

茶樹採摘芽葉量測色澤數值化之建立

II、茶芽生育期間芽葉色澤之變化

范宏杰¹ 鄭混元¹ 古明萱²

摘 要

自冬季剪枝後第 67 天以後，隨生育天數的增加，採摘日期的延後，製茶品質之TQS隨之降低，至第 88 天時顯著地不再能製作出品質佳的茶葉製品。芽葉色澤SPAD (Soil-Plant Analyses Development unit) 值之對應產量預估式為 $y = -36.62x^2 + 237.68x - 165.67$ ($R^2 = 0.988^{**}$)；其中， y = 產量， x = SPAD 值。芽葉色澤SPAD的測值在 49 時，採摘可得最高收益。芽葉色澤Hue值之對應產量預估式為 $y = -5.43x^2 + 1337.1x - 82325$ ($R^2 = 0.993^{**}$)；其中， y = 產量， x = H* 值。芽葉色澤Hue 的測值在 124 時，採摘可得最高收益。綜合以上的結果顯示，二次式迴歸方程式為茶芽色澤對應茶芽生長模式，此乃茶芽色澤配合芽葉生長呈現出的生命現象。茶芽生育期間不同採摘日對茶芽化學成分之影響，茶芽生育期間芽葉色澤之變化，可謂為茶葉內容化學成分變化的體現。隨著嫩採程度的不同，其芽葉色澤的色差計測定數值不同，故適採期仍會因所製成茶品種類略有差異。

關鍵字：茶芽、採摘、色澤、色差計

前 言

新梢生育期，係指芽膨大至鱗片開展並始向上伸長為新梢萌芽期，魚葉開展至駐芽開始形成為新梢伸長期，駐芽開始出現以後即進入成熟期。影響茶樹芽葉鮮嫩及化學成分的因子，主要為品種、溫溼度、雨量、日照及採摘成熟度等（李與陳，2003）。茶芽鮮葉中含有各種色素，主要有葉綠素、葉黃素、胡蘿蔔素和花青素（安徽農學院，1994），芽葉顏色可分淡綠、綠、濃綠、黃綠、紫綠等幾種。茶芽葉色受葉中所含之花青素、葉黃素、及葉綠素的比率所支配（陳與李，2000）。

芽葉化學成分中可溶分、胺基酸、兒茶素類、咖啡因及可溶性醣類是影響製茶品質之主要成分（Nakagawa and Ishima, 1971）。兒茶素類是多元酚類的主要成分，帶澀味（蔡等，1990），約占多元酚類成分總含量的 70~80%，其含量與品種及製茶過程有關（阮，1987）。多元酚類（polyphenols）

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。

為無色，含量約佔乾物重 10~30% (Bokuchava and Soboleva, 1969)，主要成分包括 (一) -epicatechin (EC)，epigallocatechin-3-gallate (EGCG)，epicatechin-3-gallate (ECG) 和 epigallocatechin (EGC) 四種兒茶素。近年來在紅茶及紅茶製作發酵過程中發現其他族群的多元酚混合物 (Xiao et al., 1998)；這些混合物是兒茶素二聚合物 (dimer)、三聚合物 (trimer) 及多聚合物 (multipolymer) (Nursten, 1997)。在製茶過程中兒茶素的氧化聚合物是主要的茶葉發酵化學反應，其主要生成物與茶湯滋味及水色有關，由於它們呈現黃色或暗褐色，通常稱為茶色素 (tea pigment) (王，2003) 多元酚類。根據 Zhao Yaping 等 (2003) 的研究指出茶色素的自由基排除能力和活力與多元酚類相近。不同茶類製品總量兒茶素的萃取量：不發酵茶 (綠茶) > 部分發酵茶 (烏龍茶) > 全發酵茶 (紅茶) > 其他茶類 (普洱茶)；而兒茶素中則 EGCG > EGC > ECG > EC > C；在抗基因中毒效果上則為烏龍茶 > 紅茶 > 蒸青綠茶 > 其他茶類 > 普洱茶 (Takeshi Ohe et al., 2001)；茶葉浸泡液 (tea flush)、綠茶等不發酵茶的抗菌力較鐵觀音、包種和烏龍茶等部分發酵茶強，而紅茶為全發酵茶展現的抗菌能力最弱。就季節性而言烏龍茶的抗菌能力以夏茶最強，依序為春茶、冬茶和秋茶 (Chou et al., 1999)。兒茶素的氧化產物以及咖啡因是可以用來決定茶葉品質的重要生化指標。像是兒茶素的氧化物—茶黃質與茶紅質，就是決定紅茶品質的重要因子 (Magoma, 2000)。綠茶品質由於品種間及生育期間芽葉葉綠素含量及化學成分而有差異。葉與吳 (1976) 指出綠茶品質較佳之品種，其葉綠素含量亦高。葉片色澤也影響葉綠素含量及綠茶品質，深綠色系品種芽葉葉綠素之含量高於黃綠色系品種，並且製茶品質亦較佳 (和田等，1988)。茶芽生育期間不同採摘期其芽葉色澤之變化對茶葉製茶品質特性是否存在著指引的關鍵，值得吾人加以探究。

材料與方法

(一) 試驗材料

1. 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 號品種茶樹。

2. 試驗儀器：

- (1) 色差計 1：測定茶芽鮮葉色澤。
- (2) 色差計 2：Nippon Denshoku Kogyo 之 ND-300A 型桌上型。測定茶湯水色。
- (3) 葉綠素測計：CHLOROPHYLL METER SPAD-502. MINOLTA Co, Ltd., Japan.
- (4) 光電比色計：ANTHELLIE No.107, SECOMAM Co., France.

