

測色技術在茶芽色澤測量的運用

范宏杰 鄭混元¹ 古明萱²

摘要

葉綠素計 (SPAD) 測定值隨茶芽葉片數增加而增加，葉綠素 (chlorophyll) 含量在第三嫩葉也呈現較第一、二葉高，芽葉的色澤亦由黃中帶綠向綠色系的濃綠程度增強。使用色差計 (color difference meter) 測量時之標準取樣，為選取適採茶芽一心三葉，測定位置為第三嫩葉左下部位為標準， L^* 值平均為 32.78 ± 1.99 。 a^* 值平均為 -9.38 ± 0.79 。 b^* 值平均為 11.60 ± 0.86 。對應測得葉綠素 a (chl-a) 平均值為 1.576 ± 0.1996 mg/g。葉綠素 b (chl-b) 平均值為 0.45 ± 0.14 mg/g。葉綠素總量 (chl) 平均值為 2.15 ± 0.34 。胡蘿蔔素 (car) 平均值為 2.08 ± 0.57 。SPAD 葉綠素吸光值平均值為 50.66 ± 4.24 。利用葉綠素計及色差計以非破壞性測定茶芽芽葉色澤變化時，最佳位置在第三葉位的左側靠中下位置 (編號 12 的位置)。茶芽葉片的 SPAD 值及色差計 L^* 、 a^* 、 b^* 值基本能反應出葉綠素含量的水平。

關鍵字：茶樹、芽葉色澤、葉綠素計、色差計

前言

茶園的肥培管理，因施用過量氮肥造成環境危害的疑慮，因此提出合理化施肥，以減少肥料的用量，茶樹樹體的生理狀態的確切掌握，對肥料的施用是十分必要的。因應茶樹生育診斷需要，針對茶葉葉色濃綠程度開發判定葉綠素含量之非破壞性的葉綠素計，以診斷茶葉的生育情形。松尾喜義和岡野邦夫於 1992 年利用葉綠素計在同一施肥量不同施用方法試驗中測定茶葉生育，結果芽葉的成熟度上有顯著差異，確立了葉綠素計在茶葉成葉的特性評價的可行性。葉綠素計設計原理係利用葉綠素 (chlorophyll) 吸光量的差異，將葉綠素含量以數值方式表示葉色濃淡，其客觀性甚高。稻田 (1994) 認為利用葉綠素計作為葉綠素含量及葉片營養的測定，結果甚佳。

葉色判定的方法有三：一是利用葉色板，另一是利用葉綠素計 (羅與陳，1999；羅等，2000)，再則是利用彩色色差計 (Gonnet, 1999)，此三法均為非破壞性之測定方法。惟葉色板有其使用上的限制，如使用時需考慮太陽方向及測定時間，且即使葉色板之色票固定，但卻可能因不同使用者，而測得結果不同 (羅等，2000)。近來被用來以進行非破壞性葉綠素含量速測法之儀器有葉綠素計 (chlorophyll meter) 及色差計 (color difference meter) (張與張，1998)。

用記號和顏色樣本 (即色票) 表示色的系統，即孟塞爾顏色系統是孟塞爾 (A. H. Munsell) 所創立的。於 2001 年賴國亮先生發表，應用於炒青綠茶品質的評價，以多元迴歸分析，建立相應的品質評價模式：

$$y = 81.5 - 8.049 x_1 + 1.151 x_2 + 6.203 x_3 - 5.581 x_4 - 1.415 x_5 + 1.582 x_6 + 0.715 x_7 - 3.039 x_8$$

r (相關係數) = 0.818； R^2 (決定係數) = 0.669

1. 行政院農業委員會茶業改良場台東分場 助理研究員、副研究員兼茶作課長。台灣 台東縣。
2. 國立屏東科技大學農園生產系教授。台灣 屏東縣。

Fig. 1 CIELAB color differences (ΔE^*) and its components :

(r=reference) : a color standard ; (s=sample) : each the color point ;

$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{0.5} \text{ (rectangular notation) , or}$$

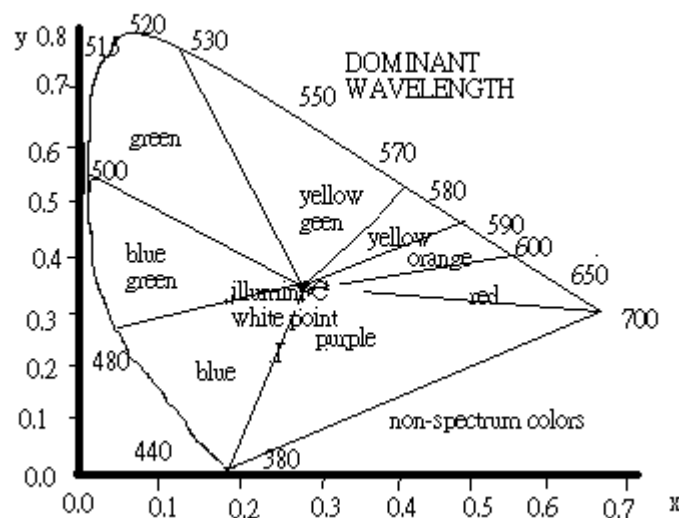
$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta C^{*2} + \Delta H^{*2})^{0.5} \text{ (polar notation) .}$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \text{ (chroma) } H^* = \text{atan} (b^*/a^*) \text{ (Hue degree)}$$

