

譯 介

農產品的光學和音波特性和

第一部份 光 學 的 特 性

日本九州大學農學部教授

中馬 豐 著

臺大農工系研究助理

蔡 慶 隆 譯

T. L. Tsai

一、前 言

美國學者於先前從事過利用農產品的光透過性 (Light Transmittance) 與光反射性 (Light Reflectance) 的方法，來評定青果物的品質和選別等的研究。

最近在日本這類研究也盛行起來。另外，自 1965 年開始 Jacob 氏等利用農產品的延遲發光性 (Delayed Light Emission) 進行選別的研究。由於他們的研究未能充分地掌握農產品的 DLE 基礎時性，所以無法跨出限於構想的範圍。自此之後，DLE 在農業工程範疇上的研究完全中斷，但是在理學的範疇上，以綠藻或菠菜的葉綠體為對象，用來解析光合作用的初期過程，推進了 DLE 的研究。

中馬等數年來，從事對數種農產品 DLE 諸特性的研究，得到利用於農產品等級選別、熟度或鮮度評定等客觀的品質評定基礎資料。

二、透 過 和 反 射

放射能源射到農產品後，即為農產品所吸收、透過或反射。如圖 1， I_1 ：到達物體表面的單色光

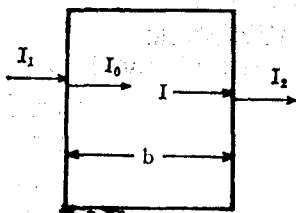


圖 1. 光在物體內的透過 (Cibson, 1949)

放射能源。 I_0 ：入侵能源。 I ：透過物體內入射到第二表面的能源。 I_2 ：出到物體外的能源。透過度 (Transmittance) 的定義為 $T = \frac{I_2}{I_1}$ 。吸光度 (Absorbance) A_1 為內部透過度 $\frac{I}{I_0}$ 的負對數值， $A_1 = -\log_{10} T_1 = \log_{10} \frac{I_0}{I}$ 。反射度 (Re-

flectance) 為 (物體反射出的發散能源) / (入射進物體的放射能源) 比值。反射能源由於沒有方向的限制，故又稱總反射度 (Total Reflectance)。 (鏡面反射方向所取的反射能源) / (入射能源) 比稱之為鏡面反射度 (Specular Reflectance)，此乃隨着入射能源角度而變化。入射能源通過半透明農產品內部時，不僅只吸收且有擴散，能源傳播方向隨之變化 (圖 2)。這種擴散不僅對透過對反射可能也有影響。

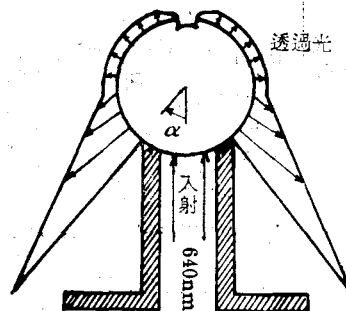


圖 2. 蕃茄內部的光擴散性對透過光能源分佈的影響 (線長與透過能源成比例) (Birth, 1957)

擴散現象之外，特別是含葉綠素的農產品或生物體也具有螢光 (Fluorescence) 和 DLE 現象。螢光乃由某種波長能源照射的物體，發散出與照射能源波長，不同波長能源的現象。DLE 乃照射能源停止後，繼續在某段時間內，自物體發散出能源。

擴散、螢光、DLE 與農產品成分或品質的特性相關。食品材料中如果混入有機物，經照射紫外線時會有螢光產生。進行測定透過或反射時，應該考慮擴散、螢光和 DLE 間相互的影響。

三、光 透 過 特 性

農產品組織一般都具有高度光密度，且有強的光擴散性，因此必需使用高感度分光光度計來測定。蘋果、馬鈴薯、蕃茄等只透過 0.1 % 以下的入射

* 農產品物性及測定法之綜合研究 (第 6 章光學的特性和音波的特性) 1979 年 3 月

光或能源。自美國 USDA 儀器測驗室開發這種裝置以來，推進了各項的研究。

1. 光密度 (Optical Density) OD

透過度 $T = I_2/I_1$ 時，光密度 $OD = \log_{10} \frac{1}{T}$ 。農產品等不透明物質，因入射光向各方向散亂，所以吸收物質（色素等）不與 OD 成比例。故以光透過法來判定熟度、色彩時，用光吸收量和吸收物質（葉綠素等）間所形成的檢量線，求取它的吸收物質濃度。由於 OD 的表示在實用上並不充分，為補足這點，雙波長的 OD 差 (ΔOD) 被廣泛地應用。這種方法因材料大小的差異、光源燈出力的變動、檢知器感度的變化等，會形成相消的影響。測定農產品 ΔOD 的裝置測色色差計 (Difference Meter) 如圖 3。這是在 400~1000 nm 範圍內以雙波長求取它的 ΔOD 。

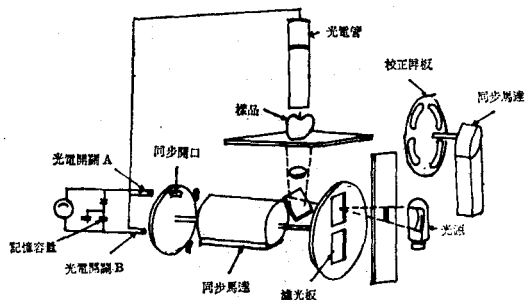


圖 3. 測色色差計的光學系統圖 (J. B. Power 等, 1953)

(1) 決定 ΔOD 雙波長的選擇

為求 ΔOD 選擇一方的波長，它對對象物內部品質的變化反應敏感，另一方的波長 (參照波長)

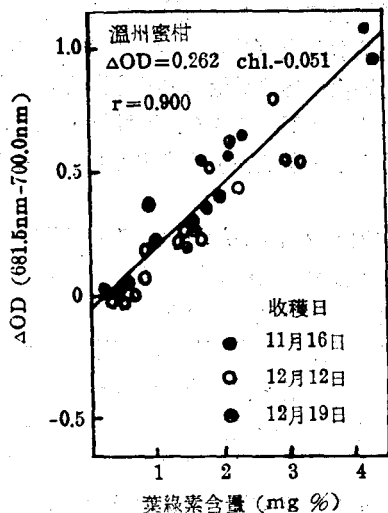


圖 4. 葉綠素含量與 ΔOD (中馬等, 1973)

選擇它對這種變化毫無敏感的。由於雙波長都對試料大小、光源或檢知器的變化敏感，因此減除參照波長的 OD 值，可以相消諸變化所產生的影響。

圖 4 是溫州蜜柑在色別選別上常被使用的 ΔOD (681.5 nm~700.0 nm) 值。又，圖 5 顯示縱然果實大小各異但 ΔOD 值幾乎不為所影響。所以利用雙波長按色彩來選別大小相異的果實是可能的。

