指數 CPL

CPL 是測量製程平均值趨近規格下限的程度，數字愈大表示製程能力愈好。公式為平均數-規格下限/三標準差。我們組把實驗結果壞到好分成 1、2、3 等級，因此設定規格下限為 1。

- 先前實驗四因子兩水準

  實驗前 CPL：(1-1)/3*0.29 = 0

  實驗後 CPL：(2.17-1)/3*0.29=1.34

- 改善實驗三因子兩水準：

實驗前 CPL： (1-1)/3*0.23 =0

實驗後 CPL： (1.38-1)/3*0.23=0.55

第一次進行的四因子兩水準之先前實驗為八種組合，實驗前 CPL 為 0 實驗後 CPL 為 1.34。第二次進行的三因子兩水準之改善實驗，實驗前 CPL 為 0 實驗後 CPL 為 0.55。根據此結果改善實驗製程能力比先前實驗來的較差。但先前實驗時剛好遇到氣候因素(颱風)影響造成植株存活率降低。最終實驗最佳因子水準為 A1、B1、C1，分別是 1 泥炭+1 珍珠岩、無底盤水、遮光 60%。

4.3.1 實驗 A

1. 標準作業流程

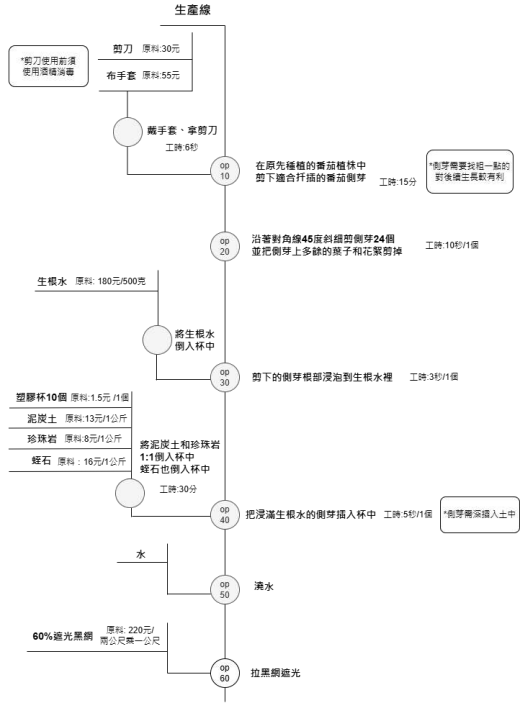


圖 12 扦插實驗 op 圖



圖 13 消毒、剪側芽(由左到右)



圖 14 扦插入土、遮光(由左到右)

2. 實驗數據（含系統動力學）

由改善實驗得知最佳因子組合，使用泥炭+1 珍珠岩、無底盤水、遮光 60%對番茄扦插進行確認實驗，共計扦插 24 顆番茄側枝，經過數月栽種，存活 8 株、得病 9 株、過濕 2 株、取樣莖過細 5 株，存活率為 33%較低，可能原因為無標準進料品質及製成品質，將引入 IQC 表及製成表作為改善方法。

將確認實驗之實驗數據製成下圖 15，太細、得病及過濕為負循環，我們將一一改善負向關係，第一步先對太細及得病做改善，可於取樣時側芽寬度不得小於 0.5 公分及側芽表面不得有黃斑，並且於兩個節間下剪斷，留二到三片葉子，第二步對於種植期間得病及過濕做處理。

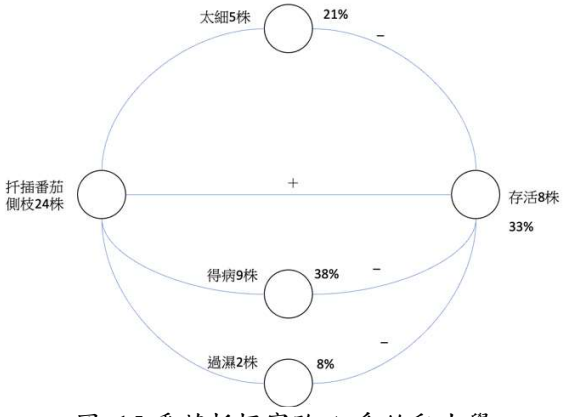


圖 15 番茄扦插實驗 A 系統動力學

3. 改善方法

在實驗過程中，由於操作者為個體，對於採樣植株缺乏統一的標準原則，導致存活率低於預期。為了提升實驗的穩定性與成功率，我們導入了 IQC（進料品質管制）及扦插栽種標準操作表（SOP），以規範採樣及栽種流程。透過這些改善措施，不僅能提高植株存活率，還能確保製程的一致性與可重複性，進一步提升實驗數據的可靠性，如下圖 16 及表 6。