電腦測定茶葉色澤可以使茶葉色澤參數量化，從而獲得被測茶葉樣品的色澤參數數量值。如在 $L^* a^* b^*$ 表色系中，L 值、a 值、b 值各是多少，進而可以使茶葉色澤狀況進行量化比較，以判定茶葉品質（王，2005）

為了進一步改進和統一測色法，1976 年國際照明委員會（Commission International de l'Eclairage, CIE）推出新式的色度空間及其色差公式，即 CIE1976LAB ($L^* a^* b^*$) 系統，現在已廣為世界各國正式採納，作為國際通用的測色標準。它適用於一切光源色或物體色的表示與計算。

CIE 1976 $L^* a^* b^*$ 空間由 CIE XYZ 系統通過數學方法轉換得到（CIE XYZ 系統之平面圖如圖二所示）。



圖二、CIE 色品圖

Fig. 2 CIE chromaticity diagram (呂新廣，2002)

轉換公式為：

$$L^* = 116 (Y/Y_0)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500 [(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}]$$

$$b^* = 200 [(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}]$$

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$

(在 $C/2^\circ$ 光源下， $X_0=98.073$ ， $Y_0=100$ ， $Z_0=118.232$)

其中 X、Y、Z 是物體的三刺激值； X_0 、 Y_0 、 Z_0 為 CIE 標準照明體的三刺激值； L^* 表示心理明度； a^* 、 b^* 為心理色度

從上式轉換中可以看出：由 X、Y、Z 變換為 L^* 、 a^* 、 b^* 時包含有立方根的函數變換，經過這種非線形變換後，原來的馬蹄形光譜軌跡轉換後成用笛卡兒直角坐標體系來表示，形成了對立

色坐標表述的心理顏色空間。在這一坐標系統中，+ a* 表示紅色、- a* 表示綠色；+ b* 表示黃色、- b* 表示藍色，顏色的明度由 L* 的百分率來表示；0 為黑，100 為白（呂，2002；何，2003）。

用光譜分析測定 12 種浙江名茶的茶湯，研究結果表示在 400 和 440 nm 處的透光率分別與茶湯得分呈顯著和極顯著的正相關；光譜分析名茶茶湯的部分測定指標可以反映茶湯的優劣（梁與羅德，1991）。

蔡（2003）採用計算機圖像處理技術分析不同品質的茶湯，由湯色的顏色參數均值，可反映出茶葉隨儲存時間的增加由綠色向褐色逐漸變化，時間越久變化越慢。結果證明用計算機圖像處理技術描述茶湯色澤變化是可行可靠的，且能解決定性描述的模糊性及隨意性困擾。

梁等（1991）分析不同品質紅茶的湯色差異，並結合化學成分，建立了用紅茶的湯色檢測指示和化學成分來預測紅茶品質的模型，其評價模式為：

$$\text{評價總分 (TQS)} = 49.63 + 0.43 \text{ amino acids} + 0.47 \text{ caffeine} + 0.19 \Delta L + 0.46 \text{ TF } 3G$$

其中 ΔL 為明暗度表徵量，評價模式與化學分析結果的相關係數 $r=0.958$ 、決定係數 $R^2=0.918$ 。許多學者分別利用葉綠素計和色差計來探討葉綠素含量與葉片氮素含量及葉色濃綠程度的關係（羅與陳，1999；楊，2003；楊等，2003；日高，1992；原，1996），至於一心三葉的茶芽芽葉中葉綠素計和色差計要如何測定，測定第幾葉位較能呈現芽葉色澤的值，降低測定值的變動係數。葉綠素計和色差計各自的測定值間存在何種關係。此部分過去學者較少探討，本試驗嘗試去探討了解茶芽色差計使用判定的適當位置相關程度。