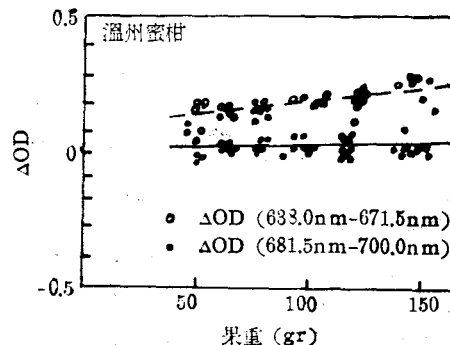


圖 5. 果重與 ΔOD (中馬等, 1973)

(2) 使用 $OD(\lambda_1)/OD(\lambda_2)$ 比值

測定大小 (厚度) 不同果實時，為去除它的影響，使用雙波長的 OD 測定值其理由如下。根據 Lambert's Law $I_t = I_0 e^{-kx}$ 式。 I_t ：透過光強度。 I_0 ：入射光強度。 k ：吸光係數。 x ：材料厚。所以 $OD = \log_{10} \frac{1}{T} = \log_{10} \frac{I_0}{I_t} = \log_{10} e^{kx} = kx \log_{10} e$ 。以波長 λ_1 和 λ_2 來測定 OD 時，它的比為 $\frac{OD(\lambda_1)}{OD(\lambda_2)} = \frac{k_1}{k_2}$ (波長 λ_1 、 λ_2 的吸光係數比)。也就是這種關係與材料厚度並無相關。

2. 評定品質的應用

(1) 成熟度的判定

(a) 綠色果的熟度變化

葉綠素在 a 680 nm 和 435 nm、b 650

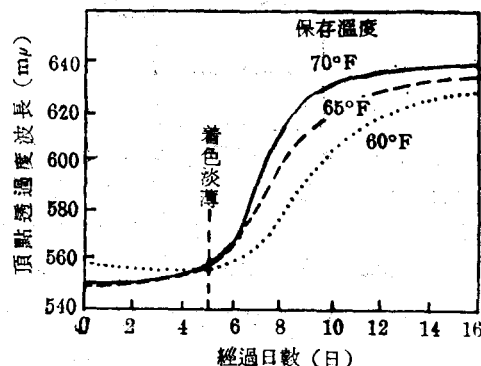


圖 6. 蕃茄成熟過程中頂點透過波長的經日變化 (G. S. Birth 等, 1958)

nm 和 480 nm 有強烈的吸收，綠色果的頂點透過度在這中間的 550 nm 左右。隨着果實成熟增加黃、紅色後，這頂點透過度就移往長波長方向（圖 6）。這個頂點透過度波長與熟度相關，例如加工用蕃茄雖於評價色的微小變化很合適，但相異品種間色差的影響很大，難以做為評定一般果實熟度的指標。

(b) 蕃茄的顏色

顏色就蕃茄而言是一個重要品質因子。表皮顏色雖可依反射法來評價，但大多情形是內部顏色比表皮顏色更重要。隨着蕃茄果肉的紅熟化，它的 OD 值如圖 7 所示，在 620 nm 波長時增大，而在 675 nm 波長時則減少。

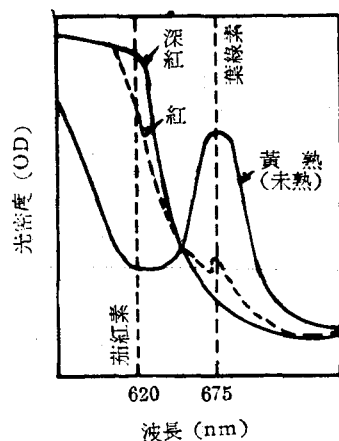


圖 7. 蕃茄的成熟化與 OD 的變化

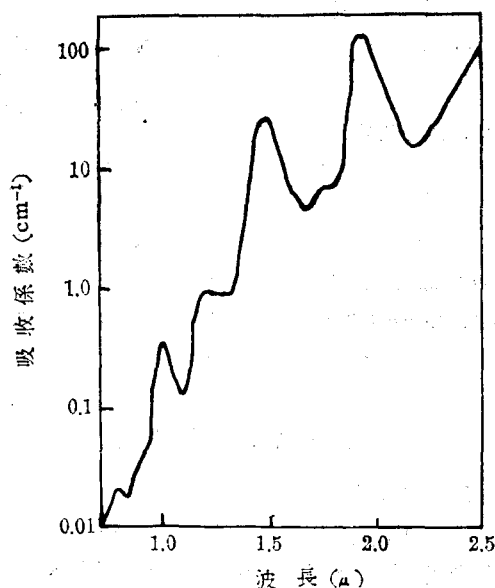


圖 8. 水的吸收係數 (20°C下)
(Curcio & Petty, 1951)

(2) 水分含量的測定

Norris (1964) 以水的光譜特性為基礎，設計水分計。也就是液體水分具有 0.76、0.97、1.19、1.45 及 1.94 微米 (Microns) 等 5 個吸收段。可利用來測定不含擴散粒子澄清液中的水分 (圖 8)。

Norris 和 Bulter (1961) 設計出厚光擴散度測定器，使得各種農產品水分可以直接測定。穀物的甲醇析出物中水分的測定，可用 1.94 μ 吸收段來測定 (Hart 等 1962)。與 Karl Fisher 的試藥法值相比，標準偏差為 ± 0.24%。

(3) 農產品內部缺陷的檢查

(a) 血卵的檢查

Brant 和 Norris (1955) 以 575 nm 血液吸收帶為基準，取得檢查白殼卵血斑方法的專利。Norris 和 Rowan (1962) 擴大這種光學的方法，發展出與卵殼顏色無關的血斑檢查法。以 577 nm 和 597 nm 的吸收特性差為基準，對直徑 $\frac{1}{8}$ ~ $\frac{1}{4}$ 吋的卵中血斑發現的精度可達 70%，直徑 $\frac{1}{4}$ 吋以上的血斑可以完全地檢查出來。

