

檸檬顏色分級方法之建立

Establishment of a Color Grading Method for Lemons

國立中興大學農機系副教授

李 芳 繁

Fang-Fan Lee

摘 要

首先將檸檬以人工分成綠色、黃綠色及黃色三級，然後使用彩色攝影機取得檸檬表面顏色資料，經轉換和計算求出各級檸檬顏色之標準值，標準值以色相和彩度表示。這些顏色標準值被用以將檸檬影像之像素分類成綠色、黃綠色和黃色三種以分級檸檬。分級結果與人工分級結果相近似。

ABSTRACT

Lemons were first manually graded into green, greenish-yellow, and yellow colors. Then, a RGB color camera was utilized to get the color data of lemons. Three color criteria, in hue and saturation, were determined from the color data. These color criteria were used to classify the pixels of each lemon image into green, greenish-yellow, and yellow colors which in turn were used to color grade lemons. Grading results were close to that of the manual grading.

一、前 言

水果表面顏色與水果之成熟度有密切的關係，隨着成熟度的增加番茄的表面顏色由綠色轉變成紅色，而檸檬則由綠色轉變成黃色。水果表面顏色不但與其成熟度有關，而且也與水果之品質有關，同時色澤漂亮之水果也較吸引人，所以水果表面顏色是水果選別與分級上的一個重要標準。

人類看到的物體之顏色是由其表面的反射光譜中波長 400nm 至 700nm 的光線所決定。所有的色彩對眼睛來說是由三原色——紅、綠和藍色以不同的成份組成的。爲了標準化，CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) 指定紅色波長爲 700nm，綠色波長爲 546.1nm，藍色波長爲 435.8nm (Gonzalez與 Wintz, 1987)。

任一顏色可分成三個部份，即亮度 (brightness)，色相 (hue) 和彩度 (saturation)；色相和彩度合稱色品 (chromaticity)

顏色座標系統有很多種，其中之一種是 Hunter 的 Lab 系統。在此系統 L 值代表亮度，L 值愈大表示亮度愈大，a 值代表紅綠成份，正的 a 值表示紅色成份較多，負的 a 值表示綠色成份較多，b 值代表黃藍成份，正的 b 值表示顏色偏黃，負的 b 值表示顏色偏藍。

另外一種顏色座標系統是 NTSC (National Television Systems Committee) 的 RGB (紅綠藍) 原色系統。這個系統可以下式：

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (1)$$

轉換為 NTSC的YIQ 系統 (Jain, 1989), 其中 Y是亮度 (灰度), I 和Q 共同代表色相和彩度。若再以下列二式運算:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{Q}{I}\right) \quad (2)$$

$$\rho = (I^2 + Q^2)^{1/2} \quad (3)$$

可得到 Y θ ρ 系統 (Slaughter 與 Harrell, 1987), 其中 θ 代表色相, ρ 代表彩度。

水果顏色選別大多是利用不同的顏色有不同的反射光譜之原理。Stephenson (1974) 利用光感應器偵測番茄表面反射光, 進行機械採收之番茄的顏色選別, 將番茄分成紅色和綠色兩類。Heron 與 Zachariah (1974) 使用光電偵測器以顏色選別加工用番茄, 將成熟番茄與未成熟番茄分開。Moini 與 O'Brien (1978) 利用番茄表面反射光譜之特徵, 使用不同波長的反射強度建立選別標準, 用以選別番茄。陳與謝 (1988) 分析番茄表面光學反射性質, 建立番茄顏色選別之品質指標, 並根據品質指標成功地設計出顏色選別室。田等 (1989) 利用不同顏色之檸檬表面反射光譜不一樣的特性 (圖 1), 求出檸檬的顏色品質指標, 並定出黃色與黃綠色檸檬之分級值, 以及黃綠色與綠色檸檬之分級值, 選別精確度達 95%。此外, Delwiche 與 Baumgardner (1985) 則使用色差計以 L, a, b 顏色座標量測桃子在生長與成熟過程中底色的變化情形, 建立了以底色及其所佔之面積為標準的成熟度指標。