材料與方法

使用色差計判定茶芽色澤，其適當位置之建立

一、試驗材料

本研究選用茶業改良場台東分場 5-2 區栽培 16 年生之台茶 12 號茶樹。

二、試驗方法

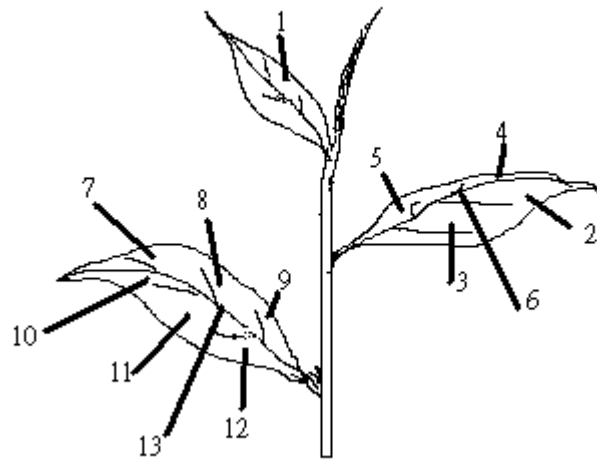
選取 92 年夏季留養茶樹剪枝後 42 天，茶芽生育至一心四至五葉適採之台茶 12 號品種茶芽，隨機取 100 個一心三葉芽葉，每一芽分為 13 個觀測點（圖三）進行測定；觀測總計各點 100 個數值，重複 4 次計算其平均值、標準機差、變異係數、及變方分析。測定項目為：

1. 茶芽鮮葉色澤：以色差計 1（Nippon Denshoku 之 NF-333 型 Simple Spectrophotometer）測定。以 CIEL*a*b* 表色法表示，並計算其 h° （H*, Hue angle）與 C* 值（Chroma），分別代表顏色之色相以及顏色飽和程度（純度），公式如下（Nassau, 1998）

$$\text{Hue angle} = \arctangent \quad (b^*/a^*)$$

$$\text{Chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

2. 葉綠素 SPAD 值：以葉綠素測計（chlorophyll meter, SPAD-502, Minolta Co, Ltd., Japan.）測定。



圖三、每一芽中觀測點位置圖

Fig. 3. Some observe position on the shoot of tea.

- (1:第一嫩葉；2:第二嫩葉右上部位；3:第二嫩葉右下部位；4: 第二嫩葉左上部位；5: 第二嫩葉左下部位；6: 第二嫩葉中間部位；7: 第三嫩葉右上部位；8: 第三嫩葉右中部位；9: 第三嫩葉右下部位；10: 第三嫩葉左上部位；11: 第三嫩葉左中部位；12: 第三嫩葉左下部位；13: 第三嫩葉中間部位。)
3. 葉綠素 (chlorophyll) 與胡蘿蔔素 (carotenoid) 含量測定

將隨機採取一心三葉茶芽，依芽葉位置 (圖三) 分別以直徑 0.6 cm 打孔機剪取葉圓片各 5 片，合計葉面積為 1.414 cm²。用精密 (四位) 天秤稱重後，放入試管中，每一位置重複 4 次，再加入 80% ethanol 10 ml，在 80℃ 水浴鍋萃取 20 分鐘，萃取液過濾後用 80% ethanol 定量至 10 ml，以鋁箔紙包裹，取過濾液盛於光電比色管中，分別在波長為 440 nm、645 nm、663 nm 及 652 nm 時測其吸光值 (O.D) (陳及蔡，1992；Arnon, 1949, 1956)。計算公式如下：

$$\text{葉綠素 a (mg) /FW} = \left(12.7 (D_{663}) - 2.69 (D_{645}) \right) \times \frac{V}{1000 \times \text{FW}}$$

$$\text{葉綠素 b (mg) /FW} = \left(22.9 (D_{645}) - 4.68 (D_{663}) \right) \times \frac{V}{1000 \times \text{FW}}$$

$$\text{葉綠素總量 (mg) /FW} = \left(20.2 (D_{645}) + 8.02 (D_{663}) \right) \times \frac{V}{1000 \times \text{FW}}$$

$$\text{類胡蘿蔔素總量 (mg) /FW} = 4.695 \times D_{440} - 0.268 \times C \times (a+b)$$

註：DA：葉綠素萃取液在 λ 波長的吸光度

λ ：波長 (nm)

V：葉綠素 80%乙醇萃取液的總體積 (ml)

FW：葉片組織的鮮重量 (g)

C (a+b)：葉綠素 (a+b) 的總含量

Cc：胡蘿蔔素的含量 (mg)

三、試驗期間

自民國 92 年 8 月 1 日至 92 年 12 月 31 日

結果與討論

建立茶芽色差計使用判定的適當位置，為了決定色差計值取樣的標準，因此選取剪後 42 天適採之台茶 12 號一心三葉芽葉，分為 13 個觀測點 (圖三)，總計觀測各點 100 個數值，經計算統計分析後列於表一、表二及表三。

不同芽葉葉位色素與色澤測值之範圍不同及芽葉間葉片成熟度不同，因而各葉片呈現出不同程度的綠色色系 (表一)，第一嫩葉呈現綠帶紫、第二嫩葉則綠中帶黃、第三嫩葉稍成熟，葉片色澤為綠色。測得 SPAD 值分別為：第一嫩葉 42.85 ± 2.361 、第二嫩葉 50.445 ± 2.489 、第三嫩葉 51.932 ± 4.439 。由第一嫩葉向下逐漸增加，即表示芽葉色澤隨著葉片的成熟度增加色系濃綠的程度。成熟度增加，葉綠素含量亦隨著增加。又由色差計測定值 a^* 隨葉片的成熟度提高，負值愈大 (表二)，與實際目測情形一致。