(b) 黑穗病的檢查

圖 9 是黑穗病小麥與無病小麥的透過性差。

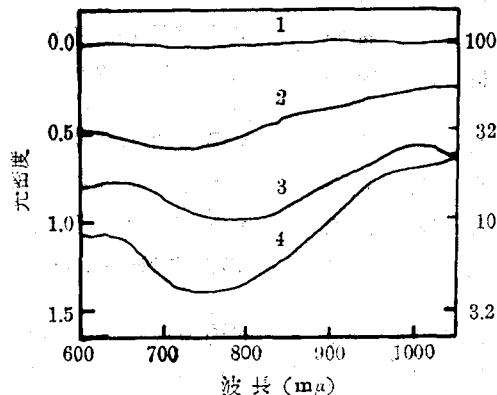


圖 9. 黑穗病程度與透過度曲線
(G. S. Birth, 1960)

1: 無病小麥 2: 輕度黑穗病小麥
3: 中度黑穗病小麥 4: 重黑穗病小麥

750 nm 和 1000 nm 間曲線的斜率與罹犯黑穗病程度成比例。於 750 nm 和 1000 nm 時可得最高感度，但必需避免 970 nm 水分吸收帶。雙波長在相距約 100 nm 時，幾乎能獲有滿意的結果。圖 10 是黑穗病測定器 (Smut Meter)，僅將穀物置於試料容器內即可測定黑穗病等。

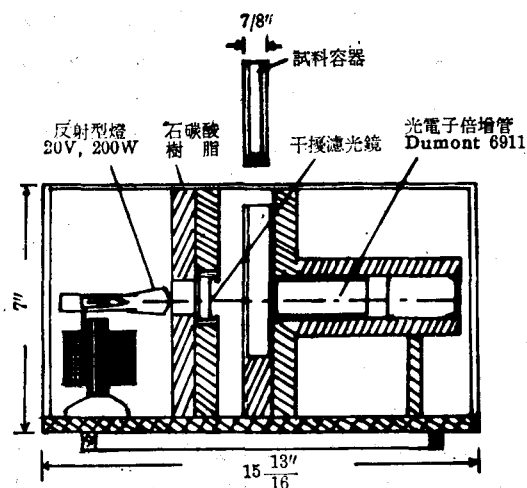


圖 10. 黑穗病測定器的光系統斷面圖
(G. S. Birth, 1960)

(c) 蘋果果肉的褐變

果肉進行褐變時，即如圖 11 所示 OD 值增大。基本波長為 600 nm，參照波長為 740 nm。表 1 是以光透過法來判定農產品品質之一例。

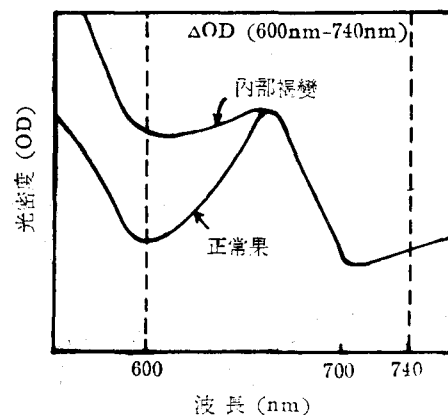


圖 11. 蘋果內部褐變與 OD 的變化

表 1. 利用光透過度評定農產品品質例

評定內容	測定*	測定物質	測定器具讀數間的相間
蕃茄的顏色	$\Delta OD (620mu-670mu)$	葉綠素	果汁色 0.95
桃子的熟度	$\Delta OD (700mu-740mu)$	"	葉綠素含量% 0.94
蘋果的熟度	$\Delta OD (690mu-740mu)$	"	" 0.92
柑橘的綠度	$\Delta OD (690mu-740mu)$	"	
花生的熟度	$\Delta OD (490mu-520mu)$	葉紅素	
小麥的黑穗病	$\Delta OD (800mu-930mu)$	黑穗病孢子	孢子數 410H
蛋的血斑	$\Delta OD (597nm-577mu)$	血	
米的精白度	$\Delta OD (710mu-800mu)$	米糠層的褐色物質	表面脂質 0.84
黃玉米的菌害	$\Delta OD (800mu-900mu)$	菌孢子	菌害% 0.90
紅櫻桃的顏色	$\Delta OD (590mu-620mu)$	花青素	花青素含量% 0.83
馬鈴薯的空心	$\Delta OD (710mu-800mu)$	空隙周圍的褐色物質	
蘋果的水蜜病		蘋果組織的物理變化	切片的可視程度 0.93

* $mu: 1/1000$ 公厘

(d) 糙米品質的評定

被害米與未熟米等顯示低光透過度的傾向，透過度高的米為良質米，在機械的測定上，依現行規格將它品位分為 1~5 等（江幡 1972）。細川等（1978）以光透過法依映像的色彩濃度資料分級，併用映像資料處理系統，增加糙米品質檢查評定的簡便性，結果找出提高客觀性品質評定的可能性。

四、光反射特性

1. 測定裝置

圖 12 是測定光反射特性原理圖。光源光經過集光鏡、切口、平行鏡、三稜鏡、接物鏡、焦點結在開孔同轉板上。光在圓柱形鏡分成二束，經過反射鏡照射果實。果實的反射光由周圍的光電管接收

，變換成光電流。回轉板上裝着一對 (720 nm 和 678 nm) 濾光鏡。

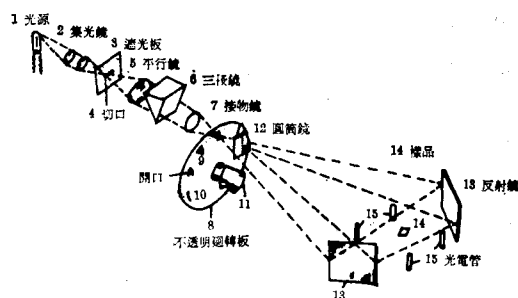


圖 12. 利用果實的光反射特性之選別裝置說明圖 (J. B. Power 等, 1953)

圖 13 是不同熟度檸檬的測定例。由於葉綠素吸收之故，濃綠的檸檬在 678 nm 的反射度很低。

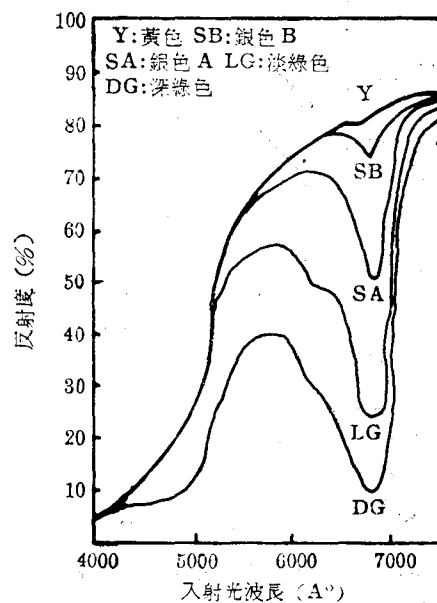


圖 13. 檸檬熟度別的反射度

一般隨着成熟度的增加反射度的變化在可視光範圍內 (400~800 nm)，紫外光和紅外光範圍幾乎不起變化 (Bittner 等 1968，洋梨、桃子、蘋果)。果實隨着成熟度的增加在 670 nm 附近反射度增加，這種現象桃子比洋梨、蘋果顯著。