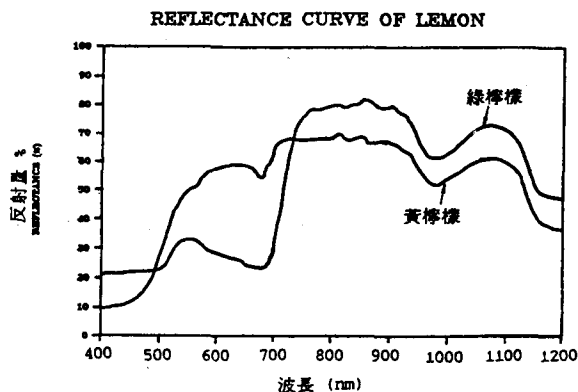


圖 1 檸檬的反射光譜

近年來, 由於電腦視覺設備價格降低, 功能增強, 因此在農業上的使用也就快速增加。Sarkar

與 Wolfe (1985) 使用電腦視覺系統, 以番茄影像的平均灰度值做為番茄顏色分級之標準, 將番茄分成鮮食用與加工用兩種。Miller 與 Delwiche (1989) 以桃子之「成熟度參考顏色」做標準, 使用彩色電腦視覺系統分級鮮食用桃子。Slaughter 與 Harrell (1987) 利用柑橘果實與樹葉、土壤及天空在顏色上的差異, 做果實定位, 以引導機械手臂採收果實。

二、研究目的

本研究之目的為建立一種以人工顏色分級之檸檬樣品的顏色資料為基礎, 使用影像處理技術, 以顏色分級檸檬之方法。此分級方法之結果需與人工分級之結果相近。

三、儀器設備

本研究使用之儀器設備包括:

(一) 色差計 (ND-1001 DP, NIPPON DENSHOKU KOGYO CO. LTD.), 本色差計可以測量 CIE 之 Y, X, Z 值和 Hunter 顏色座標系統之 L, a, b 值。

(二) 彩色 CCD 攝影機 (TMC-50RGB, PULNIX AMERICA, INC.), 本機可輸出 NTSC 複合彩色視訊和 R, G, B 視訊。

(三) 即時影像擷取器 (VS-100-AT, IMAGING TECHNOLOGY INC.), 記憶容量為 1024×1024×8 位元, 可儲存四張影像。

(四) 十三吋彩色影像監視器 (PVM-1342Q, SONY)。

(五) 微電腦 (EPSON PC AX)。

四、實驗方法

(一) 影像之擷取

取像時檸檬放置於黑布上, 照明係使用兩盞 100W 之鎢絲燈, 此兩盞燈分別置於檸檬之兩側, 攝影機之光圈為 2.8, 鏡頭至黑布之距離為 400mm。彩色攝影機將檸檬表皮之顏色轉換成紅、綠和藍三種視訊, 並輸出至影像擷取器。影像擷取器將這些信號數位化為紅色、綠色和藍色影像後存入它的記憶體。每一個樣品均有紅色(R)、綠色(G)及藍色(B)三張不同的影像。每一張影像有 512×512 個像素, 每個像素有 256 種亮度。

(二) 顏色之量測

本研究使用色差計以 Hunter 的 L, a, b 顏色座標系統量測檸檬表面顏色。量測顏色與擷取影像均僅使用樣品的一個面，而且是相同的面。每個樣品量測四個點，每個點的大小等於直徑10mm的圓。因為樣品表面顏色不一定均勻，量測點位置之選擇以使此四個量測點之平均值儘可能代表整個面之顏色為原則。

(三) 影像分割

影像分割是為將樣品與背景分離，以便進行影像分析。因為在綠色影像中，樣品與背景之亮度有顯著差異，所以綠色影像被用來做影像分割。影像分割的分割值為12。紅色和藍色影像中背景的亮度分佈範圍較廣，不適用於做影像分割用。圖2、3與4分別是編號39之樣品的紅色、綠色及藍色影像。