胡蘿蔔素含量第三嫩葉顯著地較第一嫩葉高，第二嫩葉介於二者之間，但差異均不顯著 (表一)。

同一片嫩葉不同位置間測定 SPAD 值僅些許差異 (表一)，葉尖與葉基部位間差異不顯著，但仍有葉片基部測值大於葉尖的現象，例如：SPAD 值第二嫩葉葉基部測值 (觀測點 3、5) 50.25 ± 4.391 、 54.55 ± 4.648 大於第二嫩葉葉尖部測值 (觀測點 2、4) 48.225 ± 5.827 、 48.725 ± 2.043 ；第三嫩葉葉基部測值 (觀測點 9、12) 55.325 ± 2.439 、 52.725 ± 4.528 大於第三嫩葉葉尖部測值 (觀測點 7、10) 46.575 ± 4.367 、 48.175 ± 4.188 (表一)。整體而言，第二嫩葉成熟度尚未如第三嫩葉高，因此其葉綠素在整片葉的分佈不若第三嫩葉分佈均勻，葉基部些微大於葉尖部，故葉基部綠色色澤濃度高於葉尖部。第三嫩葉成熟度稍高，葉綠素分佈較均勻，彼此間差異不顯著。

採摘一心三葉之台茶 12 號茶芽分別於 13 個觀測點以色差計測定 X、Y、Z 值，並由儀器自動讀取 L、a、b 及 L^* 、 a^* 、 b^* 值 (表二)， L^* 值範圍為 30.35~37.88，平均值為 32.755 ± 2.012 。 a^* 值範圍為 -7.68~-10.36，平均值為 -9.385 ± 0.785 。 b^* 值範圍 10.02~12.69，平均值為 11.604 ± 0.859 。X 值平均為 8.498 ± 0.540 、Y 值平均為 10.429 ± 0.612 、Z 值平均為 5.996 ± 0.548 。對應測得葉綠素 a 平均值為 1.576 ± 0.1996 mg/g，葉綠素 b 平均值為 0.446 ± 0.1439 mg/g，總葉綠素平均值為 2.152 ± 0.3415 ，胡蘿蔔素平均值為 2.081 ± 0.573 ，SPAD 葉綠素吸光值平均值為 50.662 ± 4.2383 (表一)。

觀測點色素與色澤測定經統計分析之變異係數 (coefficient variance, c.v.%) (表三)，其結果為第一嫩葉之總平均變異數 16.15%，大於第二嫩葉之總平均變異數 15.12%，及第三嫩葉之總平均變異數 8.03%，乃以第三嫩葉變異數最小。就同一葉位中不同位置的變異情形來看，呈現出葉部尖端部位；第 2 葉的 2、4 觀測點位置，第 3 葉的 7、10 觀測點位置，其變異係數偏高，而葉片的中、底部第 2 葉的 3、5 觀測點位置，第 3 葉的 8、9、11、12 觀測點位置，其變異係數較低。各部位測定值之變異係數總平均比較，以觀測點 3 之 17.20% 最大，觀測點 12 之 4.88% 最小。

綜合以上觀察，以第三嫩葉左下部位 (觀測點 12) 其變異係數總平均值最低，為取樣標準測定點。

使用色差計判定茶芽色澤，其適當位置之建立，由表一可得知第一、二、三葉的葉綠素 a 分

別為 1.242mg/g、1.608 mg/g、1.576 mg/g；葉綠素 b 分別為 0.281 mg/g、0.331 mg/g、0.446 mg/g，葉綠素 a/b 比值約為 4.419、4.858、3.537。植物 Chl a/b 比值大於 4，葉色為淡黃綠色；Chl a/b 比值為 3，葉色為綠色；Chl a/b 比值小於 3，葉色為濃綠色（黃等，2004）。茶樹長期受生態環境的影響，適應了熱帶、亞熱帶、溫帶的氣候條件，喜雨量充沛、酸性土壤，是一種耐蔭的陽性植物。它的葉子形態結構有了適應性，葉子是典型的腹背葉、葉片扁平、曝光面積大，適應於充分光合作用，其枝條濃密，枝條著生位置較低，葉片葉綠素含量較高，葉綠素 a/b 比值約為 1.5，是長期以漫射光為主的蔭蔽條件下光合作用的結果（顧等，2002）。表二所測定的葉位在於茶芽嫩葉由初生的第一葉、成長的第二葉與稍成熟的第三葉，葉色由初生的綠帶紫而轉為淡黃綠色，再呈為綠色。當芽葉持續成長葉色則更濃綠，Chl a/b 則將如顧等（2002）所提及的比值。