2. 反射出力信號處理法

(1) 單波長測定

由圖 13 可知檸檬隨成熟度的進行，顯示反射度的變化最大在 678 nm。因此在這波長帶照射果實時，由反射光所得光電流可以 $I_2 = SR_2$ 的關係

來表示。 I_2 ：光電流。 R_2 ：678 nm 波長時檸檬的反射度。 S ：測定系的感度 (包括照射強度、光電管感度、檸檬的大小、位置、方向等)。圖 14 的

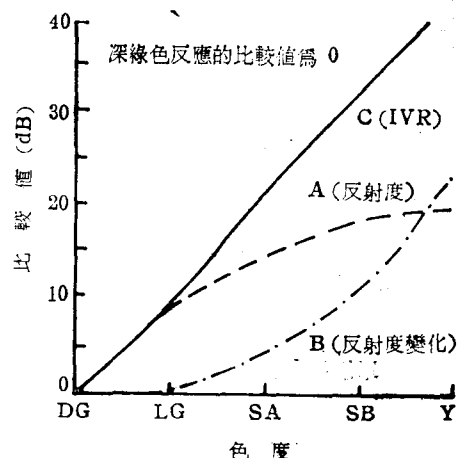


圖 14. 不同熟度檸檬的基準色之比較 (J. B. Powers 等, 1953)

A 曲線表示，在綠色系 R_2 的變化較大，SB→Y 間則僅有 0.9 dB (11%) 的變化，因此在此間由上式可知 S 對 I_2 的影響相對的比 R_2 為大。所以這種方法只在 R_2 的變化比 S 因子的變化大時有效。

(a) 柑橘表皮缺陷的檢查

選用缺陷果面的反射光，至少要比正常果面的反射光相差15%以上的入射光波長來檢查柑橘表皮的缺陷，為當今所被提倡。它的一例如圖 15 所示。

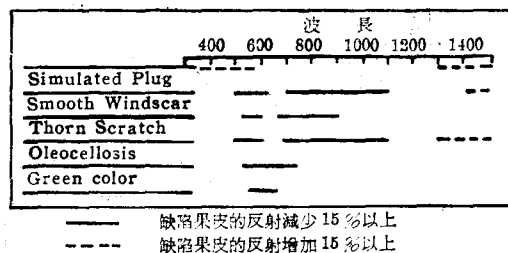


圖 15. 檢查柑橘 (HAMLIN) 果皮缺陷的波長範圍 (J. J. Gaffney, 1973)

(b) 馬鈴薯片的色別

圖 17 是測定馬鈴薯片反射光譜的一種廣面積反射測定裝置。以 2 袋僅些微色差的馬鈴薯片做試驗，得到圖 16 的結果。試料分色依 520 nm 求得的反射度，取它的比來表示色別。

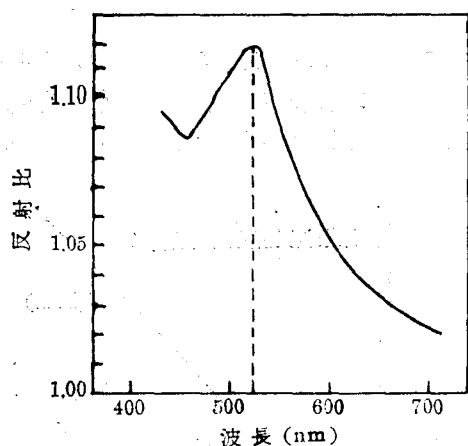


圖 16. 兩馬鈴薯片 (A, B) 的分光反射比 RA/RB (G. S. Birth 等, 1973)

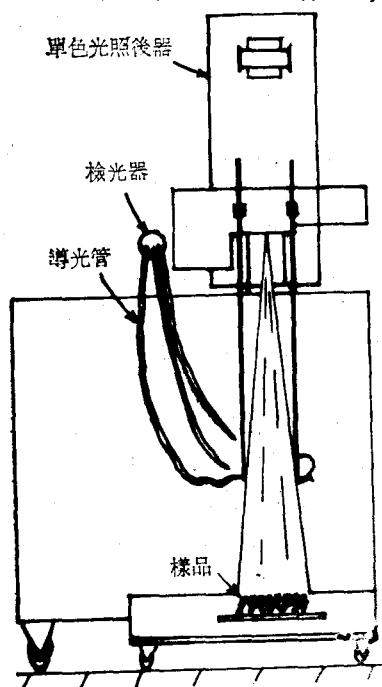


圖 17. 廣域反度光測定裝置 (G. S. Birth 等, 1973)

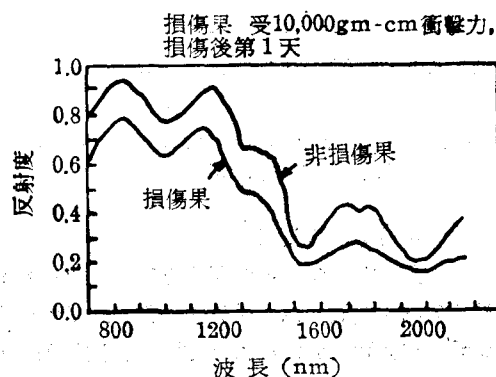


圖 19. 損傷蘋果與非損傷蘋果的反射度變化 (McIntosh 品種) (G. K. Brown 等, 1974)

(2) 双波長間反射度曲線的平均斜率

此斜率較大者為佳，在檸檬的分級上用 678 nm 和 720 nm (圖13)。合成電流的大小 I_r 如次式： $I_r = I_1 - I_2 = S(R_1 - R_2)$ R_1 : 720nm 的反射度。 R_2 : 678 nm 的反射度。圖 14 的 B 曲線是以此種方法求得。此種方法在熟果中變化很大，但在未熟綠果 DG→LG 間僅 0.6 dB (7%) 的變化。也就是在綠色系的分級中無法很充分。蕃茄的色別，在紅熟以前以 (540~590 nm) 來求得為佳，紅熟果以 (590~650 nm) 為佳 (圖18)。