(二) 試驗方法

1. 茶芽生育期間不同採摘日期之選定，係依據馮鑑淮 (1997) 試驗及配合茶芽實際生育情形，並於採摘適期前後每隔 7 天採摘調查，即選取冬季剪後第 67 天 (3 月 2 日)、第 74 天 (3 月 9 日)、第 81 天 (3 月 16 日)、第 88 天 (3 月 23 日) 等採摘芽葉進行農藝性狀調查、茶葉色澤測定、芽葉化學成分分析、製作綠茶、包種茶及紅茶。

2. 芽葉農藝性狀調查方法

於採摘前隨機取各茶樹第一葉已完全展開之一心三葉標準芽，每重複取 10 芽，四重複共取 40 芽調查

- (1) 百芽重 (weight of 100 young shoots)：逢機取一心三葉之嫩芽 10 芽，以微量天平秤重，所得實重除以芽數再乘以 100，重複 4 次，求其平均值。
- (2) 生葉產量 (yield of fresh leaf, g/bush)：每小區茶菁採摘總量。所得實重除以小區內茶樹採摘總株數，重複 4 次，求其平均值。

- (3) 密度 (bud density, No./900cm²): 隨機採 900cm²之茶樹採摘面, 將此面積內全部茶芽總數。
- (4) 第一節間徑 (diameter of 1st internode, cm): 實測第一嫩葉葉柄至第二嫩葉葉柄中間, 莖之直徑。
- (5) 第二節間徑 (diameter of 2nd internode, cm): 實測第二嫩葉葉柄至第三嫩葉葉柄中間, 莖之直徑。
- (6) 第一節間長 (length of 1st internode, cm): 實測第一嫩葉葉柄至第二嫩葉葉柄間之長度。
- (7) 第二節間長 (length of 2nd internode, cm): 實測第二嫩葉葉柄至第三嫩葉葉柄間之長度。
- (8) 第二嫩葉長 (length of 2nd leaf, cm): 實測第二嫩葉葉基部至葉尖長度。
- (9) 第二嫩葉寬 (width of 2nd leaf, cm): 實測第二嫩葉葉幅最寬部位之寬度。
- (10) 第二嫩葉厚 (thickness of 2nd leaf, mm): 實測第二嫩葉葉片中間主脈兩旁厚度。
- (11) 第三嫩葉長 (length of 3rd leaf, cm): 實測第三嫩葉葉基部至葉尖長度。
- (12) 第三嫩葉寬 (width of 3rd leaf, cm): 實測第三嫩葉葉幅最寬部位之寬度。
- (13) 第三嫩葉厚 (thickness of 3rd leaf, mm): 實測第三嫩葉葉片中間主脈兩旁厚度。
- (14) 第二嫩葉面積 (area of 2nd leaf, cm²): 第二嫩葉之葉長×葉寬×0.7。
- (15) 第三嫩葉面積 (area of 3rd leaf, cm²): 第三嫩葉之葉長×葉寬×0.7。

(楊與曾, 1991; 馮等, 1993; 馮等, 1994)

3. 化學成分分析

將一心二葉新鮮芽葉置 70℃烘乾 48 小時, 進行下列化學成分分析, 包括可溶分、多元酚、兒茶素、咖啡因、可溶糖、胺基酸。

(1) 可溶分 (soluble solid) 含量測定:

稱取經過 70 °C 烘乾 48 小時之鮮葉、茶乾 1g, 置於 100 ml 之定量瓶中, 加入煮沸之蒸餾水 80ml, 再放入 100 °C 之水浴鍋加熱 1 小時, 取出茶湯以濾紙過濾後定量至 100 ml。再取出 50 ml 於蒸發皿, 置於烘箱乾燥至恆重, 稱重並換算為乾物重百分比 (Sarkar and Howarth, 1976;)。

$$\text{乾物重百分比} = (\text{蒸發皿乾物重} - \text{蒸發皿空重}) \times \frac{nV}{1000 \times FW}$$

(2) 多元酚 (polyphenol) 含量測定:

由上述之濾液經稀釋後取 1 ml, 加 1 ml 酒石酸鐵溶液 (Fe-tartrate) 及 3 ml 磷酸鉀鈉緩衝液, 呈色後以分光光度計 (ANTHELIE) 測其在波長 540 nm 之吸光度, 另以 ethyl gallate 製備標準曲線, 換算多元酚類為乾物重百分比。

酒石酸鐵溶液之配製: 100 mg FeSO₄ · 7H₂O + 500 mg K.Na-tartrate 加蒸餾水定量至 100 ml。

磷酸鉀鈉緩衝液 (pH7.5) 配製: (A) 稱取 23.876 g Na₂HPO₄ · 2 H₂O 溶於 1L 之蒸餾水。(B) 稱取 9.078 g KH₂PO₄ 溶於 1L 蒸餾水。取 (A) 85 ml + (B) 15 ml, pH 調整至 7.5 (馮與陳, 1995)。

(3) 兒茶素 (catechins) 含量測定:

取經過稀釋後之澄清濾液 1 ml 於包有鋁箔紙之試管中, 置於冰浴中, 加入 6 ml vanillin 試劑 (4% W/V, 溶於methanol), 再加 3 ml H₂SO₄ 充分振盪混合, 靜置 15 分鐘。以分光光度計 H₂SO₄ 測其波長 500 nm 之吸光值, 另以 (+) catechin 製備標準曲線, 換算兒茶素含量為乾物重百分比 (馮與陳, 1995; Sarkar and Howarth, 1976; Iwasa, 1977)。

(4) 咖啡因 (caffeine) 含量測定:

取濾液稀釋至適當濃度置於三角瓶中，加入 0.8 g 之 PVPP (polyvinylpolypyrrolidone) 去除茶湯之多元酚類，經振盪後靜置 30 分鐘過濾，以分光光度計測其波長 276nm 之吸光值，另以 caffeine 製備標準曲線，換算咖啡因含量為乾物重百分比(蔡右任、阮逸明, 1987)。