綠色植物的葉片含有大量光合色素（photosynthetic pigments），包括葉綠素和類胡蘿蔔素等，能有效地吸收可見光的部分波段進行光合作用，將光能轉變為化學能以供利用。類胡蘿蔔素對藍光具吸收特性，而葉綠素對藍光及紅光皆有吸收特性，反應在視覺上即為我們所見的綠色植物（許明晃等，2003）。葉綠素計測定值隨茶芽葉片葉位數增加而增加，葉綠素含量在第三嫩葉也呈現較第一、二葉高（表一），芽葉的色澤亦由黃中帶綠向綠色系的濃綠程度增強（表二）。此和楊（2003）和鍾與張（2003）分別利用葉綠素計在水稻、莧菜和地毯草所做試驗結果一致。

為了進一步改進和統一測色法，1976 年國際照明委員會推出新式的色度空間及其色差公式，即 CIE 1976 LAB（或 $L^*a^*b^*$ ）系統，現在已廣為世界各國正式採納、作為國際通用的測色標準。它適用於一切光源色或物體色的表示與計算。

CIE 1976 LAB（或 $L^*a^*b^*$ ）空間由即 CIE XYZ 系統通過數方法轉換得到其中 X、Y、Z 是物體的三刺激值； X_0 、 Y_0 、 Z_0 為 CIE 標準照明體的三刺激值；L 表心理明度；a、b 表心理色度（呂，2002；何，2003），其中 a 代表紅綠色度，在正值表示紅色程度，在負值表示綠色程度；b 代表黃藍色度，在正值表示黃色程度，在負值表示藍色程度。同時由 L、a、b 產生顏色的系列衍生指標（陸等，2002）。在 a^* 值相似下之各種綠色 L^* 值與 b^* 值與綠色度之關係式： a^* 值相當時， L^*/b^* 之比值越大者，其綠色含量越濃。典型之正綠色之顏色應 $-a^*$ 之絕對值愈大及 b^* 值接近零之情形（何，2003）。 L^* 值平均為 32.78。 a^* 平均值為 -9.38。 b^* 平均值為 11.60（表二）。對應測得葉綠素 a 平均值為 1.576 mg/g。葉綠素 b 平均值為 0.4469 mg/g。總葉綠素平均值為 2.152 mg/g。類胡蘿蔔素平均值為 2.081 mg/g。SPAD 葉綠素吸光值平均值為 50.662（表一）。此結果與武田等（1992）指出茶葉成熟葉的葉色基本上是綠色（ a^* 值在 - 側）與黃色（ b^* 值在 + 側）所構成的特徵相同。

同一枝條不同成熟度的各葉以及同一葉不同部位的各種組織的細胞密度及大小均不相同，而每次所用的選樣材料，尚不及 25 mm²，選樣若不適當，影響試驗觀測的結果甚鉅（吳，1968）。茶葉芽葉顏色亦會隨新芽萌發的發育階段和季節的不同而有變化，陳和李（2000）指出理想的芽色觀察應是茶葉幼嫩的第一葉和萌發後的幼芽。吳（1968）在研究茶葉葉部解剖時指出以各項總平均之最低變異係數之第三葉為取樣的對象。本試驗以第三嫩葉所得測定值變異係數較低，穩定性高（表三），此與吳（1968）的報告相仿。故以第三嫩葉來測定茶芽色澤較為理想。且日高（1992、1993）對茶芽新葉色澤的研究亦以第三葉為測定標的。因此，茶芽色差計使用判定的適當位置，在於茶芽芽葉的第三葉葉位上測定。

結論

利用葉綠素計及色差計以非破壞性測定茶芽芽葉色澤變化時，適當位置的選定可減少試驗過程誤差的產生，在茶芽一心三葉中以第一葉位因葉片張開不全或葉片過小，易造成測定時的誤差，故其測值變異數大，並不建議採用，而適當的測定位置根據結果得知：最佳位置在第三葉位的左側靠中下位置（編號 12 的位置），另外第二葉位的左側靠中下位置（編號 5 的位置）。

茶芽葉片的 SPAD 值及色差計 L^* 、 a^* 、 b^* 值基本能反應出葉綠素含量的水平。鮮葉色度同樣能反映嫩度，新梢在發育時期，葉綠素含量變化很大，幼嫩葉葉綠素含量低，成熟定型後高，因此幼嫩葉的色度較淺，呈嫩綠色，隨芽葉成熟，綠色加深。隨著 SPAD 值的增加葉綠素含量也呈增加趨勢，葉片色澤的濃綠程度亦呈增加。葉綠素含量越低， L^* 值越高。綠色程度越濃郁，