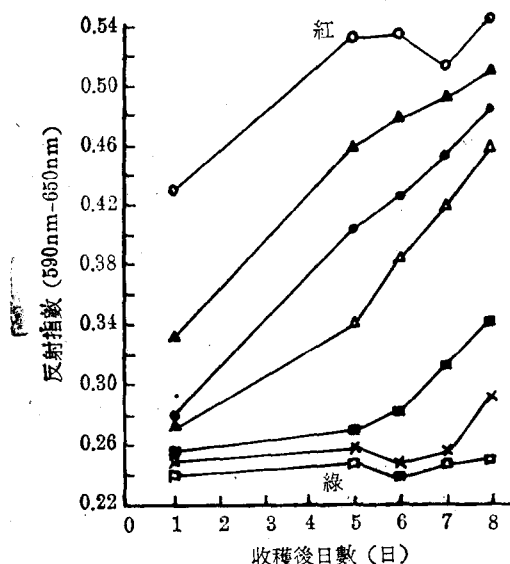
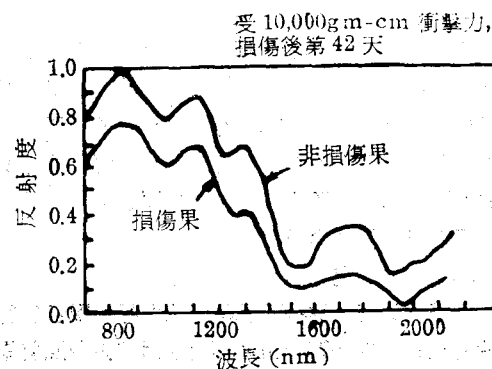


圖 18. 蕃茄的平均反射指數之經日變化 (J. J. Gaffney, 1930)

(3) 双波長測定值比

取双波長測定值比時可得到與 S 無關的值。

$\frac{I_1}{I_2} = \frac{SR_1}{SR_2} = \frac{R_1}{R_2}$ R_1 和 R_2 在同感度狀態下測定。檸檬以 $R_1=740$ nm、 $R_2=678$ nm 測定時與圖 14 的 A 曲線幾乎一致。



(a) 損傷蘋果果皮的檢查

損傷果皮的反射度如圖 19，700 nm~1200 nm 為小，這個情形，在 800、1200、1700 nm 的反射度差，或 1400 nm~2000 nm 間的反射度比有用於損傷果的檢查。圖 20 是 200 nm 和 1700 nm 上損傷果面的反射度，它隨着時間的增長而下降，但開始的第 1 天顯示下降半數以上。它的關係以 $R=at^b$ 來表示。R：反射度。t：經過時間。b：R 和 t 間負的斜率。a：t 為 1 時的 R 截距。損傷組織減低了反射度的理由可能為如下幾點：

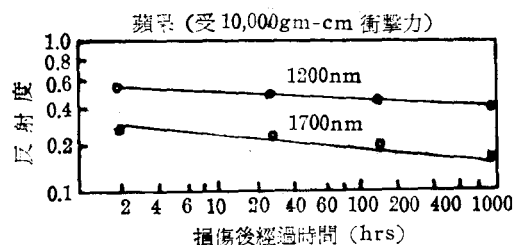


圖 20. 損傷果面反射的經時變化 (Mcintosh 品種) (G. K. Brown 等, 1974)

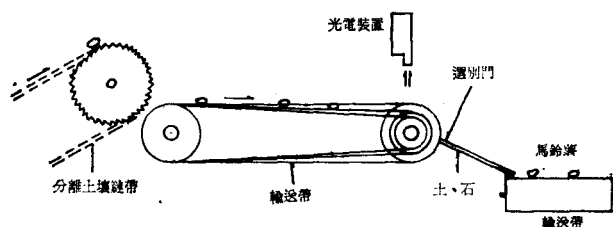


圖 22. 馬鈴薯與夾雜物選別系統 (A. G. Story 等, 1973)

(4) 反射度的變方指數

J. B. Power 等 (1953) 以反射度的變方指數 IVR (Index of Variance, in Reflectance) 表示有關類似性的基準。

$$\frac{I_r}{I_2} = \frac{S(R_1 - R_2)}{SR_2} = \frac{R_1 - R_2}{R_2}$$

檸檬在 720 nm、678 nm 時，由 R_1 、 R_2 來計算可得圖 14 的 C 曲線。即在全範圍中 IVR 的 dB 變化，很明顯地表示出比其他大 2 倍。

檸檬的分級精度，以 IVR 方式試做的選別裝置在 678 nm 和 720 nm 時，它的精度如表 2 所示。將不同色調的 16 個檸檬放在選別裝置，經 25 次選別，並按各檸檬被排出的不同分級區次，與全部選別次數的比率來表示。其結果得到與人的選別幾乎相等的選別精度。

①由於細胞的破壞，光被擴散且形成較硬的細胞壁。

②組織內水、空氣的變化。

③細胞膜內所進行的化學變化。

(b) 馬鈴薯的選別

以一光源照射馬鈴薯、土、石子等混合物時，如圖 21 馬鈴薯在 0.6~1.3μ 的反射 (A) 為大，在 1.5~2.4μ 的反射為小。因此 (A)/(B) 的值

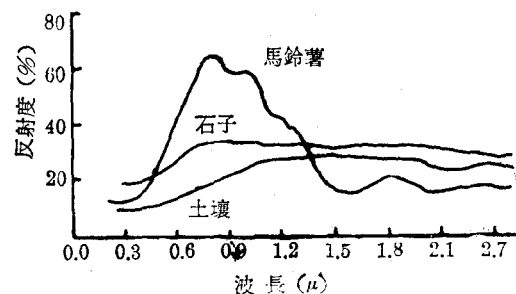


圖 21. 馬鈴薯、土壤、石子的分光反射性 (A. G. Story, 1973)

，馬鈴薯始終比土、石子為大，所以從混有土石的馬鈴薯中來分離馬鈴薯是可能的 (圖 22)。

表 2 利用光反射選別裝置的選別精度 (J. B. Power 等, 1953)

檸檬編號	機械選別出的色別			
	黃色	銀色	淡綠色	深綠色
1	100			
2	100			
3	100			
4	80	20		
5	20	76	4	
6	100			
7	100			
8	52	48		
9	32	68		
10	20	80		
11	100			
12	100			
13		100		
14		100		
15		100		
16		100		

3. 選別裝置應用例 (反射法和音波共振法的併用)
利用測定桃子硬度的非破壞測定法來開發選別

機、研究利用機械式的共振法和光反射法的可能性 (R. L. Clark 等 1973)。共振周波數在 2000、4000、5000 HZ 上給與 20~2000 HZ 的音波加振，並就 7 個品種的試料做振幅分析。

