

# 蕃茄顏色之光電選別室設計

## Design of Color Sorting Unit for Tomatoes

國立中興大學農機系講師

國立臺灣大學農機系副教授

謝 廣 文\*

陳 世 銘

Coang-Wen Shieh

Suming Chen

### 摘 要

農產品的光電性質可應用於農產品品質的判斷與分級。光電選別具有高速、準確、非破壞性與客觀等多項優點。本項蕃茄顏色之光電選別研究，即是利用蕃茄表面光反射特性建立品質指標。選別部以發光二極體為光源，光二極體為光接收器，配合放大電路將蕃茄之反射光轉換為類比電壓訊號，再經類比數位轉換器轉換為數位訊號，並輸入 Z-80 單板微電腦中進行計算與判斷，以選出紅色或綠色蕃茄。整個選別過程以 Z-80 作準確的時間與動作控制。

本研究由先始實驗建立品質指標，再分別以靜態和動態實驗證實其可行性，同時求得紅綠蕃茄的選別指標。以不同光接收器與不同皮帶速度作顏色選別實驗，其精確度均達到96%以上。

關鍵詞：蕃茄、顏色選別、光電技術

### ABSTRACT

The electro-optical properties of agricultural products can be applied to quality evaluation and material sorting. The electro-optical sorting can provide high-speed, accurate, nondestructive and objective measurements. In this research, the surface reflectance characteristics of tomatoes were used to develop a quality index for sorting. Regarding the design of the sorting unit, LED's and photo diodes were employed as light sources and detectors respectively. An amplification circuit was used to transfer the reflectance light of tomatoes into analog voltage signal, then an A/D converter was selected to convert it into digital signal. The Z-80 single-board microcomputer was then used to perform calculations and judgement for red or green tomatoes evaluation. The timing and operations of entire sorting procedure were accurately controlled by the Z-80 microprocessor.

A quality index was constructed based on preliminary experiments. The feasibility was proved and the modification of the index for red/green tomatoes was carried out by further experiments on static and dynamic measurements. The results shows that the average accuracy of color sorting is above 96% for different kinds of photo detectors at several belt speeds.

Keywords: Tomatoes, Color Sorting, Electro-Optical Technology

\* 前臺灣大學農機系研究生

## 一、前言

由於電子科技的進步，光電技術亦有長足的進展，利用光電技術與微處理機之結合，可以發展出速度快、精確度高、具非破壞性，且自動化的蔬果選別裝置。陳與謝（1988）曾針對蕃茄的紅綠顏色與成熟度的密切關係，利用蕃茄的光反射特性，以兩段波長相減為品質指標，以傳統的自然燈泡為光源，分別利用光二極體與光電晶體為光接收器，實驗證明其具有分別紅綠蕃茄的可行性。然而傳統光源有體積大、溫度高、亮度不穩定等之缺點。本研究乃以兩段波長之 IVR 法 (Index of Variance in Reflectance) 為品質指標 (Power et al. (1953))，並以發光二極體 (LED) 改良傳統光源的缺點，配合更靈敏的光接收器與放大電路，設計選別室，並利用 Z-80 微處理機做控制，達成蕃茄選別的自動化。

## 二、實驗裝置

由於本研究著重於選別部與控制部的設計，故本實驗之選別裝置包括機架本體，輸送進料部、選別部，與控制部。整個裝置的示意圖與實體圖如圖 1. 與圖 2. 所示。選別裝置包括平穩且可變速的輸送進料皮帶，光電選別系統則以蕃茄光反射特性所建立之品質指標作適當之設計，訊號流程圖如圖 3.。茲將選別裝置的各個部分敘述如下：

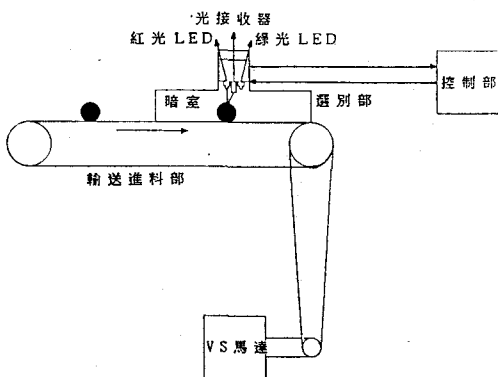


圖 1 選別裝置示意圖

### (A) 機架本體

為達到穩定安全的選別過程與合適的操作角度，機架本體使用 5.0 公分 (2") 的角鋼製成長 90 公分、寬 42 公分、高 100 公分的長方體結構。並為移動方便，底部裝設四個可以改變方向的膠質滾輪。