(5) 總游離胺基酸 (total free amino acid) 含量測定：

稀釋液加 PVPP 充分混合，靜置 30 分鐘過濾，取澄清液 1ml 於試管中，加入 1 ml ninhydrin 試劑，蓋緊試管，置於 100℃ 水浴中加熱 20 分鐘，冷卻後加入 5ml 5% 2-propanol 混合液，均勻後以分光光度計測其波長 570nm 之吸光度，另以 theanine 製備標準曲線，換算總游離胺基酸含量為乾物重百分比。

藥劑配製為 (A) citric buffer 為 4.2g citric acid 加 40 ml 1N NaOH，以蒸餾水定量至 100 ml，調整 pH 至 5.0。(B) 0.04 g SnCl₂ 加 Citric buffer 至 25ml (C) 1g ninhydrin 加 methylcellulose 至 25ml。(B) 加 (C) 即 ninhydrin 試劑 (Moore and Stein, 1948)。

(6) 可溶糖 (soluble sugar) 含量測定：

稱取 0.1 g 樣品置於 10ml 試管中，加入 10 ml 80% ethanol 溶液，經 80℃ 水浴鍋加熱 20 分鐘萃取過濾，重複萃取三次。萃取液置於燒杯，放入 100℃ 水浴鍋中去除 ethanol，剩約 5 ml 萃取液，再加蒸餾水定量至 50 ml，取 0.2 ml 加 1.8 ml 蒸餾水，放在冰浴中加 4 ml anthrone 溶液 (0.2%，0.2 g anthrone 加 H₂SO₄ 至 100 ml)，振盪後於 100℃ 水浴中加熱 7.5 分鐘，取出置於冰浴中冷卻。以分光光度計測其波長 630nm 之吸光值，另以 glucose 製備標準曲線，換算可溶糖含量為乾物重百分比 (Somogyi, 1945)。

(7) 葉綠素 (chlorophyll) 與類胡蘿蔔素 (carotenoid) 含量測定：

將同一橫茶樹隨機採取一心三葉茶芽，依芽葉位置分別以直徑 0.6 cm 打孔機剪取葉圖片各 5 片，合計葉面積為 1.414cm²。用精密 (四位) 天秤稱重後，放入試管中，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，取萃取液盛於光電比色管中，在波長為 440、645、663 及 652 nm 時之吸光值 (OD) (陳及蔡, 1992; Arnon, 1949)。

(8) SPAD 值測定：

採用輕巧可攜帶的葉綠素測計，該產品由 Minolta 公司之土壤暨植物分析研發小組 (Soil-Plant Analyses Development unit, SPAD) 所開發，可量測扁平樣品之點測值，並可計算多點平均值。其原理乃量測穿透葉片之光輻射，經由樣品吸收後的光輻射量，反饋估算葉片葉綠素量。由測計兩臂夾住葉片樣區，一臂為具有放射光輻射二極體之光源端，另一臂為具有矽質光極體之受光端，由入射光源輻射量與穿透過葉片後光軸射量之差值，輸入經二參考值建立之內建檢量線換算測計值。簡言之，可視為量測植體葉片之綠度，或稱葉綠素的相對含量 (楊, 2003; Inada, 1963 & 1985; Kariya et al., 1982)。

測計由 2 個 AA (鹼性) 電池提供能源操作，二測值之間約間隔 2 秒以上。光源端內有兩個放射光輻射之二極體，分別設定約在 650 及 940nm 波長位置，其中 650nm 為葉綠素 a 與葉綠素 b 之主要吸收峰之一 (另一約於 430nm)，940nm 則幾乎完全穿透而不被吸收 (Minolta, 1989)。前者用於量測葉綠素濃度，後者作為葉片水分及厚度補償之參考值，受光端測得之穿透值經內建程式算出測計讀值 (楊, 2003)。

(9) 色彩反射率的明暗度測定：

採用輕巧可攜帶的色差計，是一簡便的分光光度計，它利用一多色彩 LED 光源和一 0/45° 聚光方式的光學視覺系統。其使用 400 到 700 nm 可視光譜照射在樣品上，然後經內部計算，並以數值化顯示出對基礎色彩反射率的明暗度。

由 Nippon Denshoko 專利開發的 0/45°聚光方式的光學視覺系統，從彩色 LCD 發射光聚集在投射在樣品某些點上，如此所有的色彩跟著光從樣品呈現出來，利用 0/45°聚光方式的光學視覺系統以多個 LCD 依 45°角環狀排列，由角度的關係可顯示出樣品色彩差距，解決色彩測度的問題。

測計可由 4 個 AA (鹼性) 電池提供能源，亦可外接市電提供能源操作，採作僅需將測度鏡頭緊貼於樣品表面，按下黃色測量按鍵即可立即顯示知色差數值，NF-333 並提供多種色彩系統數值，如 XYZ, $L^*a^*b^*$, $L^*u^*v^*$ 。

(10) 茶湯水色測定：

以 Nippon Denshoko Kogyo Nd300A 型色差計測定，沖泡方法比照現行茶葉官能品評法沖泡，即取 150 mL 沸水沖泡 3 g 茶樣，再靜置 5 分鐘後濾出茶湯，待茶湯稍冷（約 5 分鐘）後以色差計進行透光分析測定，色差測定參考樣品以蒸餾水為對照、設定 $X=94.2$ 、 $Y=92.4$ 、 $Z=110.8$ ，測色值 L 、 a 、 b 、 ΔE 分別為亮度值、紅綠值、黃藍值和色差值。 L 質愈大表示愈亮， a 值正時表偏紅、負時表偏綠， b 值正時表偏黃、負時表偏藍， ΔE 為茶湯測色值 L 、 a 、 b 與對照（蒸餾水）兩者之間的色差（吳等，1995）。

(三) 試驗製茶

1. 製茶：依茶業技術推廣手冊——製茶篇（台灣省茶業改良場，1999）規範，製作條型綠茶、包種茶、紅茶及進行製茶品質之官能品評。
2. 官能品評：稱取 3 g 茶葉置於品評杯，用沸水 150 ml 沖泡 5 分鐘後茶湯倒出於審茶杯，茶湯再經 5 分鐘靜置後，請本分場三位品評人員分別依形狀 10%、色澤 10%、水色 20%、香氣 30%、滋味 30%（合計 100%）評定分數（TQS: total quality scores）。