色差值 a^* 越趨負值，色差值 b^* 值越大越偏黃色，由茶芽葉片之色差值 b^* 隨葉位增加而減少，故明顯的可清楚地看葉色偏黃的程度遞減。

參考文獻

1. 王文杰. 2003. 茶葉色澤研究概況及其前景. 福建茶葉 4: 31-32。
2. 王娟、韓登武、任崗、郭金強、張永帥、危常州、宋亞明. 2006. SPAD 值與棉花葉綠素和含氮量關係的研究. 新疆農業科學 43(3): 167-170。
3. 何建緻. 2003. 深綠色花桿紙顏色之分析與製備. 國立中興大學森林學研究所碩士論文(未出版)。
4. 呂新廣. 2002. 包裝色彩學. 鄭州大學包裝工程學系。
5. 吳振鐸. 1968. 茶樹葉部解剖及其與茶葉品質的關係研究. 中華農學會報 新 64: 29-44。
6. 梁月榮、羅德尼華. 1991. 名茶茶湯光譜特性初探[J]. 茶葉 17(2): 44-46。
7. 張致盛、張林仁. 1998. 兩種速測法在果樹葉片葉綠素含量測定之應用. 臺中區農業改良場研究彙報 59: 37-45。
8. 陳坤榮、李淑美. 2000. 茶樹芽葉色澤標定及應用. 中國園藝 46(3): 331-335。
9. 陳國任、蔡文福. 1992. 缺水及不同溫度處理對茶樹芽葉生育之影響. 臺灣茶業研究彙報 11: 31-42。
10. 黃秀鳳、黃文達、許明晃、楊志維、趙璧玉、張新軒、蔡養正、楊棋明. 2004. 三種不同顏色甘藷葉片葉綠素合成能力分析. 作物、環境與生物資訊 1: 47-54。
11. 陸建良、梁月榮、龔淑英、碩志蕾、張凌雲、徐月榮. 2002. 茶湯色差與茶葉感官品質相關性研究. 茶葉科學 22(1): 57-61。
12. 許明晃、黃文達、楊志維、蔡養正、張新軒、楊智旭、楊棋明. 2003. 甘藷葉片色素含量對植生指數 NDVI 之灰關聯分析. 中華農學會報 13: 273-282。
13. 楊純明. 2003. 利用葉綠素測計估測水稻植株葉綠素及氮素. 中華農業研究 52: 73-83。
14. 楊純明、沈百奎、余志儒、羅朝村、吳正宗. 2003. 利用葉綠素測計估測莧菜植株葉綠素及氮素狀況. 中華農業研究 52: 107-118。
15. 蔡健榮. 2000. 利用計算機視覺定量描述茶葉色澤. 農業機械學報 3(14): 67-70。
16. 鄭混元. 1999. 葉色及葉綠素含量與綠茶品質之關係研究. 臺灣茶業研究彙報 18: 77-84。
17. 賴國亮. 2001. 色票在炒青綠茶品質評價中的應用. 福建茶葉 3: 15-16。
18. 鍾翊嫻、張育森. 2003. 氮肥施用對地毯草生育之影響與應用葉綠素計於氮素狀態診測之討論¹. 中國園藝 49(4): 361-374。
19. 羅正宗、陳一心、劉啟東. 2000. 水稻植株葉色變化與測定方法. 嘉義大學學報(原嘉義技術學院學報) 69: 15-22。
20. 羅正宗、陳一心(譯). 1999. 不同品種及栽培條件對稻米氮素含量的變異與葉色的關係. 科學農業 47(9-10): 317-320。
21. 顧謙、陸錦時、葉寶存. 2002. 茶葉化學. 第 1 版. 中國科學技術大學出版社。
22. 大森 薰、中村普一郎、渡邊敏朗、甲木和也. 1987. 煎茶製造における蒸熱條件の製茶品質に及ぼす影響. 茶研報 65: 73-80。
23. 日高 保. 1992. 茶遺傳資源中國種新芽の葉色測定. 茶研報 76(別): 6-7。
24. 武田善行、和田正光、根角厚司. 1992. 1-2 成葉の葉色による χ 遺傳資源の分類. 茶研報 76(別): 8-9。
25. 原 利男. 1996. 色彩色差計による茶の色の測定. 茶研報 84(別): 62-63。
26. 松尾喜義、岡野邦夫. 1992. 葉綠素計による χ 成葉の特性評價. 茶研報 76(別): 20-21。
27. 稻田勝美. 1993. "綠" を測る (4) 葉色の測定とその營養、生育診斷への利用. 農業及園藝 68: 1308-1314。

- 29.橘 尚、庄山孝義. 1978. 茶葉の測色と葉綠素量の關係. 茶研報 84 (別) 49 : 56-60
- 30.Gonnet, J. F. 1999. Color effects of co-pigmentation of anthocyanins revisited — 2. A colorimetric look at the solutions of solution co-pigmented by rutin using the CIELAB scale. Food Chemistry 73.
- 31.Nassau, K. 1998. Color for science, art and technology. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- 32.Lancaster, J. E. and C. E. Lister. 1997. Influence of pigment composition on skin color in wide range of fruit and vegetables. J. Amer. Soc. Hort. 122: 594-598.
- 33.Wood, C W., Reeves, D. W., Duffield, R. R., and Edmisten, K. L. 1992. Field chlorophyll measurement for evaluation of corn nitrogen status. J. Plant Nutri. 15(4): 487-500.
- 34.Blackmer, T. M. and J. S. Schepers .1994. Techniques for monitoring crop nitrogen status of corn. Commun. Soil Sci. Plant Anal 25(9-10): 1791-1800.
- 35.Follett, R H. and R. F. Follett. 1992. Use of a chlorophyll meter to evaluate the nitrogen status of dry-land winter wheat. Commun. Soil Sci. Plant Anal 23(7-8): 687-697.
- 36.Minotti, P. L., Halseth, D. H., and Sieczka, J. B. 1994. Field chlorophyll measurement to asses the nitrogen status of potato varieties. Hort. Science. 29(12): 1497-1500.
- 37.Singha, S. and C. Townsend 1989. Relationship between chromaticity values and chlorophyll concentration in apple, grape, and peach leaves. Hort. Science 24(6): 1034.
- 38.Yadava, U. L. 1986. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. Hort. .Science 24(6): 1449-1550.