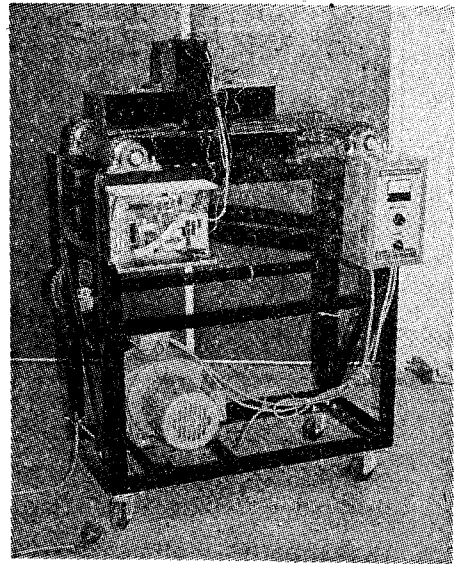


圖 2 選別裝置實體圖

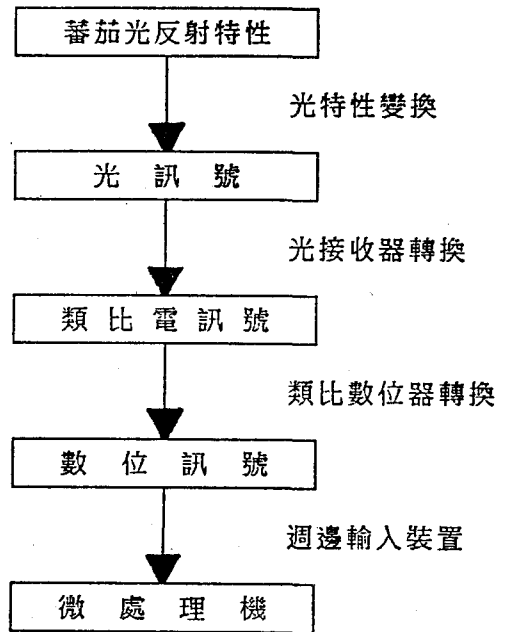


圖 3 選別裝置訊號流程圖

### (B) 輸送進料部

以 1 馬力的東元牌變速馬達，經由鏈條傳動，帶動進料皮帶鏈輪軸，使進料皮帶運動，其減速分為兩段，一為 42:13，另一為 24:13。進料皮帶以帆布製成，其兩側以固定距離鑽孔，用螺絲固定於兩條等長的鏈條旁，再將鏈條置於主動鏈輪軸與從動鏈輪軸的鏈輪上。此輸送進料裝置為使皮帶有適當的緊度，在上皮帶的下方安裝一個壓克力製的輸

送平台，以使進料皮帶能平穩的帶動蕃茄。此一輸送進料裝置，可由 VS 變速馬達改變轉速，以進行不同速度的實驗比較。如此設計之進料皮帶有運轉穩定、無偏移與打滑的現象，以及方便換裝等優點。在皮帶上有兩個黑色的開關觸動裝置，為配合選別暗室的大小，其間距離定為 9.4 公分，此開關觸動裝置的功能為配合皮帶速度之測定。

### (C) 選別部

本研究在開始時遭遇到的困擾，就是使用 500W 自然光燈泡體積甚大且太熱，使得選別部的設計非常困難，而且其亮度會受燈泡使用時間影響，因而改用 LED 做為光源。如此一來，市面上一般之光接收器，因其靈敏度不夠，無法感測到 LED 的反射光，經採用靈敏度更高之光接收器與進一步研究終於克服此一問題而完成選別部之設計。本選別部包括暗室、皮帶速度測定裝置、蕃茄大小感測裝置、光源、光接收器，以及放大電路。

(1) 暗室：為使選別過程不受外界光線的干擾，以 3.3 釐米厚的黑色不透光壓克力製成暗室，並在兩端黏貼黑色塑膠布的隔簾。

(2) 皮帶速度測定裝置：本裝置是由一個極限開關配合電路組成。其動作原理為：當皮帶上的第一個開關觸動裝置觸發極限開關時，會使原來的高電位變為低電位，而使控制部開始時間的計數，當第二個開關觸動裝置觸發極限開關時，控制部停止計數，而產生一個時間常數，表示通過兩個突起物之間 9.4 公分距離所需的時間，因此可藉以換算成皮帶的速度。