(四) 統計分析

測量所得數據之平均值進行變方分析後，以鄧肯氏多變域法測定差異顯著性。

(五) 試驗期間

自 93 年 12 月 27 日（冬季剪枝）至 94 年 10 月 31 日。

結 果

測定觀察茶樹品種台茶 12 號（TTES No.12）生育期間芽葉色澤變化與不同採摘期芽葉形態及內含物的差異，於 93 年 12 月 27 日冬季剪枝作業後，分別於第 60 天（94 年 2 月 23 日）、67 天（3 月 2 日）、74 天（3 月 9 日）、81 天（3 月 16 日）、88 天（3 月 23 日），摘取一心三葉茶芽之第二、三葉進行測定，但因第 60 天茶芽生育明顯地葉片尚未展開，不適於採摘製茶。故本組調查之各項數值不列計比較，而第 88 日後茶芽已老化，芽葉色澤濃綠，對口葉已達 100%，即表示此時茶芽已過採摘製茶的標準適期。因而本研究僅針對第 60~87 天間的茶芽生育狀況做茶芽生育期間芽葉色澤變化與不同採摘期芽葉形態及內含物差異的探討。

(一) 茶芽生育期間不同採摘日對芽葉色澤的影響

剪枝後第 67、74、81 及 88 天調查生育期間第二、三嫩葉 SPAD 讀值（圖一）其結果可清楚看出基本上不論任何時點，第三嫩葉的濃綠程度均明顯較第二嫩葉高。就採摘時間的不同，第二、三嫩葉的濃綠程度隨間隔時間的增加而提高，且調查間隔時間上差異顯著（達 5%）顯著水準。

茶芽生育期間芽葉葉綠素 a 含量（圖二），調查期間第二嫩葉及第三芽葉第 67 天、74 天、81 天

及 88 天測定之葉綠素 a 含量，由結果可清楚看出基本上第三嫩葉的葉綠素 a 含量較第二嫩葉高。就採摘時間的不同，第二、三嫩葉的葉綠素 a 含量隨間隔時間的增加而提高，且調查間隔時間上差異顯著。

茶芽生育期間芽葉葉綠素 b 含量 (圖三 A、B)，調查第二嫩葉及第三芽葉第 67 天、74 天、81 天及 88 天測定之葉綠素 b 含量，其結果看出基本上第三嫩葉的葉綠素 b 含量較第二嫩葉高。就採摘時間的不同，第二、三嫩葉的葉綠素 b 含量隨間隔時間的增加而提高。且調查間隔時間上初期差異達 5% 顯著水準；但到芽葉成熟後期則未達 5% 顯著水準，但仍有緩慢提升現象。

茶芽生育期間芽葉總葉綠素含量 (圖四 A、B)，調查第二嫩葉及第三芽葉第 67 天、74 天、81 天及 88 天測定之葉綠素含量，其結果可看出基本上第三嫩葉的葉綠素總量較第二嫩葉高。就採摘時間的不同，第二、三嫩葉的葉綠素含量隨間隔時間的增加而提高。且調查間隔時間上初期差異呈顯著，到芽葉生育中後期則未達 5% 顯著水準，但仍有緩慢提升現象。

茶芽生育期間芽葉類胡蘿蔔素含量 (圖五 A、B)，調查第二嫩葉及第三芽葉第 67 天、74 天、81 天及 88 天測定之類胡蘿蔔素含量，其結果可看出基本上第三嫩葉的類胡蘿蔔素含量較第二嫩葉高。就採摘時間的不同，第二、三嫩葉的類胡蘿蔔素含量隨間隔時間的增加而提高。且調查間隔時間上差異顯著。

茶芽生育期間芽葉色澤色差 ($L^* a^* b^*$) 值 (圖六)，調查第二嫩葉第 67、74、81 及 88 天測定之葉色澤色差 ($L^* a^* b^*$) 值，按日期， L^* 值分別為 34.12 ± 1.49 、 33.08 ± 1.21 、 35.13 ± 1.12 及 33.61 ± 0.71 。第三嫩葉測定之葉色澤色差 L^* 值分別為 33.82 ± 1.37 、 32.00 ± 1.38 、 34.89 ± 1.61 及 34.09 ± 1.55 。 a^* 值分別為 -16.55 ± 1.91 、 -15.65 ± 0.55 、 -14.78 ± 1.05 及 -15.52 ± 0.48 。第三嫩葉測定之葉色澤色差 a^* 值分別為 -15.72 ± 1.62 、 -14.57 ± 0.79 、 -15.39 ± 0.54 及 -14.17 ± 0.70 。 b^* 值分別為 32.86 ± 4.90 、 27.76 ± 2.32 、 25.72 ± 3.07 、 22.64 ± 1.26 。第三嫩葉測定之葉色澤色差 b^* 值分別為 30.78 ± 4.40 、 26.07 ± 1.71 、 25.86 ± 0.78 及 9.75 ± 1.40 。其結果可看出基本上第三嫩葉的明暗度較第二嫩葉低。就採摘時間的不同，第二、三嫩葉的 a^* 值量隨間隔時間的增加而提高。且調查間隔時間上初期差異顯著。第二、三嫩葉的 b^* 值量會隨間隔時間的增加而降低。

茶芽生育期間芽葉葉色澤色差 H^* (ab) 值 (圖七)，調查第二嫩葉第 67、74、81 及 88 天測定之葉色澤色相角 H^* (ab) 值， H^* (ab) 值分別為 116.73 ± 1.49 、 119.41 ± 1.21 、 119.88 ± 1.12 及 124.49 ± 0.71 。第三嫩葉測定之葉色澤色相角值分別為 117.05 ± 1.37 、 119.21 ± 1.38 、 120.75 ± 1.61 及 127.06 ± 1.55 。