光反射法是取 580 nm 和 620 nm 的反射度比 (以鋁板的反射光為基準)。找出了振幅、反射度比和堅度指數 (Firmness Index：共振周波數與質量的函數) 間的相關。品質評價依共振和表面色來進行最為理想，一般提倡在最初，先進行色選別，再之以共振選別的二階段選別機構。

梅田 (1976) 研究以光學判定農產品顏色和形狀來進行自動選別。農產品垂直排成一列通過光增幅器 (Phototransistor) 時，高與直徑被測定後，以它的比來表形狀。又同時以 2 種光整流器 (Photodiode) 來接收反射光，以它的出力電壓差或電壓差比來區別顏色。在此就溫州蜜柑和蕃茄進行選別，用函數判別法來表示形狀和色的 2 變數試選為 2 群。

五、延遲發光特性 (DLE 特性)

在綠藻或高等植物的葉綠體照射光後，光遮斷後的數分鐘內仍可見微弱發光現象，此種現象稱為延遲發光 (Delayed Light Emission)。

DLE 現象具有暗期回復 (Dark Recovery)、光飽和、溫度依存性等諸特性。如果利用這些特性應用於果實、蔬菜、特用作物等的選別，則與其他光學手段相比可以發揮幾種特色。

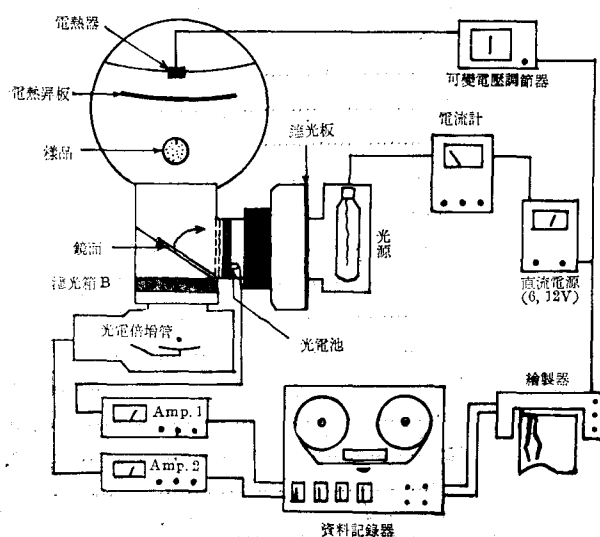


圖23. DEL 測定裝置 (中馬等, 1974)

1. 測定裝置

圖 23 由光源來的白色光經鏡面反射來照射樣品。再之以遮光板遮蔽後，鏡面如箭頭所示回復垂直方向。由樣本來的延遲發光，經過濾光箱 B 可由光電倍增管 (Photomul) 查知。濾光箱內有濾光鏡、高次切斷濾光鏡、收光鏡等。樣品前面設有孔罩板，由孔面積來調整照射面積。光電池可以檢出一部分照射光，將照射時期轉變成電氣信號，經過增幅器 (Amplifier) 記錄於資料記錄器。

2. 農產品的 DLE 特性

(1) 果實、蔬菜的 DLE 特性

操作準備 供試材料為具備光學條件，其操作準備如圖 24。先將試料放置於暗處 20 分鐘後，

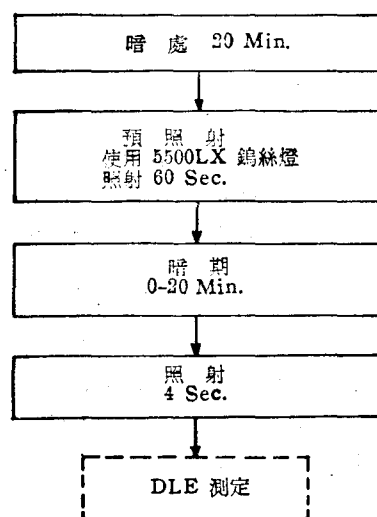


圖24. DLE 測定的操作準備

再於 5500 LX 白色光做預照射 (Pre Illuminance) 1 分鐘。這個光遮斷後，給與 0~20 分鐘的暗期，再之以同樣光源照射試料 4 秒鐘。

暗期回復 (Dark Recovery) 圖 25 中，DLE 強度通常是隨着暗期 (Dark Period) 愈長則愈大，如果衰減時間 (Decary Period) 愈長的話，就與暗期不相關，而能使 DLE 強度達到一定值 (點)，此值暫稱之為暗期回復點 (Point of Dark Recovery)。

例如衰減時間 1.0、0.9、0.7 及 0.6 的 a、b、c、d 各點即是。給與較長的暗期時間，在到達一定強度時，DLE 強度有回復現象，稱之為暗期回復。

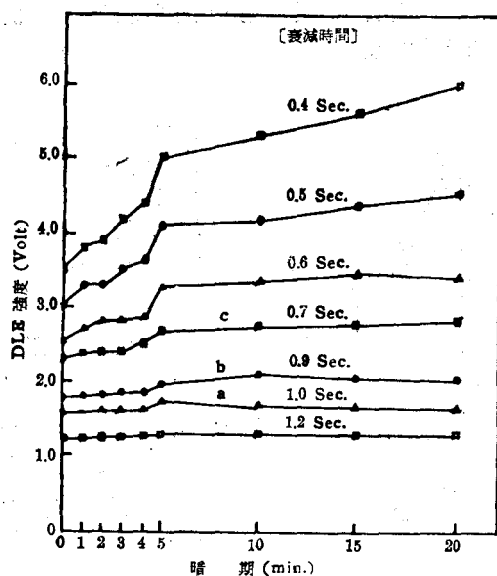


圖 25. 綠熟蕃茄的 DLE 暗期回復

圖 26 是照射時間 (Excitation Period) 和 DLE 強度的關係。經過 4~7 秒的照射後 DLE 強度呈現出廣寬的頂峰狀之後漸漸下降。此照射時間沒有一嚴格地順序，應用於選果機上也不會發生任何障礙。蕃茄 3~6 秒，柿子 1~2 秒照射後 DLE 可達頂峰。

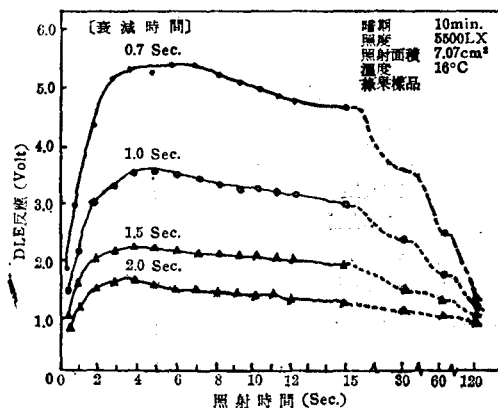


圖 26. 溫州蜜柑的光照射時間與 DLE 強度的關係

圖 27 是照射光強度和 DLE 強度的關係。由圖得知 DLE 到達飽和狀態時，所需的照射光源照度，衰減時間為 0.7~0.8 秒時，5500 LX，1.0 秒時，2750 LX，1.2~1.5 秒時 7375 LX。此值在選果機上為得到安定的 DLE 測定值時，可