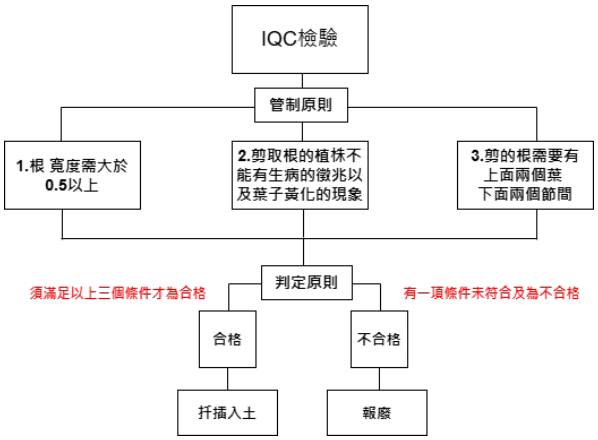


圖 16 IQC 進料品質管理

表 6 扦插栽種標準操作表

步驟編號	操作名稱	操作方法	所需工具/材料	質量檢驗標準	時間/週期	注意事項
1	準備介質與器材	混合泥炭土與珍珠岩 1：1，準備種植用塑膠杯與長尾夾	泥炭土、珍珠岩、塑膠杯、長尾夾	介質均勻混合，無雜質	1 天	泥炭土與珍珠岩比例需正確，不可混入硬塊
2	插枝種植	將番茄側芽剪成合適長度，插入介質中，保持穩定	剪刀、生根水	插枝穩定，無損傷	1 天	側芽修剪需光滑，避免創口污染
3	光線與水分管理	保持 60%遮光條件，每日檢查水分，適量澆水保持濕潤	遮光布、水壺	光線適中，介質濕潤但不積水	每日檢查	避免過度澆水，防止根部腐爛
4	病蟲害監測	每日觀察苗狀況，及時清除受害枝葉，必要時進行有機防治	放大鏡、記錄表	植株健康，無明顯病蟲害	每日檢查	注意消毒工具，避免病害傳播
5	結果記錄與分析	記錄存活率、根系生長情況，並分析改進方向	紙筆、Minitab 軟體	數據完整準確，結果可支持分析	實驗完成後	記錄需即時進行，避免遺漏

4.3.2 實驗 B

1. 實驗過程

在本研究中，實驗 A 與實驗 B 的實驗過程相當，主要的差異在於是否套用 IQC 作為進料管制標準。實驗 A 在進料時未額外採取 IQC 管制，而實驗 B 導入 IQC 標準，以確保進料品質符合特定要求。透過此設計，我們能夠評估 IQC 對後續製程穩定性及最終產品品質的影響，進一步分析其對整體良率的貢獻。

2. 實驗數據（含系統動力學圖）

在實驗 A 中，由於存活率未達預期，因此我們決定採取改進措施，以提高植株的存活率。經過分析，我們導入 IQC（進料品質管制）機制，並依據扦插栽種標準操作表（SOP）進行第二次種植。透過嚴格的品質控管與標準化的操作流程，成功改善了栽種條件，使存活率從原本的 33%顯著提升至 93.75%，如下圖 17。這項結果證明了標準化管理與嚴謹作業對提升栽培成功率的重要性，也為未來的種植計畫提供了寶貴的參考依據。

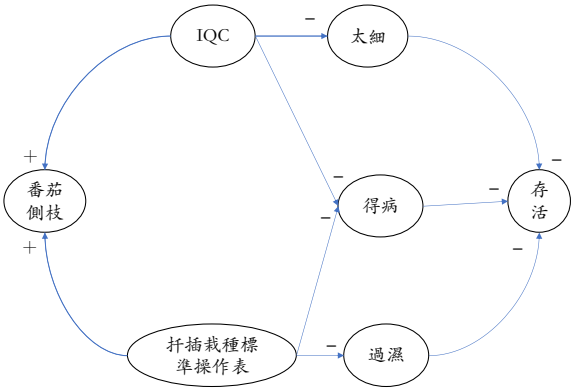


圖 17 番茄扦插實驗 B 系統動力學

4.4 損益平衡 BEP 分析

該種植番茄生產過程中所需的所有材料及其規格、數量和供應商資訊。

表 7 材料成本 BOM 表

BOM			
公斤/批	材料名稱	價格成本	單位材料成本
155	種苗	333	2.1483871
	肥料	600	3.87096774
	病蟲害處理	366	2.36129032
	能源	400	2.58064516
	機械包工	133	0.85806452
合計		1832	11.8193548

1. 種苗約 66 株，一株'5 元，約 333 元。
2. 肥料包括有機肥料、化學肥料、微量元素肥料，約 600 元。
3. 病蟲害處理包括化學防制、生物防制、人工成本，約 366 元。
4. 能源包括灌溉(水泵電力)、農機使用(噴藥)，約 400 元。
5. 機械包工包括整地、施肥、機械播種、機械除草、機械噴藥、機械收成，大約 133 元