圖2 編號39之樣品的紅色影像



圖3 編號39之樣品的綠色影像

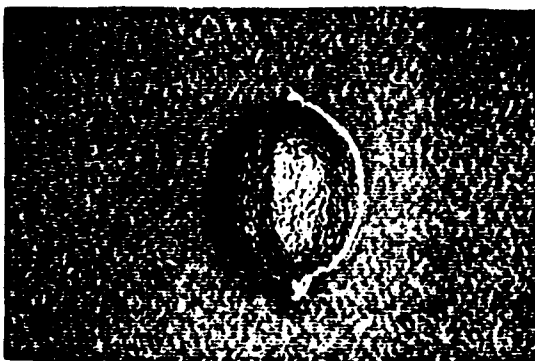


圖4 編號39之樣品的藍色影像

四分級方法

全部樣品先以人工分級分成綠色、黃綠色和黃色三級。樣品共有50個，其中綠色者26個（1~26號），黃綠色者14個（27~40號），黃色者10個（41~50號）。各級內之樣品未完全依照顏色之變化程度順序編號，因為微小的顏色差異人眼無法辨別。

利用公式(1)、(2)與(3)算出每一樣品所有像素之 Y , θ 和 ρ 的平均值，然後再以這些平均值計算同一級內所有樣品的 Y , θ 和 ρ 之平均值。這樣算出的 θ 平均值和 ρ 平均值就是各級樣品之顏色標準值。綠色、黃綠色和黃色三級樣品之顏色標準值各不相同。

各級樣品之顏色標準值決定後，再用以將每一個樣品的所有像素分類。方法是這樣的：計算樣品的每一個像素在 $\theta - \rho$ 平面上距上述三個顏色標準值之距離，如果某一個像素距綠色標準值最近，則此一像素被歸類為綠色像素；如果某一個像素距黃色標準值最近，則此一像素被歸類為黃色像素。樣品之綠色、黃綠色和黃色像素之數目求出後，分別除以樣品之總像素數，即可得到各顏色像素佔總面積之比率。樣品所屬的顏色就等於佔總面積比率最大之像素的顏色。