供做參考用。照射光源有一定的強度以上就足夠，光源的安定性不為所限。

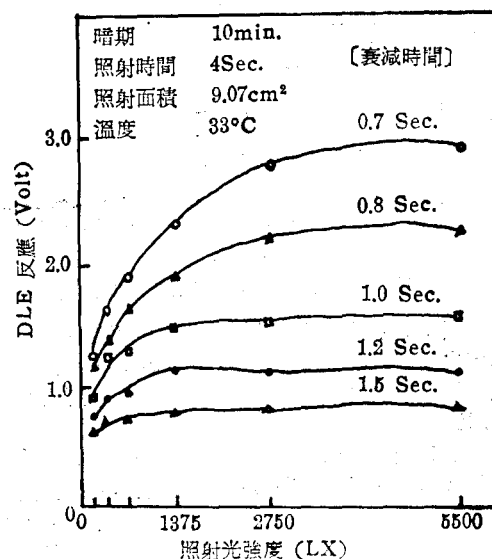


圖 27. 綠熟蕃茄的照射光強度與 DLE 強度的關係

圖 28 是柿子 (富有) 的 DLE 光譜。葉綠素含量多的試料，因葉綠素有自己吸收 DLE 之故，頂峰有些偏向長波長方向。得到的 DLE 光譜幾乎與葉綠素的螢光光譜一致。因此柿子、溫州蜜柑、蕃茄等的 DLE 強度被認定能夠以葉綠素為基準。

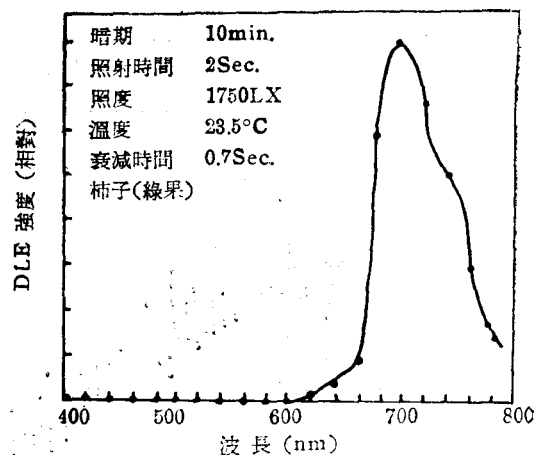


圖 28. 鎢絲燈 (白色光) 照射所激起柿子的 DLE 光譜

圖 29 是柿子收穫日別的 DLE 強度變化。收穫較晚的果實葉綠素含量減少，DLE 強度較低。

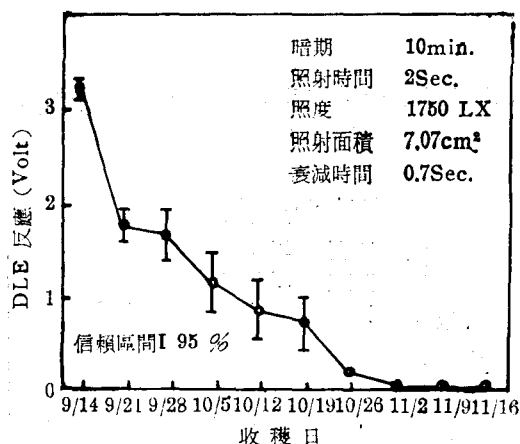


圖29. 柿子收穫日別的 DLE 強度變化

圖 30 是柿子的表皮色和 DLE 強度的關係。此表皮色當做色相 (Munsell Hue)。由此結果得知如以表皮色為基準做熟度和等級選別時，DLE 強度可以當做指標來利用。

表 3 是以 DLE 強度來檢討多種果實、蔬菜的分級精度。第一區除外其餘分級精度都很高，

DLE 是可以利用的。第一區(綠熟果)精度低落的原因，乃部分的果皮進行黃綠色變化之故，如果果實的內外皆能同時測定，則綠熟果的分級也能達到很高的精度。

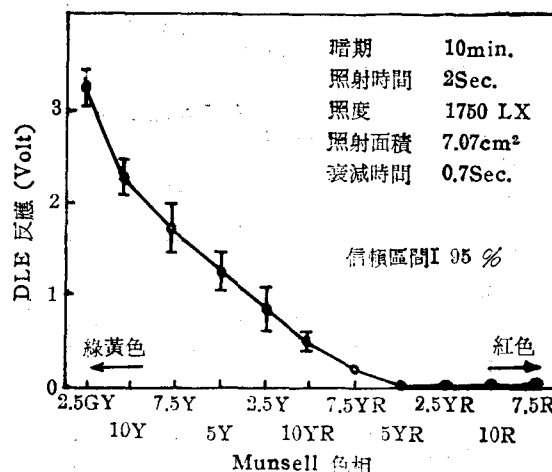


圖30. 柿子的表皮色(色相)與 DLE 強度的關係

表 3. 溫州蜜柑 DLE 強度的分級精度

色 群	果 皮 色	數 量	DLE 強度的色群選別精度 * , %					
			DLE 強度的色群	1	2	3	4	5
			檢光器反應範圍 Volt	5.25 以上	5.25 ~3.25	3.25 ~1.25	1.25 ~0.25	0.25 以下
(1)	深 綠 色	38		54.5	39.4	6.1		
(2)	淡 綠 色	20		3.3	90	6.7		
(3)	黃 綠 色	37			10.8	83.8	5.4	
(4)	黃 色	35				5.7	85.7	8.6
(5)	橘 色	34						100

* 在暗期 10 min., 溫度 21~23°C, 照射時間 4 Sec., 照度 5500 LX, 照射面積 11.3cm², 衰減時間 1.0 Sec. 下測定它的 DLE 強度。