茶芽生育期間芽葉色澤色差 dE^* (ab) 值 (圖八)，調查期間第二嫩葉第 67、74、81 及 88 天測定之葉色澤色差 dE^* (ab) 值， dE^* (ab) 值分別為 70.23 ± 1.49 、 68.83 ± 1.21 、 66.03 ± 1.12 及 66.53 ± 0.71 。第三嫩葉測定之葉色澤色差 dE^* (ab) 值分別為 69.40 ± 1.37 、 68.95 ± 1.38 、 66.43 ± 1.61 及 65.07 ± 1.55 。

茶芽生育期間芽葉色澤彩度 C^* (ab) 值 (圖九)，調查第二嫩葉測定之葉色澤彩度值，按日期第 67、74、81、88 天， C^* (ab) 值分別為 36.80 ± 1.49 、 31.87 ± 1.21 、 29.67 ± 1.12 、 27.45 ± 0.71 。第三嫩葉測定之葉色澤 C^* (ab) 值分別為 34.57 ± 1.37 、 29.86 ± 1.38 、 30.09 ± 1.61 、 24.75 ± 1.55 。

(二) 茶芽生育期間不同採摘時間對芽葉農藝性狀的影響

在冬季剪枝後第 67 天調查芽葉密度，其茶芽密度在 900cm^2 內有 69 個茶芽，爾後隨生育天數的增加；即採摘日期的延後，可採摘芽數遞減 (表二)。

茶芽生育期間芽葉百芽重在冬季剪枝後第 67 天時，為 $64.67 \pm 4.04 \text{ g}/100 \text{ shoots}$ ，第 74 天時為 $76.70 \pm 2.08 \text{ g}/100 \text{ shoots}$ ，第 81 天時為 $81.60 \pm 6.65 \text{ g}/100 \text{ shoots}$ ，第 88 天時提高為 $106.00 \pm 3.46 \text{ g}/100 \text{ shoots}$ 。整體而言。自冬季剪枝後第 67 天以後隨生育天數的增加，採摘日期的延後，芽葉百芽重隨之增加 (表二)。

茶芽生育期間每株茶樹芽葉平均產量，在冬季剪枝後第 67 天時，採摘茶菁產量為 38.80 ± 5.36

g/plant、第 74 天時為 152.00 ± 21.32 g/plant、第 81 天時為 228.30 ± 30.18 g/plant、第 88 天時為 195.00 ± 25.53 g/plant。整體而言，自冬季剪枝後第 67 天以後隨生育天數的增加，採摘日期的延後，茶菁產量重隨之增加。至第 81 天茶菁產量達到高點，再則隨採摘日期的延後，產量逐漸稍微下降（表二）。

茶芽生育期間芽葉全芽長，在冬季剪枝後第 67 天時採摘時，為 12.20 ± 0.39 cm、第 74 天時為 15.70 ± 0.48 cm、第 81 天時為 16.40 ± 1.55 cm，而第 88 天時提高為 14.00 ± 0.33 cm。整體而言，自冬季剪枝後第 67 天以後隨生育天數的增加，採摘日期的延後，芽葉全芽長隨之增加。至第 81 天達到高點，再則隨採摘日期的延後，芽葉全芽長逐漸稍微下降（表二）。

茶芽生育期間調查一心三葉芽長，在冬季剪枝後第 67 天時，採摘一心三葉芽長為 7.80 ± 0.11 cm、第 74 天時為 8.80 ± 0.11 cm、第 81 天時為 8.90 ± 0.13 cm、而第 88 天時提高為 10.10 ± 0.19 cm。整體而言，自冬季剪枝後第 67 天以後隨生育天數的增加，採摘日期的延後，一心三葉芽長隨之增加（表二）。

茶芽生育期間第二、三葉冬季剪枝後第 67 天時，第二葉葉厚度為 0.21 ± 0.10 mm、第 74 天時為 0.21 ± 0.001 mm、第 81 天時為 0.21 ± 0.01 mm、第 88 天時提高為 0.27 ± 0.08 mm；在冬季剪枝後第 67 天時，第三葉葉厚為 0.23 ± 0.01 mm、第 74 天時為 0.25 ± 0.01 mm、第 81 天時為 0.25 ± 0.01 mm、而第 88 天時提高為 0.29 ± 0.002 mm。基本上第三嫩葉的葉片厚度較第二嫩葉厚。整體而言，自冬季剪枝後第 67 天以後隨生育天數的增加，採摘日期的延後，葉厚隨之增加。但前三週（67~81 天）間葉厚差異不顯著，而第 88 天調查時葉厚與前期調查結果呈顯著差異（表二）。

茶芽生育期間茶樹芽葉第二、三嫩葉葉面積，在冬季剪枝後第 67 天時，採摘第二葉葉面積為 4.81 ± 0.36 cm²、第 74 天時為 8.49 ± 0.49 cm²、第 81 天時為 8.93 ± 1.27 cm²、第 88 天時提高為 16.91 ± 0.34 cm²；在冬季剪枝後第 67 天時，第三葉葉面積為 8.64 ± 0.59 cm²、第 74 天時為 12.3 ± 0.28 cm²、第 81 天時為 14.50 ± 1.71 cm²、而第 88 天時提高為 15.38 ± 0.88 cm²。整體而言，自冬季剪枝後第 67 天以後隨生育天數的增加，採摘日期的延後，葉面積隨之增加（表二）。