(3) 蕃茄大小感測裝置：本裝置由一個紅外線發光二極體 (SHARP, GL514) 與一個光電晶體 (SHARP, PT-501)，二者位於皮帶之兩側，配合電路組成。當控制部發出訊號使紅外線 LED 開始發光，此時紅外線照到光電晶體使輸出為高電壓，當蕃茄的前緣開始經過紅外線 LED 與光電晶體之間時，紅外線被蕃茄阻擋而無法照至光電晶體，此時輸出變為低電壓，同時控制部開始時間的計數，蕃茄整個通過後，紅外線 LED 又照至光電晶體使輸出再變為高電壓，此時控制部停止計數，而產生一個代表蕃茄大小的時間常數，然後控制部發出訊號使紅外線 LED 熄滅。

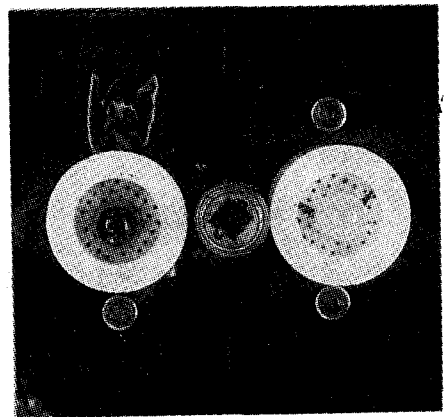
(4) 光源：由兩個直徑 10 釐米的紅光與綠光 LED 與控制電路組成，紅綠二個 LED 的距離為 4.7 公分 (為皮帶上二個開關觸動裝置之間距離或紅外線 LED 至紅光 LED 距離的一半)。每個

LED 內有兩個光源，可同時發生相同波長的紅光或綠光，由控制部控制 LED 發光或熄滅。

使用 LED 為光源的優點有：體積小、所耗能量小、壽命長，亮度不受時間影響，所發出之光線接近單一波長，不須再使用濾鏡，且有聚光、方向性良好等特質。

(5) 光接收器與放大電路：分別使用兩個較靈敏的光接收器，其一為日本 HAMAMATSU 公司生產的 S1336 (簡稱 S1) 型光二極體，另一為同一公司的 S1226 (簡稱 S2) 型光二極體，其最主要之不同為 S1 的感應主峰在  $920 \pm 50 \text{nm}$ , S2 的感應主峰在  $720 \pm 50 \text{nm}$ 。光接收器安裝於紅光與綠光 LED 距離的中間位置，分別於不同時間接收紅光與綠光的反射光，而產生不同大小的光電流，經放大電路將光電流轉換成電壓並放大，再將此電壓訊號傳至控制部。放大電路是由三個運算放大器 (OP) 組成。

光源與光接收器兩部分安置於獨立的方盒中 (如圖 4.)，再利用螺絲固定於暗室上，並可調整其高度。另以螺絲方式安裝光源與光接收器，使便於拆換。



左：紅光 LED，中：光接收器，右：綠光 LED  
圖 4 光源與光接收器裝置實體圖

### (D) 控制部

此部分以單板微電腦為主，配合組合語言控制程式，以達成快速確實的控制目的，同時包括類比/數位轉換電路與結果顯示電路。

#### (1) 單板微電腦

1. 中央處理機 (CPU)：使用 8 位元的微處理機 Z-80，時間訊號為 2.4716 MHz。

2. 唯讀記憶體 (ROM)：使用記憶容量為 2K byte 的 2716 EPROM (Erasable Programmable ROM)。

3. 隨機存取記憶體 (RAM)：使用記憶體容量同樣為 2K byte 的 6116 CMOS SRAM (Static RAM)。

4. 輸入裝置 (I/O)：使用兩個並行輸入/輸出積體電路 (PIO)，每個 PIO 有兩個輸出入埠 (port)，每個輸出入埠有 4 種型態可供選擇，並都有中斷訊號線與 CPU 溝通。

5. 計數 (Counter) 與計時 (Timer) 裝置：使用專為 Z-80 微處理機設計的計數計時晶片 (Counter Timer Chip, CTC)，每個 CTC 具有 4 個通道 (CHO-CH3)，每個通道可分為選擇為計時或計數的型態，並都具有中斷能力。利用通道 1 (CHO) 產生約 0.005 秒週期的時鐘脈波做為單位時間，並利用 PIO 產生訊號分別控制 CH1-CH3 產生計數的工作型態。