表 8 人工成本

人工成本	
總人工成本	單位人工成本
3600	23.2258065

一個月訪農場四次，一次三人、共 18 小時，時薪 200 元，總人工成本大約為 3600 元。

表 9 數量關係表

數量Q	TFC	TVC	TC	TR	利潤
0	4000	0	4000	0	-4000
15	4000	525.6774194	4525.677419	1785	-2740.677419
30	4000	1051.354839	5051.354839	3570	-1481.354839
45	4000	1577.032258	5577.032258	5355	-222.0322581
60	4000	2102.709677	6102.709677	7140	1037.290323
75	4000	2628.387097	6628.387097	8925	2296.612903
100	4000	3504.516129	7504.516129	11900	4395.483871
125	4000	4380.645161	8380.645161	14875	6494.354839
150	4000	5256.774194	9256.774194	17850	8593.225806
175	4000	6132.903226	10132.90323	20825	10692.09677
200	4000	7009.032258	11009.03226	23800	12790.96774
225	4000	7885.16129	11885.16129	26775	14889.83871

由表可得知，利潤介於 45 至 60 之間時由虧損變為利潤，損益平衡點套入公式及運用 excel 計算得出為 47。

表 10 總成本與價格

單位材料成本	11.8193548		
單位人工成本	23.2258065		
單位總成本	35.0451613	價格P	119
AVC			
TFC	4000		
BEP	47.644663	BEP金額	5669.7149

BEP 單位為公斤，指販售量達到該公斤則可以達到損益兩平點，（價格 119 元為 10 月之市場價格）BEP 價格約 5669 元。

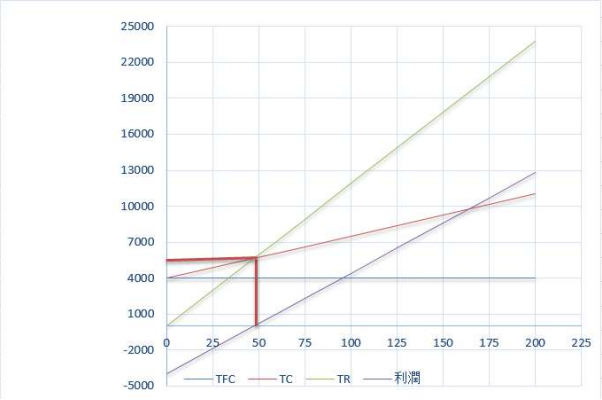


圖 18 損益平衡線性圖

當 TR=TC 時，利潤歸零，BEP 點之下為虧損，BEP 點之上賺，數量 47.65 元，銷售額為 5670.35 元以上，才有盈餘，反之則虧損。

4.5 商業規模九宮格

8.關鍵合作夥伴 與固定超市、農市建立長期合作夥伴 產學合作 (提供幾塊農地供學生學習使用)	7.關鍵活動 平台管理與推廣教育訓練 6.關鍵資源 農地 運送的車子 最適生產組合配方	2.價值主張 品質好 水果新鮮 運送方便 有機不含農藥	4.顧客關係 Google 評價平台交流應酬交際 3.通路 連鎖超市、大賣場 Line 群組、Facebook	1.目標客群/市場區隔 農市 連鎖超市 例如：全聯、家樂福 一般民眾 (體驗採番茄)
9.成本結構 運送費用 行銷費用 人力成本 廣告費用			5.收益流 銷售收入 體驗費收入 租借土地收入	

4.6 研究貢獻

1. 學術貢獻

- 使用田口方法進行番茄參數優化，探索其在農業應用中的可行性，並結合 Minitab 軟體進行數據分析。
- 探索系統動力學的應用，分析並描述影響番茄扦插存活率的關鍵變數。

2. 實際應用價值

- 設計並驗證提高玉女番茄苗存活率的最佳因子組合，為實際種植者提供參考。
- 提出針對小型農場的標準化作業流程，提升農業生產效率。

3. 跨領域整合

- 將田口方法與系統動力學結合，嘗試解決農業問題，提供農業與工程領域跨學科研究的案例。

4. 創新性

- 應用遮光比例、土壤介質與水分條件的實驗設計，驗證這些因素對番茄生長影響。
- 提出進料管制（IQC）與品質管制（QC）的概念，應用於農業，改善植株存活與品質。

5.結論及建議

5.1 結論

本專題以系統動力學為核心方法，探討影響番茄生長的關鍵變數，並利用實驗與數據分析，優化栽種條件和提升扦插成功率。研究團隊結合田口方法、六標準差 DMAIC 手法及 Minitab 軟體進行因子篩選與最佳化設計，並結合系統動力學評估其對番茄生長品質及存活率的影響，做後增加 BEP。