（三）茶芽生育期間不同採摘日對製茶品質的影響

茶芽生育期間分別在冬季剪枝後第 67、74、81、88 天時，採摘一心三葉茶芽分別製造不發酵的綠茶、半發酵的包種茶及完全發酵的紅茶。經研究人員以感官品評，分別依形狀 10%、色澤 10%、水色 20%、香氣 30%及滋味 30%（合計 100 分），官能評審評定分數。其結果綠茶之 TQS 分別為 68.25、68.75、64.65、59.75。包種茶之 TQS 分別為 66.25、69.5、67.5、59.5。紅茶之 TQS 分別為 69.82、69、61、58.3。整體而言，自冬季剪枝後第 67 天以後，隨生育天數的增加，採摘日期的延後，製茶品質之 TQS 隨之降低，至第 88 天時顯著地不再能製作出品質佳的茶葉製品（表三、四）。

製作的各類茶品其茶湯以色差計測定水色，L* 值綠茶在 85.35~91.96、包種茶在 86.09~89.19、紅茶在 79.86~83.36。a* 值綠茶在 -0.64 ~ -1.25、包種茶在 -1.17 ~ -1.32、紅茶在 0.05~1.61。b* 值綠茶在 3.68~6.6、包種茶在 5.12~8.12、紅茶在 20.98~26.38。H 值綠茶在 95.96~102.08、包種茶在 98.97~102.0、紅茶在 86.39~91.11。隨著採摘日數的增加，茶芽的色澤與葉綠素亦隨之增加，在綠茶茶湯水色中的 a* 值可顯著測得。

茶芽生育期間不同採摘日對茶芽化學成分之影響（表五），茶芽生育期間在冬季剪枝後第 67、74、81、88 天時，採摘一心三葉芽葉分別製作綠茶、包種茶、紅茶及取鮮葉烘乾後，取樣品磨粉作化學分析，分別探討可溶分、多元酚、兒茶素、咖啡因、總游離胺基酸、可溶糖。其含量百分比分別為可溶分約在 24.26~33.81%、多元酚約在 4.23~14.03%、兒茶素約在 1.84~9.75%、咖啡因約在 2.219~3.728%、總游離胺基酸約在 0.723~2.162%、可溶糖約在 2.138~6.661%。整體而言自冬季剪枝後第 67 天以後隨生育天數的增加；採摘日期的延後，其茶葉芽葉內容物含量除可溶糖外，其他化學成分隨之遞減。

討 論

本研究分別以葉綠素計及色差計對不同採摘期之芽葉做測定，發現嫩採時芽葉色澤較淡為淡綠偏黃（圖二、三、四、六），其葉綠素計 SPAD 讀值（葉綠素計讀值）較低（圖一）， b^* 值為正且為四個採摘期中最高（圖六）。隨生育日數增加，採摘期延後，至成熟老採時，芽葉色澤轉為濃綠色，其葉綠素計 SPAD 讀值較高（圖一）， b^* 值為正且為四個採摘期中最低（圖六）。SPAD 讀值與 b^* 、 $\Delta E^*(ab)$ 色差值、 $C^*(ab)$ 彩度呈負相關，相關係數為 -0.978、-0.883 及 -0.974；再分別探討 SPAD 讀值與 $H^*(ab)$ 色相角呈正相關，相關係數為 0.936（表五）。此結果與松尾喜義、岡野邦夫在 1980 年之研究相符。

（一）由不同採摘期芽葉色澤變化探討光合色素

由不同採摘期芽葉色澤變化探討光合色素，茶芽鮮葉中含有各種色素，主要有葉綠素、花黃素、葉黃素、類胡蘿蔔素和花青素（安徽大學，1994）。高等植物葉片進行光合作用時捕捉日光輻射能所需的色素均由葉綠素和類胡蘿蔔素擔任。這些光合色素均以非共價鍵結合（non-covalent bridging）方式與特定蛋白質結合成所謂的色素蛋白複合體（pigment-protein complexes），而位於葉綠體之類囊體膜上（Markwell et al., 1979）。高等植物的葉綠素（Chlorophyll）分為 Chl a 及 Chl b，正常植物的葉片均可合成，而其 Chl a/b 比值在正常狀況下約為 3（Chang and Trounston, 1972）。本試驗 4 次採摘之 Chl a/b 比值分別 7.130、2.957、2.067、2.489（第二葉）（圖二）；4.435、3.069、1.914、2.675（第三葉）（圖三）。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（黃秀鳳等，2004）。黃博富（2000）指出植物的遺傳與外在環境均會影響植物葉片色素之量或組成（Ottander et al., 1995）。在遺傳方面，植物本身葉片顏色的主要差異在植物色素之缺乏或葉綠素 a/b 之比值不同，然而部分葉綠素缺乏與淡綠色突變種者，其共同特性為葉綠素濃度大幅度減少、葉綠素 a/b 比值較高、類囊體膜（thylakoid membranes）上蛋白質組成較少或類囊體膜發育不全。此更說明嫩採時係因芽葉發育尚不足，類囊體膜發育不全、葉綠素 a/b 比值較高，故茶芽色澤淡綠色；而茶芽成熟度高時採摘，類囊體膜發育完全、葉綠素 a/b 比值降低，葉綠素濃度大幅度提高，茶芽色澤較濃綠。

葉綠素計讀值（鍾與張，2003）和葉綠素含量之線性迴歸分析，顯示兩者間具有顯著相關，決定係數（ R^2 ）=0.847，此結果與 Tunner and Jund（1991）以矮生稻試驗、鍾與張（2003）以地毯草進行試驗、楊（2003）利用水稻植株試驗結果提出，稻株葉片葉綠素總量與葉綠素計讀值之關係十分密切，可適用於直線關係，一、二期稻作之決定係數（ R^2 ）分別為 0.758 及 0.862 的結果相符，即說明所測得的葉綠素計讀值和葉綠素含量有明顯相關性。但楊（2003）利用水稻植株試驗結果，發現葉片之葉綠素總量、氮素含量或葉綠素計讀值均隨稻株生育進展而呈下降趨勢，此與本試驗之結果相左。本試驗茶葉芽葉色澤綠色強度，隨生育期進展而增強；而葉片之葉綠素總量、葉綠素計讀值均隨生育期進展亦有上升趨勢。此乃作物種類及測定生育期間不同所造成。

