

應用影像處理進行番茄分級之研究

李汪盛、張金發

摘要

為探討以彩色影像處理系統量測番茄大小及顏色分級之可行性。本研究以 HSB 表色系統建立番茄顏色分級模式，將番茄顏色分成紅色、紅綠與綠色三種顏色等級，其分級標準可由使用者自行設定。此外，本系統亦可同時將番茄大小區分為大、中及小三級，其分級標準亦可由使用者自行設定。測試結果顯示，番茄顏色與大小分級與人工分級結果相符程度分別為 96% 及 98%，證明彩色影像處理系統可結合其他分級機週邊設備使用。

關鍵詞：番茄、影像處理、分級。

前言

在水果的分級標準中，果實表面顏色及大小是相當重要的依據。水果表面的顏色不但與其成熟程度和品質有密切的關係，同時也影響其商品價值，顏色好看的水果較受歡迎。在水果的分級種類中，大小、重量、形狀等選別方式絕大多數都可透過機構的安排來完成分級，而且都有很好的作業性能，唯獨在顏色方面必須仰賴人工以視力來分級。而以人工行顏色分級則易受個人對顏色的主觀感覺、視覺疲勞和外界光線變化等因素而影響分級結果。較早用來代替人工從事顏色選別是利用光感應器偵測物體反射之光譜而判斷其顏色，但利用光電技術的缺點是不易獲得顏色在物體表面分佈情形的資料，同時無法對物體影像做進一步的處理。近年來，由於大容量的記憶體及高速的微處理器相繼推出而且價格愈趨合理，使得機器視覺的應用日益廣泛。而彩色影像系統更為顏色的辨認提供了一項有效的技術⁽¹⁻⁷⁾。本研究之目的是利用彩色電腦影像處理技術判別番茄的顏色及大小，將番茄依判定的結果予以分級，以提升農產品應用數位影像系統建立分級自動化的能力。

材料與方法

一、材料

本試驗採用 2002 年 4 月 5 日楊梅鎮富岡里泓興蔬果自動化育苗場生產之番茄，品種為桃園亞蔬九號，數量為 128 個，採收提供測試之番茄物性，如表 1。

表 1. 採收提供測試之番茄物性

Table 1. Physical characteristics of test tomatoes.

	紅色 Red	紅綠色 Red-green	綠色 Green
大 ^{z)} Big	29	15	15
中 Medium	12	7	8
小 Small	35	0	7
總計 Total	76	22	30

z) 大：番茄直徑大於 76 mm；中：63 ≤ 番茄直徑 ≤ 76 mm；小：番茄直徑小於 63 mm。
Big size: diameter of tomato > 76 mm; Medium size: 63 ≤ diameter of tomato ≤ 76 mm;
Small size: diameter of tomato < 63 mm.

二、影像校正

先取得已知直徑之影像，以游標卡尺量測其直徑，計算其像數總數，再求出像數 X 及 Y 方向的校正係數，計算公式如下：

$$C_x = \text{直徑} / X \text{方向直徑的像數點數} \quad (1)$$

$$C_y = \text{直徑} / Y \text{方向直徑的像數點數} \quad (2)$$

三、分級方法之建立

國產優良品牌蔬菜品質規格標準有關番茄部分（適用品種為台中亞蔬四號、花蓮亞蔬五號、黑柿品系）品質標準為同一品種果型完整、色澤優良、適度成熟或七分轉色、外觀平滑、無軟化、無藥斑、無裂痕、無軟熟果、無擦傷、無病蟲危害或斑痕、日燒或其他傷害、糖度 5.5 度以上、果徑 7-8 cm、果重 180-200 g。本研究使用番茄品種為桃園亞蔬九號，前述分級標準可以提供參考。番茄品質分級標準可以歸納為外觀品質及內部品質兩項，外觀品質部分可以利用影像系統加以判別，重量部分一般是以應變荷重元 (Loadcell) 來量測，而重量常與其幾何大小成一定之關係，因此可以利用影像技術決定其長軸值作為判定大小之依據。本研究研究重點在於利用影像技術決定番茄外觀品質，至於番茄內部品質方面糖度之檢測可以應用近紅外光等非破壞檢測技術加以測定⁽⁸⁾，因不屬於研究主題不再贅述。