Application of Color Measurement Technology on the Measurement of Tea Bud Color

Horng-Jey Fan Hun-Yuan Cheng¹ Ming-Shaiun Guu²

Summary

The measurement value of chlorophyll meter (Soil-Plant Analyses Development unit, SPAD) would increase along with the number of tea shoots. The chlorophyll content has emerged first in the third leaf. The shoot color also would transform from yellowish green to heavy green. The standard sampling is one bud and three leaves, and the measured location is the lower left of the 3rd younger leaf when use colorimeter (color difference meter). The averages of L* value, a* value, and b* value are 32.78 ± 1.99 , -9.38 ± 0.79 , 11.60 ± 0.86 , respectively. Corresponding measured averages of chlorophyll a, Chlorophyll b, Chlorophyll are 1.576 ± 0.1996 mg/g, 0.45 ± 0.14 mg/g, 2.15 ± 0.34 mg/g, respectively. The averages of carotene and SPAD chlorophyll absorption value are 2.08 ± 0.57 and 50.66 ± 4.24 , respectively. The best measured location is the lower left of the 3rd younger leaf (location of No.12) by the non-destructive determination of tea leaf and bud color with chlorophyll meter and colorimeter to use non-destructive determination of tea leaf color changes. in the best position to the left of the leaves on the lower third position (No. 12 position). The SPAD value and L*, a*, b* values can basically reflect the chlorophyll content.

Key words: Tea tree, Tea leaf and bud color, Chlorophyll meter, Color difference meter

-
1. Assistant Agronomist, Associate Agronomist, Taitung Branch, Tea Research and Extension Station, Taitung, Taiwan R.O.C.
 2. Professor, Department of Plant Industry, National Pingtung University of Science & Technology, Pingtung, Taiwan, R.O.C.

表一、不同芽葉葉位之色素含量

Table 1. The pigment content of different locations of leaf and bud

葉位 Leaf position	位置 location	葉綠素 a chl-a	葉綠素 b chl-b	葉綠素 chl	胡蘿蔔素 car	SPAD 值 cmr
		-----	mg /gFw	-----		
第一嫩葉 1 st leaf	1	1.242d	0.281de	1.573e	1.574cd	42.85f
第二嫩葉 2 nd leaf	2	1.478c	0.242e	1.843de	1.297d	48.225def
	3	1.652bc	0.465abc	2.243bc	2.033bc	50.25bcde
	4	1.614bc	0.246e	1.989cd	1.074d	48.725cde
	5	1.788ab	0.437bc	2.440ab	1.919c	54.55abc
	6	1.509c	0.265de	1.793de	1.359d	50.475bcde
	Avg.	1.608	0.331	2.062	1.536	50.445
		±0.124	±0.110	±0.274	±0.417	±2.489
第三嫩葉 3 rd leaf	7	1.631bc	0.536abc	2.267bc	2.456ab	46.575ef
	8	1.568c	0.580ab	2.264bc	2.544a	52.125bcde
	9	1.641bc	0.569ab	2.359bc	2.574a	55.325ab
	10	1.917a	0.607a	2.731a	2.551ab	48.175def
	11	1.686bc	0.598ac	2.445ab	2.561ab	49.200cde
	12	1.595bc	0.568ab	2.324bc	2.574ab	52.725bcde
	13	1.171d	0.409cd	1.702de	2.542a	59.400a
	Avg.	1.601	0.552	2.299	2.543	51.932
		±0.222	±0.067	±0.308	±0.041	±4.439
mean		1.576	0.446	2.152	2.081	50.662
		±0.200	±0.144	±0.341	±0.573	±4.238

The mean values in each column follow by the same letter are not significant different at 5% level with Duncan's multiple range test.

Chl-a=chlorophyll a, chl-b=chlorophyll b, chl=chlorophyll (a+b), Car=carotene, Spad= spectral absorbance of chlorophyll.