葉綠素計讀值和胡蘿蔔素含量之線性迴歸分析，顯示兩者間具有顯著相關（ R^2 =0.693）（圖五）。在綠色植株中所含之類胡蘿蔔素主要為 α 、 β 及 γ 胡蘿蔔素和一些氧化類胡蘿蔔素（鄭永祥等，2000）。光合色素在葉綠體內組成所謂「光體系 II（Photosystem II, PS II）」、「光體系 I（Photosystem I, PS I）」以及「光吸收葉綠素 a/b 蛋白質複合體（Light-harvesting chlorophyll a/b protein complex, LHC 或 LHCP）」。光體系係由天線色素（Antenna pigments）及反應中心（Reaction center）所組成，而 LHC 則由葉黃素（Xanthophylls）、Chl b 及 Chl a 三種色素所組成（黃，2002）。光體系天線色素中的 Chl 主要吸收藍色光及紅色光，而 LHC 中的類胡蘿蔔素則吸收藍色光，而綠色光則不被各種色素吸收，大多反射出來，所以我們所看到的葉或葉綠體的顏色才成為綠色（黃，2002）。再從本試驗可發現隨著採摘期延後、生育期增加，芽葉內光合色素隨之增加，吸收紅、藍色光的率增加，反射出更多綠色光，

我們感受到的芽色更濃綠，同時以葉綠素計及色差計測得的CMR值亦提高、 a^* 值更偏（負）綠色值，色相角（Nassau, 1998）越大（圖九）。

茶菁品質是決定茶葉品質的基礎，而茶葉品質與某些茶菁芽葉的性狀有極佳的相關性，在芽葉農藝性狀調查中其葉片厚度、百芽重、節間徑與製茶品質間呈顯著正相關（馮，1995；陳與蔡，1999；蔡與陳，2001），本試驗中得到不同採摘期芽葉色澤之 SPDA 值由 36.83 上升至 56.2（圖一），而芽葉色澤由黃中帶綠向綠、濃綠色系偏移。另研究中得芽葉色澤指標 SPAD 值與 H^* 色相角彼此間具有極顯著的正相關（ $r=0.969^{**}$ ），而 SPAD 值與百芽重（ $r=0.975^{**}$ ）、密度（ $r=0.825^*$ ）、葉片數（ $r=0.894$ ）、一心三葉（ $r=0.973^{**}$ ）、第二葉厚（ $r=0.821^*$ ）、第三葉厚（ $r=0.897^*$ ）、第二葉長（ $r=0.950^{**}$ ）、第三葉長（ $r=0.932^{**}$ ）、第二葉寬（ $r=0.882^*$ ）、第三葉寬（ $r=0.979^{**}$ ）、第二葉面積（ $r=0.952^{**}$ ）、第三葉面積（ $r=0.951^{**}$ ）。上述各觀察調查農藝特性項目亦均隨茶芽生育期而增加，故芽葉色澤變化與茶芽生育期上述部分農藝性狀呈正相關。

由於東部茶區氣候溫和，日照長，在每年二月早春時期即有芽葉可供採摘，在茶葉市場上捷足先登，以致早春及晚冬兩季茶菁價格高，為東部茶區茶農重要收入來源。不同採摘期茶菁的產量呈『 Ω 』字形，於冬季剪枝後第 81 天，每株茶樹茶菁產量 228.30 ± 30.18 克為最高。試驗期間調查發現台茶 12 號茶菁價格分別為：冬季剪枝後第 67 天為 110 元/公斤、第 74 天及第 81 天為 100 元/公斤、第 88 天為 90 元/公斤。其收益分別為：冬季剪枝後第 67 天為 4.27 ± 0.59 元/株、第 74 天為 15.28 ± 2.13 元/株、第 81 天為 22.83 ± 3.02 元/株、第 88 天為 17.61 ± 2.31 元/株。因此採摘期過早、芽葉太嫩，則產量過低、收益太少。採摘期過遲、芽葉過度成熟，則產量亦非最高。故適當採摘期才能獲得最高的收益，其芽葉色澤 SPAD 值之對應產量預估式為 $y = -36.62x^2 + 237.68x - 165.67$ （ $R^2=0.988^{**}$ ）， y = 產量， x = SPAD 值。芽葉色澤 SPAD 的測值在 49 時，採摘可得最高收益。芽葉色澤 Hue 值之對應產量預估式為 $y = -5.43x^2 + 1337.1x - 82325$ （ $R^2=0.993^{**}$ ）， y = 產量， x = H^* 值。芽葉色澤 H_u 的測值在 124 時，採摘可得最高收益。綜合以上的結果顯示，二次式迴歸方程式為茶芽色澤對應茶芽生長模式，此與陳（1994）指出以二次式指數適合東部茶區芽葉生長模式略有差異，然均反映春茶萌芽初期生長慢，中期快而末期又趨於緩慢。芽葉生長末期呈「生理上」易形對口狀態，而生長趨於緩慢，必須掌握採摘期而避免芽葉原料完熟老化，其採摘期控制較早春茶嚴格（陳，1994）。

（二）由不同採摘期芽葉色澤變化探討製茶品質

產量來自頂芽及採摘面下的腋芽所產生新梢芽葉（稱為茶菁）而所組成，其品質對製茶品質影響很大。品質佳的茶菁在一般正常的製茶條件下，所製成茶葉滋味甘醇香氣宜人；而品質差的茶菁，即使有再好的製茶技術也難以製成佳品。因此茶菁品質是決定茶葉品質的基礎，而茶葉品質與某些茶菁的性狀及內容物有極密切的相關性（馮等，1993）。橘與庄山（1978）報告指出綠茶的色澤與茶芽的葉綠素的含量有密切關係。冬季剪枝後第 67 天採摘為嫩採、第 74 天採摘為稍嫩採其茶菁芽葉之兒茶素類、總游離胺基酸含量較高，製作綠茶、紅茶所得的成茶製品品質較佳。欲製作包種茶必須茶芽未行對口時即行採摘，而兒茶素類含量不宜過高，因此在冬季剪枝後第 74 天及第 81 天間採摘製作包種茶可得較優質的產品。第 88 天後採摘茶芽色澤濃綠葉片已過度成熟，因此所製作各類成茶產品品質均不佳。