(一) 大小量測

本研究利用番茄之長軸取代重量作為判定大小之依據。

(二) 顏色分級

HSB (Hue, Saturation, Brightness) 表色系統基本上將顏色以三個屬性來表示，即色相 (hue)、彩度 (saturation) 及明度 (brightness)，如圖 1。色相又稱為色調，是指色彩的相貌，或是區別色彩的名稱或色彩的種類，而色相與色彩明暗無關。如：蘋果是紅色的，「紅色」便是一種色相。彩度指色彩的強弱，亦可說是色的飽和度 (saturation)。純粹色彩中無黑白色之混入，達飽和度之色或稱純色。也就是說，當純色與黑、灰、白或其他顏色混合以後，彩度就會降低。黃色的彩度最高，其次是橙、紅、青、紫。明度指色彩的明暗程度，光度的高低，要看其接近白色或灰色的程度而定，越接近白色明度越高，越接近黑色其明度越低。在無彩色中，明度最高與最低分別為白色與黑色；在有彩色中，黃色明度最高，紫色明度最低。

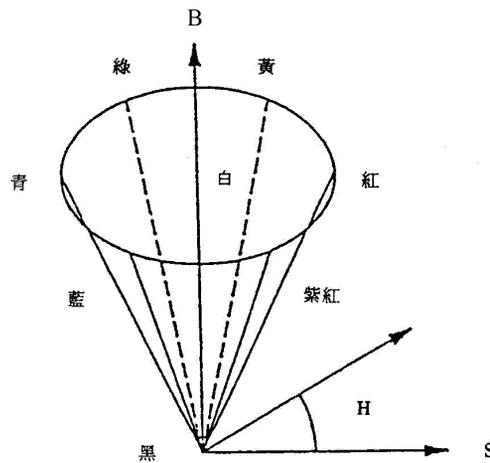


圖 1. HSB 表色系統

Fig. 1. HSB color system.

色彩的三屬性說明了色彩的性質，表 2 為此三屬性做一簡單整理：

表 2. HSB 表色系統特性

Table 2. Characteristics of HSB color system.

名稱 Name	簡寫 Abbreviation	定義 Definition	其他名稱 Alias
色相 Hue	H	區別色彩相貌的名稱	波長、色調
彩度 Saturation / Chroma	S / C	區別色彩鮮濁度的名稱	純度、色度
明度 Brightness / Value	B / V	區別色彩明暗程度的名稱	光度、輝度

四、試驗設備

本研究著重於硬體架構及控制軟體之設計與開發，整個系統是由數位相機、影像處理卡、光源、控制電腦及試驗用水果輸送機等設備組合而成，分述如下：

1. 數位相機 (Charge couple device : CCD)：台灣博凱科技有限公司 PC-450DN 型，其功能是将實際物體的光能量轉換類比的電壓訊號，可輸出 RGB 訊號或 NTSC 複合彩色視訊。此機型感光元件的解析度為 768*494。
2. 影像處理卡：加拿大 Matrox 公司生產，型號為 Meteor。影像處理卡主要扮演攝影機與電腦間影像訊號的轉換與傳輸，將攝影機所擷取的影像轉換並將每個像素點的灰階儲存於相對應的記憶體內再由電腦做影像處理。
3. 光源：台灣威力盟電子股份有限公司冷陰極螢光燈，屬於低壓水銀放電燈。螢光燈內部封入微量的水銀，此水銀原子於放電中被電子衝擊而產生 253.7nm 紫外線，經螢光體轉變為可見光，波長範圍 350 - 780 nm。點燈的穩定時間要 3 至 5 分鐘，25°C 時點燈的瞬間光輸出約為穩定時 70%，30 秒後可達 90%。在實用溫度範圍內使用時，冷陰極螢光燈的發光效率優於不使用水銀的氬氣燈，因氬氣燈發光效率差，如想得到與冷陰極螢光燈同樣的光輸出時，放電電流要數倍，因此造成管壁溫升高、電磁噪音增大、壽命減少等問題。
4. 控制電腦：P II 等級個人電腦。

五、分析軟體

本研究中所用到之影像分析軟體為利用 Borland C++ 語言自行研究開發撰寫的影像分析軟體，可分析水果大小及顏色各三級。

六、有關性能評估的相關統計定義

$$\text{正確率} = \frac{\text{分級正確個數}}{\text{全部樣本數}} \times 100\%$$

結果與討論

水果外部品質分級雛形機主要包括控制電腦、數位攝影機、燈光、影像擷取卡、IO 控制卡、9 個燈號之 LED 顯示器及水果承載與輸送裝置（含步進馬達驅動模組）等零組件，開發軟體工具為 Borland Builder 5.0 C ++ 軟體，可進行水果之大小及色澤各三級選別，共可區分水果為 9 級，水果外部品質分級雛形機及水果承載座外觀，如圖 2。