五、結果與討論

每一個樣品的全部像素的 R, G, B 之平均值，由 R, G, B 值轉換得到的 Y , θ 和 ρ 之平均值以及 L, a, b 之平均值列於表1。

由表1可知，R值和G值與樣品的黃色程度成

表1 實驗數據

樣品編號	R	G	B	Y	θ	ρ	L	a	b	綠色像素, %	黃綠色像素, %	黃色像素, %	人工分級結果	本文方法分級結果
1	39	42	10	37.63	-40.24	14.62	39.4	-12.1	21.2	99.75	0.25	0.00	綠色	綠色
2	35	36	9	33.27	-38.76	12.97	37.7	-11.7	19.6	99.74	0.26	0.00	綠色	綠色
3	39	41	8	37.00	-44.23	15.12	39.7	-12.4	21.4	99.48	0.52	0.00	綠色	綠色
4	37	32	16	32.36	-21.51	10.44	32.9	-11.5	17.1	100.00	0.00	0.00	綠色	綠色
5	38	40	11	36.40	-39.52	13.94	38.5	-12.9	20.4	99.46	0.53	0.01	綠色	綠色
6	40	42	9	37.72	-42.39	15.37	39.6	-13.2	20.7	99.37	0.61	0.02	綠色	綠色
7	37	38	11	35.06	-36.00	12.95	39.2	-12.8	21.4	99.70	0.30	0.00	綠色	綠色
8	57	59	7	53.12	-44.15	23.38	47.2	-14.1	27.1	84.44	15.56	0.00	綠色	綠色
9	46	45	11	41.72	-40.63	16.42	39.6	-11.4	20.8	98.84	1.16	0.00	綠色	綠色
10	50	51	7	45.91	-42.86	20.22	45.8	-12.7	27.1	90.67	9.33	0.00	綠色	綠色
11	60	61	8	55.01	-43.39	24.06	49.1	-12.9	29.3	76.21	23.79	0.00	綠色	綠色
12	44	47	7	42.31	-45.95	17.95	44.9	-13.8	25.3	98.42	1.58	0.00	綠色	綠色
13	49	46	12	43.51	-35.47	16.91	44.2	-10.8	21.6	98.06	1.94	0.00	綠色	綠色
14	61	52	14	51.15	-29.28	20.74	46.4	-13.0	27.5	86.13	13.87	0.00	綠色	綠色
15	62	60	7	55.32	-40.74	25.01	50.9	-12.6	28.5	71.30	28.69	0.01	綠色	綠色
16	51	52	7	46.81	-44.17	20.51	46.3	-12.9	26.8	91.50	8.50	0.00	綠色	綠色
17	58	58	9	52.92	-43.15	22.76	48.6	-13.7	28.3	83.18	16.80	0.01	綠色	綠色
18	61	55	9	52.36	-34.23	23.40	50.3	-11.8	29.0	75.65	24.34	0.01	綠色	綠色
19	74	70	8	64.84	-38.36	29.86	55.3	-12.4	31.8	49.66	49.88	0.46	綠色	黃色
20	73	68	12	63.56	-35.63	27.66	52.6	-10.9	29.0	59.34	40.47	0.19	綠色	綠色
21	60	57	9	52.87	-37.69	23.35	48.3	-13.1	28.2	79.24	20.73	0.03	綠色	綠色
22	65	64	7	58.19	-40.02	26.53	48.8	-12.4	28.2	62.58	37.38	0.04	綠色	綠色
23	59	58	8	53.28	-41.64	23.63	48.6	-13.5	28.8	76.84	23.16	0.00	綠色	綠色
24	80	70	14	67.10	-33.29	29.07	51.5	-11.4	30.4	55.63	38.01	6.36	綠色	綠色