(2) 類比/數位轉換電路：

由正反器 IC 74LS74 與類比/數位轉換器 ADC0804 組成。ADC0804 將光接收器放大電路傳來的類比電壓訊號轉換為 8 位元的數位訊號，再傳至單板微電腦的輸出入裝置 (PIO) 中。

(3) 結果顯示電路：

由 4 個紅色 LED、4 個綠色 LED 組成。反射光的數位訊號傳至單板微電腦後經其計算與判斷，若判斷為紅蕃茄時，使 4 個紅色 LED 亮；若判斷為綠色蕃茄時，則 4 個綠色 LED 會亮。

### 三、實驗方法

本實驗分成三個階段進行，第一階段為靜態實驗，第二階段為光接收器與皮帶速度之影響，第三階段為自動選別精確度實驗。分別詳述於後：

#### (A) 靜態實驗

本實驗目的為探討不同蕃茄與不同位置對品質指標值的影響。選定 5 個紅色與 5 個綠色蕃茄 (黑柿品種)，每個蕃茄的直徑大小介於 6~7 公分之間，每個蕃茄選定五點不同的位置 (位置 1 至位置 4 為蕃茄腰部，以順時鐘方向 90 度間隔之；位置 5 為蕃茄之底部，即蒂部之另一端)，以 S1336 (S1) 為光接收器，分別量測其紅光與綠光反射量一秒鐘，並測得標準白板的紅光與綠光的反射量，以計算反射率。

#### (B) 光接收器與皮帶速度之影響

本實驗主要目的為探討不同光接收器與不同速度對品質指標值的影響，並以所得結果作為自動選

別實驗之依據。本項實驗分別利用第一階段中所述之兩個光接收器 (S1 和 S2)，與每秒 10 公分 (V1) 和每秒 20 公分 (V2) 的兩種皮帶速度配合，計有四種狀況。每種狀況分別量測 5 個黑柿品種紅蕃茄與 5 個黑柿綠蕃茄表面某一特定區域的紅光與綠光的反射光量。並分別量測在四種狀況下標準白板的反射光量以計算反射率。此階段實驗利用控制部配合組合語言控制程式，作精確的時間控制，其示意圖如圖 5 所示，並說明如下：

首先由控制部配合皮帶速度測定裝置求得在當時的皮帶速度下，行進 9.4 公分距離 (即皮帶上兩個開關觸動裝置之間距離，亦即等於紅外線 LED 至紅光 LED 之距離) 所需的時間為 LA1，再由控制部與蕃茄大小測定裝置配合求得代表蕃茄大小的時間常數 LA2，接著控制部計算出蕃茄到達紅光照射位置的時間常數 LA3 ( $LA3 = LA1 - 9/16 * LA2$ )，與由紅光照射位置至綠光照射位置的時間常數 LA4 ( $LA4 = LA1/2$ )，照射有效時間常數 LA5 ( $LA5 = LA2/4$ )，並開始計數 LA3，此時控制部發出訊號使紅光 LED 與綠光 LED 開始發光。當蕃茄到達紅光照射位置 (即 LA3 被計數結束時)，控制部發出訊號開始記錄紅光反射量，同時計數 LA4 與 LA5，當 LA5 計數結束時，使紅光 LED 熄滅。當蕃茄到達綠光照射位置時 (即 LA4 計數結束時)，開始記錄綠光反射量，並開始計數 LA5，當 LA5 計數結束後，亦使綠光 LED 熄滅。標準白板反射量的量測方法亦同。

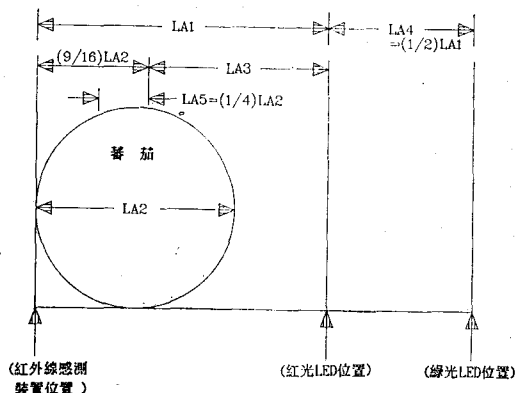


圖 5 選別時間控制示意圖

#### (C) 自動選別精確度實驗

本實驗以 25 個黑柿品種的紅蕃茄與 25 個綠蕃茄為樣品，每個蕃茄均有編號。此實驗的時間控制同

於第二階段的實驗，並以第二階段實驗的結果計算品質指標作為紅綠蕃茄之分級標準。實驗開始時先作標準白板的反射量測量，將標準白板的紅光反射量與綠光反射量存於某一特定記憶位置中，然後以連續的方式進行蕃茄的選別。其選別結果由結果顯示器 (LED) 顯示出來。