水果大小分類運算過程，說明如下：（1）擷取影像四周資料，分析背景顏色（2）分析整張影像，找出背景部分。（3）整張影像扣除背景部分，即為水果影像。（4）求出水果影像之像數 (pixels)

數。(5) 依據CCD解析度及水果影像之像數數，即可求出水果大小。番茄大小分級標準，由式 (1) 及式 (2) 之番茄大小左值及右值決定。本實驗番茄大小分級標準設計成可藉由兩種方式而建立 (1) 直接輸入大、中、小等級標準值，輸入標準值以 mm 為單位。(2) 透過人工選出大、中、小等級之番茄直接置於本系統進行影像擷取以獲得三個等級之分級標準值。分級時，若番茄大小尺寸小於左值就判定大小等級為小，大於右值就判定大小等級為大，而介於兩者之間就判定為大小等級為中。實驗結果顯示，應用影像處理進行番茄大小分級與人工利用游標尺實際量測之分級結果相符的程度為 98%。圖 3 為直徑 71 mm 之番茄，水果放置位置改變時（行進方向；x 軸）之量測結果，由圖中可發現，改變番茄中心距離為原中心點 X 方向距離為 2 cm 以內時，待測物直徑量測誤差可忽略不計。圖 4 為直徑 71 mm 之番茄，水果放置位置改變時（垂直行進方向；y 軸）之量測結果，當番茄位置改變時，待測物直徑量測誤差量與番茄中心點位置成線性關係，誤差值不可忽略。推就其原因可以發現，待測物量測值因水果不同垂直位置而產生誤差，主要原因與數位相機架設之相對位置有關，目前數位相機架設位置為水果承載座右後上方 33 cm 處，y 軸方向之水果置放位置改變時，水果與數位相機鏡頭相對距離變化量不能忽略，數位相機與水果承載座中心相關位置，如圖 5。

$$\text{左值} = D_m - 0.5 * (D_m - D_s) \quad (1)$$

$$\text{右值} = D_m + 0.5 * (D_b - D_m) \quad (2)$$

其中 D_s ：小型番茄尺寸 (mm)

D_m ：中型番茄尺寸 (mm)

D_b ：大型番茄尺寸 (mm)

楊等人 (1994) 及柯等人 (1999) 研究指出應用影像技術進行番茄顏色分級⁽⁹⁾ 及荔枝果皮顏色變化⁽¹⁰⁾ 均以 HSB 表色系統之色相值有較優之分級能力。因此，本研究直接使用 HSB 表色系統之色相值進行分析，由於番茄至目前為止尚未建立顏色等級的標準，所以在本實驗中所建立之顏色標準是以人的視力來判定。番茄顏色分佈範圍介於紅色與綠色之間，因此先以人工將所有樣品區分為紅色、紅綠色和綠色三級，經過人工分級後之樣本計有紅色等級 76 個、紅綠色等級 22 個及綠色等級 30 個。水果顏色分類，本研究採用 HSB (Hue, Saturation, Brightness) 表色系統而非採用 RGB (Red, Green, Blue) 表色系統，根據初步試驗結果顯示，利用色相 (Hue) 差異即可正確區分水果顏色為紅、紅綠、綠三級。顏色分類運算過程，說明如下：(1) 擷取影像四周資料，分析背景顏色 (2) 分析整張影像，找出背景部分。(3) 整張影像扣除背景部分，即為水果影像。(4) 扣除影像中的陰影部分及白光 (反光) 部分。(5) 將其餘水果影像部分進行顏色 (色相) 的平均運算，即為水果顏色。本實驗番茄顏色分級標準設計成可藉由兩種方式而建立 (1) 直接由色票上以滑鼠選取紅色、紅綠色和綠色等級標準值。(2) 透過人工選出紅色、紅綠色和綠色等級之番茄直接置於本系統進行影像擷取以獲得三個等級之分級標準值。番茄顏色分級標準，由式 (3) 及式 (4) 之番茄顏色分級左值及右值決定。分級時，若番茄顏色小於左值就判定顏色等級為紅色，大於右值就判定顏色等級為綠色，而介於兩者之間就判定為顏色等級為紅綠色，實驗結果顯示，應用影像處理進行番茄顏色分級與人工分級結果相符的程度為 96%。

$$\text{左值} = C_m - 0.5 * (C_m - C_r) \quad (3)$$

$$\text{右值} = C_m + 0.5 * (C_g - C_m) \quad (4)$$

其中 Cr : 紅色番茄的色相值

Cm : 紅綠色番茄的色相值

Cg : 綠色番茄的色相值

本研究建立了應用機械視覺判斷水果外觀品質之可行性，本研究雖屬研發雛形階段，但研發之番茄顏色及大小分類程式，可做為後續研究之參考，目前本計劃後續工作將針對初步研究結果進行機電整合，朝非破壞性、線上水果檢測系統方向努力。