1. 研究背景與動機

台灣番茄產業從早期大番茄種植逐漸轉向小番茄，尤其是甜度高、口感佳的聖女番茄，因市場需求迅速擴大。團隊選擇以番茄為題，目標提升其栽種效率及品質，並體驗務農過程，進一步探索智慧農業的應用。

2. 研究方法與流程

研究以實驗為基礎，首先蒐集文獻了解番茄品種、病蟲害及培育模式，選用田口方法進行多因子試驗

，篩選出最佳的肥料及種植條件。透過直交表實驗，逐步改進作業流程，並結合 IQC 與 QC 品質管制，提升原料與過程穩定性。此外，團隊繪製系統動力學圖，深入分析變數間的交互影響。

3. 實驗設計與分析

團隊進行了多階段實驗，主要以四因子（介質、水分、濕度、光線）和二水準設計，觀察不同條件下番茄的存活率與生長表現。數據分析顯示，水分與光線對存活率影響較大，而介質與濕度影響不顯著。基於第一輪實驗的結果，進一步優化為三因子設計，實驗數據顯示最佳組合為泥炭珍珠岩介質、遮光 60%、無底盤水灌溉，顯著提升扦插存活率。

4. 成果與應用

研究結果驗證了田口方法在農業中的實用性，通過精確控制變數，成功優化番茄栽培條件，提升了實驗效率和成果可靠性。團隊並採用 BEP 損益分析和商業九宮格工具，評估產品市場潛力和經濟效益，為未來商品化運營提供建議。

5. 創新與貢獻

本專題突顯了智慧農業技術在傳統種植中的應用價值，結合大數據與物聯網技術，提升農業生產效能，並為新型農產品開發奠定基礎。同時，研究成果為番茄栽培標準化提供了參考，也證明了系統動力學在解決複雜農業問題上的潛力。

6. 結論與建議

研究表明，透過科學方法和技術工具，可以有效改善番茄種植的關鍵環節。建議未來結合更多環境因子，如溫度和病蟲害防治，進一步提升番茄產量與品質。此外，可擴大試驗規模，驗證研究成果的穩定性與適用性，並加強智慧農業在農場管理中的應用，實現高效生產與環境友善的目標。

誌謝

本次專題能順利完成，首先必須感謝陳水淙教授對我們的研究指導，即使十分忙碌，教授仍撥出許多時間來與我們進行專題的討論，並且不厭其煩的幫我們看需要修改以及指導的地方，還會在討論專題之餘，跟我們聊升學或出入社會時須具備的專業能力等。

這不僅讓我們從專題製作中學到一些軟體的使用以及研究此專題需要的工具、方法還能讓我們這些即將要步入社會的年輕人多了解一些前人的社會歷練與認知。

最後我們也感謝翁建榮先生提供我們種植番茄的場地和材料、扦插番茄的指導與技術，和傳授一些番茄相關的知識給我們。

參考文獻

1. 農業部臺南區農業改良場(2023)。番茄生長環境條件。
2. 臺南區農業改良場技術專刊(2016)。小果番茄設施栽培及健康管理技術。
3. 李浚瑋（2018）。運用 DMAIC 與品管手法進行 ERW 鋼管真圓度品質改善之研究。
4. 王順生、周永燦、 曾英富（2006）。應用六標準差的專案手法改善塗裝製程不良率。
5. 智慧農業網站。智農是什麼。
6. 王人正、江昭皚(2019)。智慧農業技術介紹與應用實例。
7. 農傳媒(2016)。番茄病蟲害生態與發生條件-番茄病害。
8. 吳雅芳、陳昇寬、鄭安秀(2016)。設施栽培番茄病蟲害管理。
9. 楊秀珠、余思葳、黃裕銘(2012)。番茄汁病蟲害發生與管理。
10. 高雄農改場(2017)。番茄病蟲害防治用藥摘要表。
11. 黃瑞彰、劉依昌、蔡小涵、張淳淳(2022)。食用番茄之作物有害生物綜合管理操作指引。
12. 翠筠網站。認識肥料。
13. 劉東憲、蔡正賢(2019)。氮磷鉀合理施用對蔬果影響之案例分享。
14. C.D Lin(2020)。「商業模式九宮格」是什麼？商模建構之創業人必看！為客戶創造價值及鎖定目標客戶。
15. 張阿道(2024)。商業模式九宮格（經營/獲利分析範例、設計類型）。
16. 工作熊 (2022)。簡介什麼是「田口方法 (Taguchi Methods)」實驗計畫。
17. 童超塵。田口品質工程(Taguchi)。
18. Alicia Raeburn(2024)。SWOT 分析：什麼是 SWOT 分析以及如何使用。