#### 四、結果與討論

##### (A) 靜態實驗結果分析

將每個蕃茄的紅光反射量平均值除以標準白板的紅光反射量平均值，求得紅光反射率 ( $R_r/R_{r0}$ )；同時以每個蕃茄綠光反射量平均值除以標準白板的綠光反射量平均值，求得綠光反射率 ( $R_g/R_{g0}$ )；最後求出品質指標  $(QI)_2 = (R_r/R_{r0} - R_g/R_{g0}) / (R_r/R_{r0})$ 。

由隨機完全區集 (Randomized Complete Block Design) 統計方法分析，求得之結果列於表 1 與表 2 (謝, 1988)，以 5% 的顯著水準而言，不同的蕃茄與同蕃茄不同位置對品質指標值的影響不具顯著性。

另將所有蕃茄的品質指標值分成紅色與綠色兩個組羣，以常態分配來分析，求其平均值與標準差，並以平均值加減一個標準差繪成圖 6。由圖中可明顯看出紅綠蕃茄的品質指標有顯著的差異且無重疊現象，此一結果說明以本實驗所得到之品質指標來選別紅綠蕃茄相當可行。

表 1 靜態實驗紅蕃茄之統計分析結果

變因	自由度 (df)	F 檢定	F <sub>0.05</sub>
不同蕃茄	4	0.4017	IS
不同位置	4	0.1874	IS

IS: 不顯著

表 2 靜態實驗綠蕃茄之統計分析結果

變因	自由度 (df)	F 檢定	F <sub>0.05</sub>
不同蕃茄	4	1.6646	IS
不同位置	4	0.6472	IS

IS: 不顯著

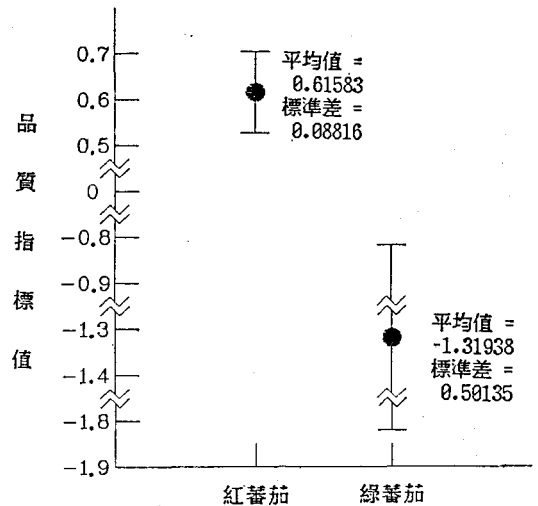
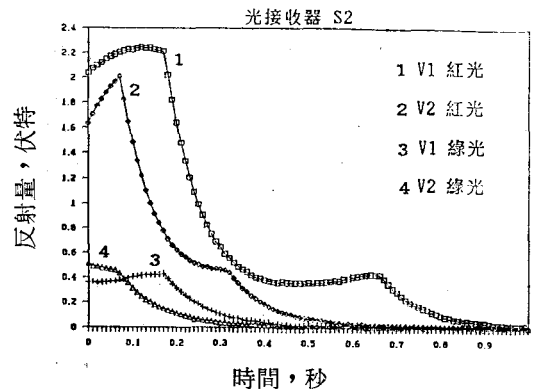


圖 6 靜態實驗紅綠蕃茄品質指標圖 (平均值加減一個標準差)