表二、不同芽葉葉位之色差值

Table 2. The color difference of different locations of leaf and bud

葉位 Leaf	位置 location position	L*	a*	b*	X	Y	Z
第一嫩葉 1 st leaf	1	31.90ab	-9.34bc	11.91abc	8.418 ±1.062	10.425 ±1.196	5.684 ±0.253
第二嫩葉 2 nd leaf	2	33.12ab	-9.04abc	11.42abcd	8.81 ±0.102	10.709 ±1.076	6.235 ±1.410
	3	30.88b	-9.25bc	10.73bcd	7.98 ±0.764	9.802 ±0.878	5.673 ±0.546
	4	35.48ab	-7.68a	10.516cd	9.92a ±3.358	11.803 ±3.903	7.598 ±3.049
	5	31.15b	-9.08abc	10.78bcd	7.935 ±0.474	9.694 ±0.64	5.768 ±0.175
	6	30.35ab	-8.44ab	10.02d	7.738 ±0.586	9.466 ±0.745	5.843 ±0.217
	Avg.	32.196 ±2.114	-8.698 ±0.646	10.6932 ±0.505	8.4766 ±0.906	10.2948 ±0.967	6.2234 ±0.798
第三嫩葉 3 rd leaf	7	37.88a	-8.93abc	12.21abc	8.722 ±0.853	10.808 ±1.158	5.752 ±0.272
	8	32.52ab	-9.95bc	12.16abc	8.524 ±0.709	10.572 ±0.974	5.707 ±0.143
	9	33.20ab	-10.35c	12.19abc	8.707 ±1.065	10.804 ±1.268	5.845 ±0.452
	10	32.78ab	-9.60c	12.41ab	8.209 ±1.257	9.893 ±2.222	6.586 ±2.165
	11	32.37ab	-10.29c	12.43ab	8.387 ±0.634	10.412 ±0.787	5.679 ±0.199
	12	32.76ab	-10.36c	12.69a	8.642 ±0.519	10.682 ±0.636	5.843 ±0.219
	13	31.43ab	-9.69bc	11.38abcd	8.476 ±0.717	10.503 ±0.947	5.735 ±0.195
	Avg.	33.277 ±2.102	-9.881 ±0.523	12.210 ±0.410	8.524 ±0.186	10.525 ±0.316	5.878 ±0.319
mean		32.755 ±2.012	-9.385 ±0.785	11.604 ±0.859	8.498 ±0.540	10.429 ±0.612	5.996 ±0.548

The mean values in each column follow by the same letter are not significant different at 5% level with Duncan's multiple range test.

L*, a*, b* : This is one of the color spaces that perceptively has nearly the equivalent pace as that L* shows the luminosity, and a* & b* show the hue and chroma. X, Y, Z : This is the tri-stimulus value for the tri-chromatic color specification system based on the isochromatic function recommended by the CIE.

表三、不同芽葉葉位色素與色澤之變異係數

Table 3. The cv % (coefficient variance) of pigment and color of different locations of leaf and bud

葉位	位置	L*	a*	b*	chl-a	chl-b	Chl	Car	Spad	Mean
Leaf	Location									
Position										
第一嫩葉										
1 st leaf	1	4.62	13.02	14.95	9.02	37.37	19.52	25.22	5.51	16.15
第二嫩葉	2	10.99	10.28	7.15	14.48	28.93	16.60	7.86	12.08	13.55
2 nd leaf	3	4.69	7.94	12.37	14.65	36.34	18.77	34.14	8.74	17.20
	4	17.37	17.15	9.51	7.13	41.87	9.20	15.74	4.19	15.27
	5	2.28	3.77	5.62	7.94	40.27	10.61	36.27	8.52	14.41
	6	1.52	5.39	3.77	9.61	44.91	13.44	32.52	6.09	14.66
	Avg.	7.37	8.90	7.68	10.76	38.46	13.73	25.31	7.92	15.02
第三嫩葉	7	29.18	19.00	8.40	8.89	10.45	8.29	8.35	9.38	12.74
3 rd leaf	8	3.73	8.72	9.10	7.46	8.62	8.13	6.96	3.78	7.06
	9	2.64	4.81	7.54	5.36	14.41	10.77	8.70	4.41	7.33
	10	11.29	8.98	13.01	3.65	10.05	5.42	9.68	5.68	8.47
	11	3.02	6.36	8.30	10.97	11.37	11.33	12.07	8.51	8.99
	12	2.44	5.32	7.23	3.20	3.70	3.40	5.17	8.59	4.88
	13	1.18	5.89	5.11	9.48	11.25	8.58	10.82	1.55	6.73
	Avg.	7.64	8.44	8.39	7.00	9.98	7.99	8.82	5.98	8.03
Mean		6.54	10.12	10.34	8.93	28.60	13.74	19.78	6.47	13.07

L= luminosity (0 is black , 100 is white) , a=color coordinates , + is red , - is green; b=color coordinates , + is yellow, - is blue; Chl-a=chlorophyll a, chl-b=chlorophyll b, chl=chlorophyll (a+b); Car=carotene; Spad= spectral absorbance of chlorophyll; 2 avg= the average of the all locations of the 2nd leaf ; 3 avg = the average of the all locations of the 3rd leaf; mean= the average of the all locations of all leaves.