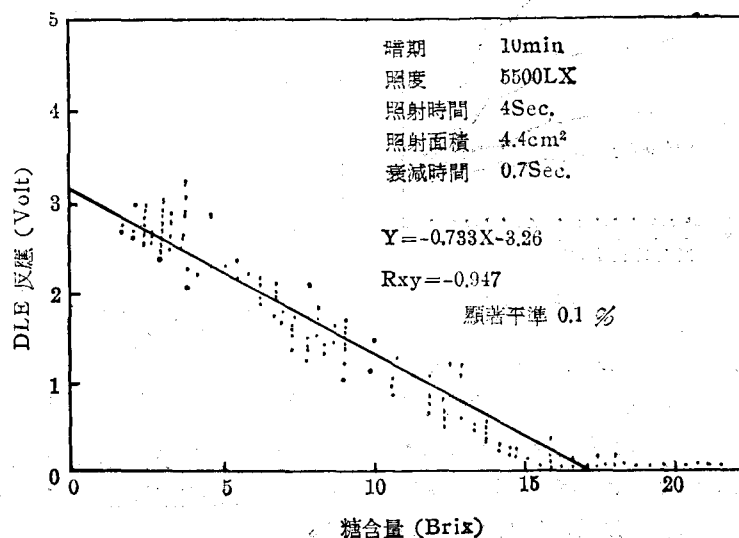


圖31. 香蕉成熟過程中糖含量與 DLE 強度的關係

香蕉果肉糖度從收穫到完全成熟，由 2 % 增加到 20 %，這之間的 DLE 強度如圖 31 所示成相對的減少。DLE 與果肉硬度、色度、色相等相關，所以可用來評定香蕉的熟度。除此之外，也另得到有木瓜、梅子等的資料。

(2)綠茶的 DLE 特性

在生葉、荒茶、貯藏等製茶過程中，利用 DLE 檢討其客觀的品質評價法。利用閃光時間 0.4 秒的低壓電容放電氙閃光燈 (Xenon flasher) 為照射光源。

圖 32 所示，在 37°C 時的 DLE 強度最大，一般來說溫度依存性較高。按照葉溫來補償 DLE 強度成為問題。

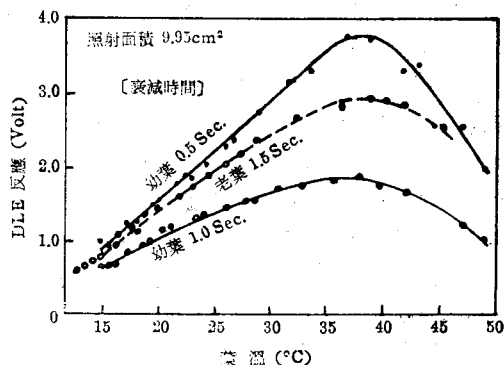


圖32. 葉溫對茶葉的 DLE 強度變化的影響

圖 33 是煎茶製造工程中的 DLE 變化。茶葉在蒸青、粗揉、揉捻、中揉、精揉等各過程中並不放出 DLE，但在乾燥過程中則隨着時間的增長而發光也增加。荒茶階段的 DLE，由它的 DLE 光譜來看，顯然不是由葉綠素所發光的，是何種物質的 DLE 現在正檢討中。

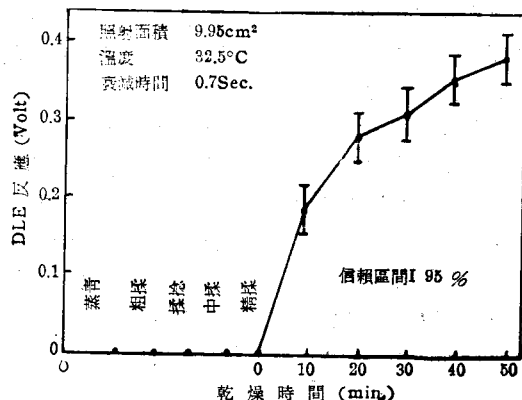


圖33. 茶葉製造過程中 DLE 強度的變化

圖 34 表示茶葉 (玉露) 的含水率和 DLE 強度的關係。隨着含水率的增加而 DLE 減少，11% (dB) 以上 DLE 無法測出。所以利用 DLE 來迅速測定茶葉含水率的可能性很大。

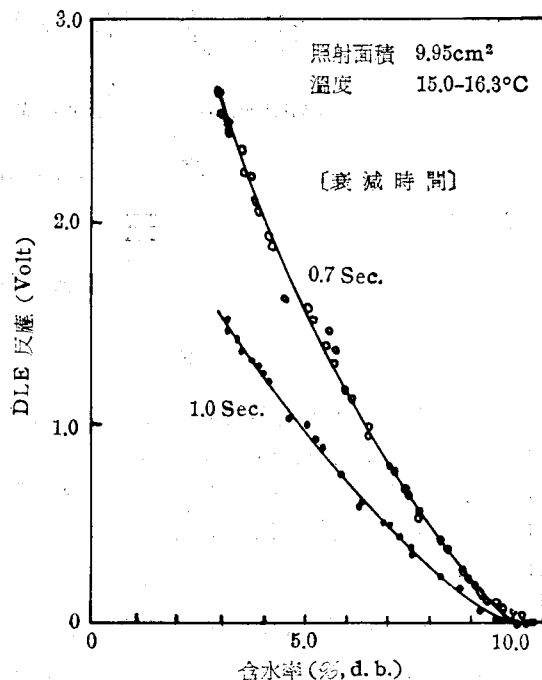


圖34. 茶葉(玉露)含水率與 DLE 強度的關係

(3)煙草的 DLE 特性

用 DLE 法來推定煙葉葉綠素含量。葉色，即葉綠素含量的多少，關係着是否適不適於收穫，進而左右收穫後的乾燥時間和溫度。各種檢討的結果以(內面的 DLE 強度/表面的 DLE 強度)值為指標，檢討與葉綠素含量的關係得到圖 35。即含葉綠素多的煙葉其值較大。以此指標就煙草在乾燥過程中 DLE 的變化或乾葉的 DLE 得到有趣的結果。

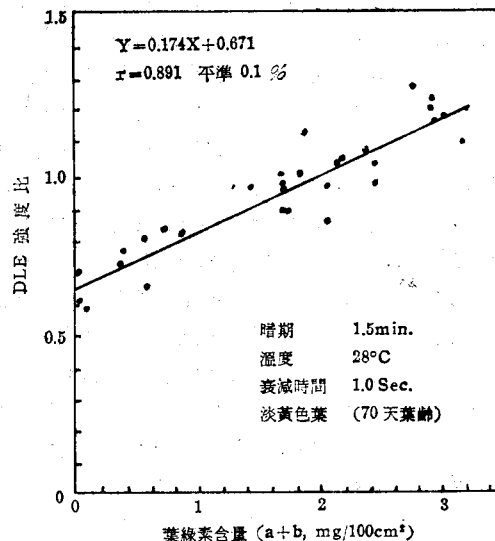


圖35. 煙葉的葉綠素含量與(內面的DLE/表面的DLE)比值的關係

誌謝
本譯文承蒙臺大農工系張漢聖教授斧正，謹此誌謝。