##### (B) 光接收器與皮帶速度實驗之結果與分析

圖 7(a)、(b)、(c) 為紅蕃茄 1、綠蕃茄 1 及標準白板以光接收器 S2 為單位之反射量與時間之典型曲線圖。每個圖有四條曲線，分別為速度 V1 之紅光反射、速度 V1 之綠光反射、速度 V2 之紅光反射、以及速度 V2 之綠光反射等曲線。由圖 7 中可觀察到在速度 V1 時，約在 0.16 秒處曲線突然下降，此即為有效時間 (LA5) 停止處 (對紅光而言，是為紅光 LED 熄滅時，對綠光言，是為綠光 LED 熄滅時)，但在速度 V2 時，此有效時間則為 0.08 秒。所以說，對速度 V1 而言，以其前 16 筆資料 (即前 0.16 秒) 的平均值為反射量代表；對速度 V2 言，則求前 8 筆資料 (即前 0.08 秒) 的平均值為反射量代表，並品質指標， $((QI)_2 = (R_r/R_{r0})$



V1: 每秒 10 公分      V2: 每秒 20 公分

圖 7(a) 不同光接收器與不同速度比較實驗反射量曲線圖 (紅蕃茄 1)

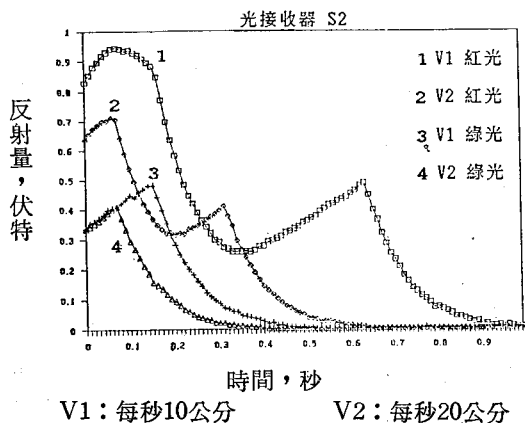


圖 7(b) 不同光接收器與不同速度比較實驗反射量曲線圖 (綠蕃茄 1)

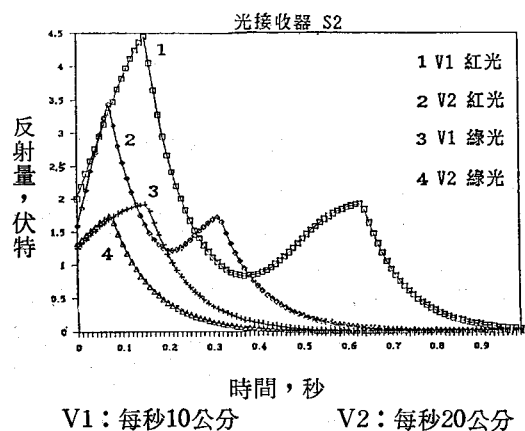


圖 7(c) 不同光接收器與不同速度比較實驗反射量曲線圖 (標準白板)

$-R_g/R_{g0})/(R_r/R_{r0})$ 。S1 接受器之結果亦同 (謝, 1988)。

為了解光接收器與進料速度對蕃茄品質指標之影響, 以固定模式之多變觀值二維變方 (Two Way Analysis, Fixed Models and Multiple Observations) 之統計分析方法來分析, 所得結果列於表 3 與表 4 (謝, 1988)。分別以 5% 及 1% 兩種顯著水準進行統計分析, 由表 3 與表 4, 可知對紅蕃茄而言, 在此兩種顯著水準下, 光接收器與速度均有顯著影響; 而對綠蕃茄而言, 在此兩種顯著水準下, 光接收器對品質指標值沒有顯著影響, 但速度的影響則反之。光接收器之有無顯著影響可能與反光射波長及光接收器反應特性有關, 至於速度之影響可能因為速度會造成光源、光接收器及蕃茄之相對位置的差異。就交感作用的影響言, 紅、綠蕃茄均沒有顯著的影響。

就不同光接收器與不同速度的四種狀況來看, 將紅、綠蕃茄以常態分佈來分析, 求其品質指標的平均值與標準差, 並以平均值加減一個標準差繪成圖 8, 可知四種狀況之紅綠蕃茄均有明顯的分別且無重疊之現象。因此, 雖然在變方分析中, 不同光接收器與速度對品質指標值有影響, 然而對分別紅綠蕃茄而言, 品質指標值仍有明顯界限。

表 3 光接收器與進料速度影響紅蕃茄品質指標值之統計分析結果

變 因	自由度 (df)	F 檢定	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
不同接收器	1	10.01396	S	S
不同速度	1	10.53074	S	S
交互	1	3.63467	IS	IS

S: 顯著      IS: 不顯著

表 4 光接收器與進料速度影響綠蕃茄品質指標值之統計分析結果

變 因	自由度 (df)	F 檢定	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
不同接收器	1	0.03407	IS	IS
不同速度	1	12.29677	S	S
交互	1	0.73282	IS	IS