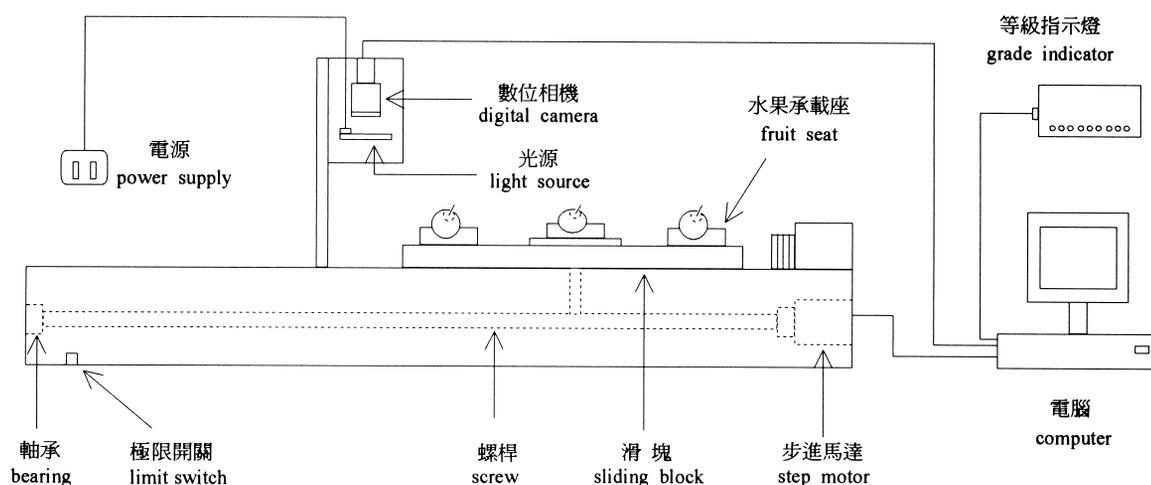


圖 2. 番茄影像分級機之研製示意圖

Fig. 2. Schematic diagrams of tomato image grading system.

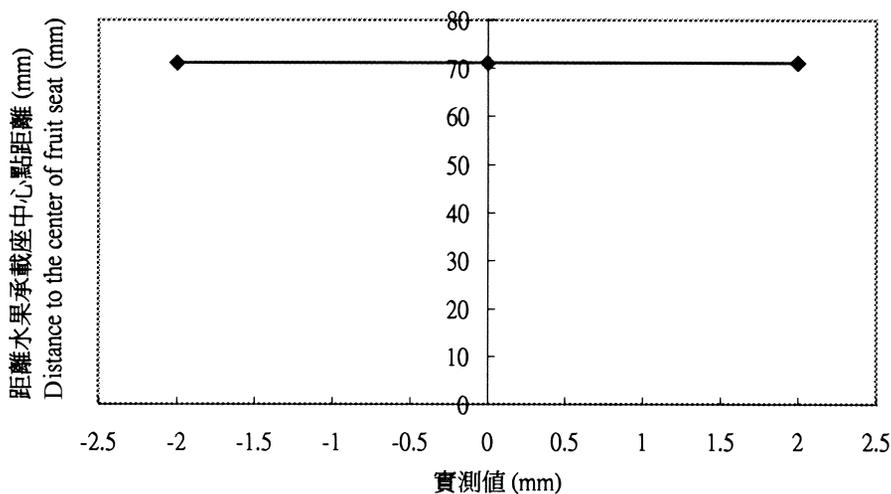


圖 3. 直徑 71 mm 之番茄，x 軸水果放置位置改變時之量測結果

Fig. 3. The results of measurement of observation value of tomatoes with diameter 71 mm from different x-axial dispositions.