25	59	56	7	51.83	-38.07	23.62	47.5	-12.7	27.6	79.54	20.46	0.00	綠色	綠色
26	70	68	9	62.15	-39.49	28.07	52.1	-11.7	29.8	54.77	45.00	0.23	綠色	綠色
27	77	74	12	68.32	-38.83	29.43	53.8	-12.1	28.4	47.91	52.03	0.07	黃綠色	綠色
28	73	69	8	63.79	-37.87	29.10	52.9	-13.6	30.9	50.63	49.35	0.02	黃綠色	綠色
29	78	70	11	66.16	-32.99	29.93	54.0	-11.4	29.7	45.70	54.25	0.05	黃綠色	綠色
30	94	84	7	79.02	-34.50	38.46	59.6	-10.5	34.6	28.07	61.40	10.52	黃綠色	綠色
31	85	77	12	72.12	-34.71	31.65	62.8	-10.3	35.4	36.25	60.98	2.77	黃綠色	綠色
32	93	84	10	78.59	-34.19	36.45	59.4	-11.7	33.3	25.43	74.24	0.32	黃綠色	綠色
33	117	102	14	97.15	-32.11	45.15	64.2	-10.4	35.8	16.95	65.78	17.28	黃綠色	綠色
34	105	86	7	83.43	-27.87	43.07	64.4	-6.9	37.9	12.62	75.17	12.21	黃綠色	綠色
35	82	73	10	68.79	-32.23	31.57	56.4	-10.7	30.5	40.94	58.93	0.13	黃綠色	綠色
36	100	86	9	81.63	-30.90	39.63	63.5	-4.8	35.5	17.94	76.47	5.59	黃綠色	綠色
37	118	102	16	97.64	-30.70	44.63	66.0	-10.1	36.4	14.03	72.18	13.79	黃綠色	綠色
38	142	117	24	114.22	-26.07	51.49	71.8	-4.5	39.5	8.08	40.45	51.46	黃綠色	綠色
39	81	71	8	67.56	-32.62	32.17	67.1	-7.5	37.5	30.81	69.18	0.01	黃綠色	綠色
40	79	64	12	63.43	-24.80	30.59	54.0	-8.8	29.3	45.12	51.21	3.68	黃綠色	綠色
41	159	110	34	116.72	-13.02	55.62	70.6	-0.8	37.0	5.36	13.10	81.54	黃綠色	綠色
42	180	125	40	132.05	-12.93	61.96	77.9	5.2	42.7	4.00	8.43	87.57	黃綠色	綠色
43	187	136	44	141.13	-15.68	62.83	77.7	1.0	40.5	3.93	6.54	89.53	黃綠色	綠色
44	168	118	33	123.55	-14.28	59.74	75.0	1.2	40.9	5.25	9.45	85.30	黃綠色	綠色
45	166	117	15	120.76	-17.72	66.05	75.2	1.9	43.7	4.47	10.28	85.25	黃綠色	綠色
46	127	98	7	96.61	-24.48	52.29	67.3	-3.9	40.1	11.53	37.24	51.22	黃綠色	綠色
47	148	108	17	110.34	-19.42	57.13	70.7	-0.3	40.2	7.25	17.47	75.28	黃綠色	綠色
48	181	122	30	129.74	-13.20	67.07	78.6	6.4	44.2	4.31	8.07	87.62	黃綠色	綠色
49	163	101	8	109.33	-11.80	69.00	71.6	9.7	42.7	4.16	7.84	87.99	黃綠色	綠色
50	191	115	16	126.64	-9.83	78.84	78.6	12.8	46.2	2.48	2.57	94.95	黃綠色	綠色