S: 顯著      IS: 不顯著

### (C) 自動選別實驗結果

本階段實驗指標的選別標準則由第二階段實驗的品質指標結果而定。由圖 8 可知, 紅色蕃茄之指標值均大於 0.5, 而綠色蕃茄之指標值均小於 0.2, 基於微處理機二進位之要求, 本實驗選定以品質指標值 0.25 為紅綠蕃茄之選別標準, 當實驗的蕃茄被計算出來之品質指標值大於或等於 0.25 時則判斷為紅色蕃茄, 反之則判斷為綠色蕃茄。

將 25 個紅蕃茄與 25 個綠蕃茄分別利用不同光接收器 (S1 與 S2) 與不同速度 (V1=10 公分/秒, V2=20 公分/秒) 做實驗, 四種組合狀況分別重覆實驗三次, 並計算實驗精確度, 其公式如下:

$$\text{精確度} = \frac{\text{判斷正確之蕃茄數}}{\text{實驗之總蕃茄數}}$$

計算自動選別精確度所得結果列於表 5, 由表 5 中可知精確度均大於 96%, 即每次 50 個蕃茄中最多只

有兩個蕃茄被判斷錯誤，而被判斷錯誤者均為綠色蕃茄被判斷為紅色蕃茄，其原因可能為，選別標準（其值為0.25）較接近綠色蕃茄之品質指標值上限（其值為0.2）之故。實驗結果顯示出在高速度的狀況下，自動選別的精確度略低於速度低者。

由此實驗，可知在皮帶速度每秒20公分的情況下，每個蕃茄自開始進入暗室至選別結束約須1.5秒的時間，換算成處理能量，則為每分鐘可處理40個蕃茄。

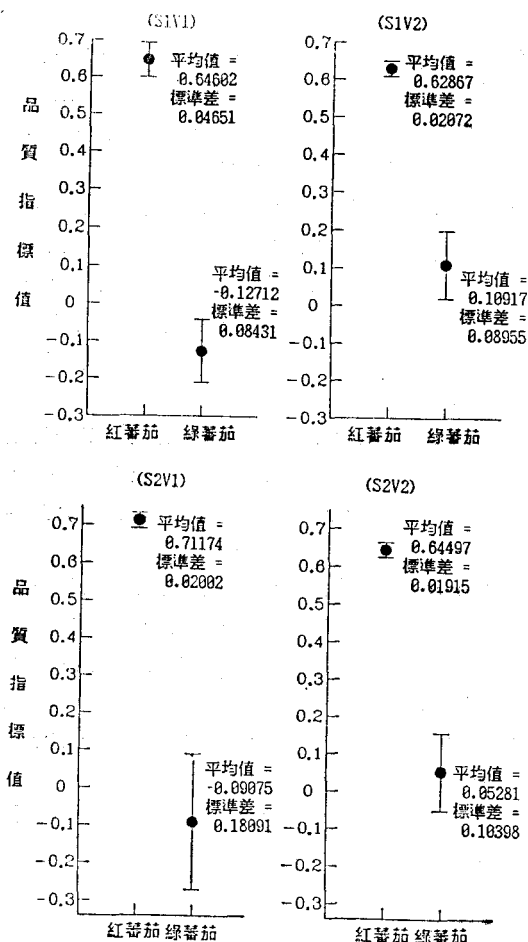


圖8 不同光接收器與不同速度比較實驗紅綠蕃茄品質指標圖（平均值加減一個標準差）

S1：HAMAMATSU之光二極體S1336；

S2：HAMAMATSU之光二極體S1226；

V1：每秒10公分的速度

V2：每秒20公分的速度

表5 自動選別實驗之精確度 單位：(%)

速度	接收器		S1	S2
	次數			
V1	第 一 次		100	100
	第 二 次		98	98
	第 三 次		98	98
	平 均		98.7	98.7
V2	第 一 次		98	98
	第 二 次		96	98
	第 三 次		96	96
	平 均		96.7	97.3

## 五、結 論

1. 本蕃茄顏色光電選別裝置，以發光二極體為光源，光二極體為光接收器，配合放大電路，類比／數位轉換電路，及其他週邊設備，由 Z-80 單板微電腦控制其動作時間，計算與判斷，已能達成自動化選別紅綠蕃茄之目的，並可發出指令指示選別的結果。