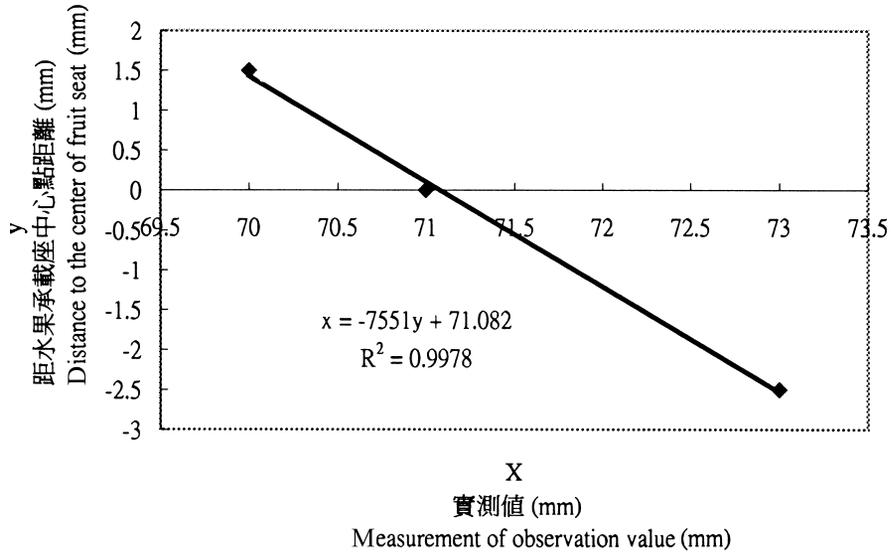


圖4. 直徑 71 mm 之番茄，水果放置位置改變時 (y 軸) 之量測結果
Fig. 4. The results of measurement of observation value of tomatoes with diameter 71 mm from different y-axial dispositions.

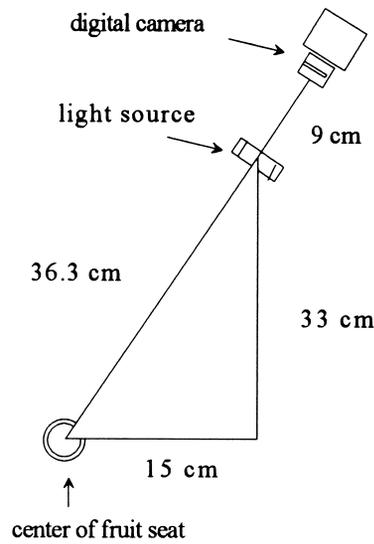


圖5. 番茄影像分級系統數位相機與水果承載座相對位置圖
Fig. 5. Illustration of relative distance between digital camera and center of fruit seat of tomato image grading system.

參考文獻

- 1.柯健全、黃膺仁、艾群。1999。應用影像處理檢測荔枝果皮顏色之變化。農業機械學刊8(1): 59-68。
- 2.黃膺仁、李芳藩。1994。使用影像處理進行棗子分級之研究。農業機械學刊6(2): 15-23。
- 3.楊清富、李芳藩。1994。應用機械視覺進行番茄顏色分級之研究。農業機械學刊3(1): 15-29。
- 4.郭興家、吳立人、張允豪。1999。類神經網路應用於影像處理魷魚分級之研究。農業機械學刊8(1): 25-38。
- 5.謝清霖、馮丁樹、陳世銘。1992。數位影像處理在蔬果大小選別之應用。農業機械學刊1(1): 29-41。
- 6.萬一怒、廖家興。1996。糙米外觀影像特徵之研究。農業機械學刊5(2): 49-99。
- 7.萬一怒、溫惠雯。1996。糙米品質自動檢測分級系統(二)糙米外觀品質檢測之研究。農業機械學刊7(2): 13-27。
- 8.蔡兆胤、謝俊夫、謝欽城。以近紅外光線光譜分析預測小番茄之糖度。八十八年農業機械論文發表會論文摘要集。嘉義：國立嘉義技術學院。pp. 107-108。

The Use of Image Processing for Tomato Grading

Wang-Sheng Li and Chin-Fa Chang

Summary

The purpose of this study was to evaluate the feasibility of application of color image processing system to measure the size and differentiate the color of tomatoes for quality grading. The grading method was established by using HSB color system, which could differentiate tomatoes' color into red, red-green, and green. The grading standard could be selected by the user. Mean-while, this system could also differentiate the size of tomatoes into big, medium, and small three degrees. The observed values of grading color and size of tomatoes by means of machine vision system were coincident with that by manual method at 96% and 98%, respectively. It is confirmed that this image processing system could be able to adapt with other grading equipments.

Key words: tomato, image processing, grading.