正比，綠色檸檬的R值和G值較小，黃色檸檬的R值和G值較大。R值和G值之差也與樣品的黃色程度成正比。至於B值，則與樣品之黃色程度無顯著關係，且其值相對小於R值和G值。表1也顯示，Y， θ 和 ρ 值與檸檬的黃色程度也都成正比。同樣地，愈黃的檸檬其L，a，b值愈大；愈綠的檸檬L，a，b值則愈小。樣品的a值較大表示它的顏色較偏紅色，a值愈小表示它愈接近綠色；正的b值表示偏黃色，而負的b值表示偏藍色。從表1可知，樣品的a值大多小於零或接近零，b值均大於零，這表示樣品的顏色大多在綠色和黃色區域以及綠色與黃色之間，與實際情形相符。

因為Y和L都代表亮度（灰度），它們二者間應該有大的相關係數（圖5）。又因為黃色的亮度較綠色的亮度為大，所以較黃的檸檬亮度值比綠的檸檬為大（表1）。利用這個特性，可以使用黑白影像處理系統以灰度值進行檸檬顏色分級。

表2 顏色標準值

色 品 顏 色	色相, θ	彩度, ρ
綠 色	-38.90°	20.38
黃 綠 色	-32.17°	36.67
黃 色	-15.24°	63.05

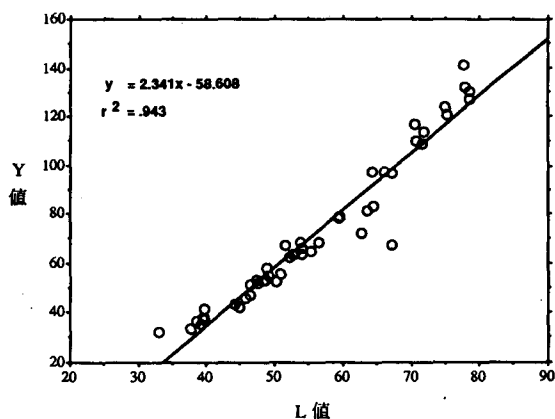


圖5 Y值與L值之關係

表2是顏色標準值。依照顏色標準值對像素顏色分類之結果列於表1。樣品的顏色就等於佔該樣品總像素數百分率最大的像素之顏色。依此標準分級，與人工分級結果不相同者有19、28及38號樣品。樣品19號在人工分級屬於綠色，依照本文之方法分級則屬於黃綠色。雖然如此，可是其綠色像素所佔百分率（49.66）與黃綠色像素所佔百分率（49.88）非常接近。換言之，19號樣品係位於綠色與黃綠色之分級邊界附近。樣品28號在人工分級屬於黃綠色，而依本文之方法分級則屬於綠色，與19號樣品類似，其綠色與黃綠色像素所佔之百分率非常接近。至於38號樣品在人工分級為黃綠色，依照本研究之方法分級則為黃色，其黃色與黃綠色像素所佔百分率之差則較大。

本研究亦嘗試以限定各級顏色之範圍（ θ 與 ρ ）進行像素顏色分類，但結果並不理想，未能與人工分級結果相近。原因是像素太多，分佈又廣，各級顏色之確實範圍很難得知。

六、結 論

在水果顏色分級作業上，需有參考顏色或標準顏色供做比較，同時需求出標準顏色佔水果表面積之比率，才能進行水果顏色分級。本研究先將檸檬以人工分級成綠色、黃綠色和黃色三級，之後根據人工分級之結果使用影像處理系統，定出各級顏色之標準值。綠色標準值為色相-38.90°，彩度20.38；黃綠色標準值為色相-32.17°，彩度36.67；黃色標準值為色相-15.24°，彩度63.05。最後使用這些標準值將樣品之像素分成綠色像素、黃綠色像素和黃色像素三種。樣品所屬之顏色就等於佔總像素數比率最高的像素之顏色。在全部樣品（50個）中有三個樣品所屬顏色與人工分級結果不同，而這三個中有兩個係位於分級邊界附近，結果令人滿意。在實際的顏色分級作業，應該已有各級顏色之標準值，所以可直接使用本研究之方法將像素分類進行分級。

七、謝 誌

本研究所使用之部份設備係借自臺南區農業改良場及國立臺灣工業技術學院，謹向臺南區農業改良場張明聰秘書、林棟樑先生和王仕賢先生及工業技術學院電機系許新添教授與研究生楊弘吉先生致最大謝意。

八、參考文獻

1. 田秉才、馮丁樹與陳世銘。1989。檸檬顏色選別裝置之研製。中國農業工程學報 35(4) : 73-82。
2. 陳世銘、謝廣文。1988。番茄顏色之光電選別。中國農業工程學報34(2) : 49-54。
3. Delwiche, M. J. and R. A. Baumgardner. 1985. Ground color as a peach maturity index. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(1) : 53-57。
4. Gonzalez, R. C. and P. Wintz. 1987. Digital Image Processing. 2nd ed. Addison-Wesley Publishing Company.
5. Heron, J. R. and G. L. Zachariah. 1974. Automatic sorting of processing tomatoes. Transactions of the ASAE, 17(5) : 987-992。
6. Jain, A. K. 1989. Fundamentals of Digital Image Processing. Prentice-Hall International, Inc.
7. Miller, B. K. and M. J. Delwiche. 1989. A color vision system for peach grading. Transactions of the ASAE, 32(4) : 1484-1490。
8. Moini, S. and M. O'Brien. 1978. Tomato color measurement versus maturity. Transactions of the ASAE, 21(4) : 797-809。
9. Sarkar, N. and R. R. Wolfe. 1985. Computer vision based system for quality separation of fresh market tomatoes. Transactions of the ASAE, 28(5) : 1714-1718..
10. Slaughter, D. C. and R. C. Harrell. 1987. Color vision in robotic fruit harvesting. Transactions of the ASAE, 30(4) : 1144-1148.
11. Stephenson, K. Q. 1974. Color sorting system for tomatoes. Transactions of the ASAE, 17(6) : 1185-1190.

收稿日期：民國80年 2月11日

接受日期：民國80年 2月27日

專營土木、水利、建築等工程

日泰營造有限公司

地址：苗栗市中山路587號

電話：(037)814186