2. 以雙波長反射率的組合  $((R_r/R_{r0}-R_g/R_{g0})/(R_r/R_{r0}))$  為品質指標，並以指標值 0.25 為紅綠蕃茄選別標準，在每秒20公分的皮帶速度（處理能量為每分40個蕃茄）的狀況下，其選別精確度可達96%以上，而在每秒10公分的皮帶速度下，其精確度可提高至98%以上。

3. 統計分析結果顯示，以 5% 的顯著水準而言，不同的蕃茄與同蕃茄不同位置對品質指標值的影響不具顯著性。另分別以 5% 及 1% 兩種顯著水準對品質指標值進行統計分析，對紅蕃茄言，在此兩種顯著水準下，光接收器與速度均有顯著影響；而對綠蕃茄言，在此兩種顯著水準下，光接收器對品質指標值沒有顯著影響，但速度的影響則反之；就交感作用的影響而言，紅、綠蕃茄均沒有顯著的影響。

4. 本設計採用 LED 為光源較傳統之燈炮光源有更多的優點：體積小、所耗能量小、壽命長，亮度較不受時間影響，所發出之光線接近單一波長，不須再使用濾鏡，且有聚光、方向性良好等特質。

5. 此研究成果應可推廣於其他類似顏色之農產品與食品之分級作業。

## 六、建 議

由於本裝置係初步研製，重點放在選別部與控制部，建議將來之研究可進一步針對農產品原料之特性並配合選別部之要求設計適當的進料機構，另設計分級出料機構以配合控制部，完成整部的選別裝置。並探討不同等級的紅色或綠色蕃茄品質指標，以分級不同程度之紅色或綠色之蕃茄。而表面長霉或污損之選別亦是將來研究之方向。

另外可在選別部將選別方式加以調整，例如使用兩個光接收器，分別接收紅光與綠光的反射，相信可達到更高精確度與高速度的選別效果。又如利用多光接收器分別接收不同表面位置的反射光，或採用旋轉蕃茄方式，以達到整個蕃茄表面的顏色選別。

## 七、誌 謝

1. 本研究承農委會77農建-7.1-糧-6B 計劃之經費補助，謹誌謝意。

2. 研究期間，承蒙陳俊傑工程師，馮丁樹、盧福明、黃陽仁、陳俊明諸位教授及薛文珍、楊棧雲、田秉才、邱宗榮、黎煥興等同學之協助，特此致謝。

## 八、參 考 文 獻

1. 黃連進譯，1979. Z-80組合語言程式設計。儒林圖書有限公司。
2. 郭念台譯，1983. Z-80微電腦類比／數位轉換器。儒林圖書有限公司。
3. 陳金追譯，1984. Z-80硬體及應用。松崗電腦圖書資料有限公司。
4. 許書務，1985. 光電元件應用技術。全華科技

圖書股份有限公司。

5. 陳連春，1986. 運算放大器原理應用。建興出版社。
6. 洪愼德，1987. 光電蔬果大小選別裝置之研究。碩士論文，國立臺灣大學農業工程學研究所，臺北。
7. 陳世銘，謝廣文。1988. 蕃茄顏色之光電選別。中國農業工程學報 34(2):49-54，臺北。
8. 謝廣文。1988. 蕃茄顏色之光電選別室設計。碩士論文，國立臺灣大學農業工程學研究所，臺北。
9. Chang, C. S., C. R. Martin, and F. S. Lai. 1986. Grain Velocity Measurement of Optical Sensors. Transactions of the ASAE 29 (15):1451-1455.
10. Goddard, W.S., M. O'Brien, C. Lorenzen, and D. W. Williams. 1975. Development of Criteria for Mechanization of Grading Processing Tomatoes. Transactions of the ASAE 18(1): 190-193.
11. Moini Samad and Michael O'Brien. 1978. Tomatoes Color versus Maturity. Transactions of the ASAE 21(4):797-809.
12. Powers, J. B., Gunn, J. T. and Jacob. F. C. 1953. Electronic Color Sorting of Fruits and Vegetables. Agric. Eng. 34, 149-154, 158.
13. Texas Instruments. 1984. Linear Circuits Data Book.
14. Texas Instruments. 1984. The TTL Data Book, Volume 2.

專營土木、水利、建築等工程

享志營造股份有限公司

負責人：江 長 榮

地 址：羅東鎮公正路274之號5 電話：(039)549828