芽葉化學成分中可溶分、胺基酸、兒茶素類、咖啡因及可溶性糖類是影響製茶品質的主要化學成分（Nakagawa and Ishima, 1971）。可溶分含量以春茶最高；夏茶次高；秋茶、冬茶及早春茶較低，此可能與東部早春茶及晚冬茶滋味淡薄有關；試驗結果冬季剪枝後第 67 天嫩採時所得到的可溶分，不論在鮮葉或製成綠茶、包種茶及紅茶均最高，此乃芽葉幼嫩時期生長最活躍，可溶分含量比冬季剪枝後第 88 天採摘成熟對口葉片平均高出 10.42%，多元酚平均高出 34.72%，兒茶素類平均高出 21.15%，咖啡因平均高出 31.61%，總游離胺基酸平均高出 46.77%，而可溶糖平均減少 45.37%。陳與蔡（1992）

指出茶葉葉片間以咖啡因含量變動較大，兒茶素類含量次之。而以可溶分 and 胺基酸含量變異範圍較小。此試驗結果略微出入，可能為採摘生育期與茶芽葉片生育情形，在內容物成分移轉上的差異。

結 論

自冬季剪枝後第 67 天以後，隨生育天數的增加，採摘日期的延後，製茶品質之 TQS 隨之降低，至第 88 天時顯著地不再能製出品質佳的茶葉製品。

芽葉色澤 SPAD 值之對應產量預估式為 $y = -36.62x^2 + 237.68x - 165.67$ ($R^2 = 0.988^{**}$)， y = 產量， x = SPAD 值。芽葉色澤 SPAD 的測值在 49 時，採摘可得最高收益。芽葉色澤 Hue 值之對應產量預估式為 $y = -5.43x^2 + 1337.1x - 82325$ ($R^2 = 0.993^{**}$)， y = 產量， x = H* 值。芽葉色澤 Hu 的測值在 124 時，採摘可得最高收益。綜合以上的結果顯示，二次式迴歸方程式為茶芽色澤對應茶芽生長模式，此乃茶芽色澤配合芽葉生長呈現出的生命現象。

茶芽生育期間不同採摘日對茶芽化學成分之影響，茶芽生育期間芽葉色澤之變化，可謂為茶葉內容化學成分變化的體現。隨著嫩採程度的不同，其芽葉色澤的色差計測定數值不同，故適採期仍會因所製成茶品種類略有差異。

誌 謝

本研究承行政院農業委員會 93 農科-1.1.1-茶-T2、94 農科-1.3.1-茶-T2 補助經費，試驗期間並獲陳秀慧小姐、柯憲達及陳清海先生協助調查及分析工作，特此誌謝。

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. 安徽農學院.1994.茶樹中多酚類物質及其代謝.茶葉生物化學(第二版).pp. 86-118。
3. 李淑美、陳右人.2001.溫度對茶樹芽葉生育之影響.臺灣茶業研究彙報 20: 175-184。
4. 李淑美、陳右人.2003.溫度對茶樹茶菁產量和品質之影響.臺灣茶業研究彙報 22: 43-56。
5. 呂新廣.2002.包裝色彩學.鄭州大學包裝工程學系。
6. 吳聲舜、陳國任、莊瓊昌.1995.水質對茶湯水色之影響.臺灣茶業研究彙報 14: 89-99。
7. 阮逸明.1987.包種茶水色形成與速溶茶萃取及抗結塊之研究.國立台灣大學食品科技研究所博士論文 (未出版)。
8. 陳右人、蔡俊明.1999.臺灣現有茶樹品種嫩梢與葉片性狀調查.臺灣茶業研究彙報 18: 1-21。
9. 陳坤龍、李淑美.2000.茶樹芽葉色澤標定及應用.中國園藝 46(3): 331-335。
10. 陳國任、黃資國.1984.不同採摘法對茶樹品種及季節間茶芽特性之影響.臺灣茶業研究彙報 3: 81-90。
11. 陳國任.1994.東部茶區早春及晚冬時期茶樹芽葉生長模式與化學成分之研究.臺灣茶業研究彙報 13: 27-40。
12. 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。
13. 馮鑑淮、蔡俊明、施金柯、陳右人.1993.海拔高度與茶樹採摘週期芽葉農藝性狀及包種茶品質的影響研究.臺灣茶業研究彙報 12: 47-64。

14. 馮鑑淮、陳國任、陳右人.1994.東部茶樹剪枝時期、保溫與灌溉對春茶萌芽生長之影響.臺灣茶業研究彙報 13: 9-26。
15. 馮鑑淮、陳國任.1995.東部茶樹品種產期、產量、化學成分與包種茶品質之比較研究.臺灣茶業研究彙報 14: 27-45。
16. 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。
17. 黃啟穎.2002.植物對光照刺激的反應.科學農業 50(1,2): 55-68。
18. 黃博富.2000.不同葉色芥藍菜品種之光合作用特性及硝酸態氮含量.國立中興大學植物研究所碩士論文 (未出版).p 61。
19. 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。
20. 楊盛勳、曾富生.1991.茶樹產量、發酵力與農藝性狀之相關研究 I.臺灣茶業研究彙報 10: 129-140。
21. 葉速卿、吳振鐸.1976.茶葉中葉綠素之含量與綠茶品質之關係研究.台灣農業季刊 12(4): 1-12。
22. 劉熙.1985.茶樹生理與種植.台北市：五洲出版社。
23. 蔡永生、區少梅、張如華.1990.不同品種包種茶官能品質與化學組成之特徵與判別分析.臺灣茶業研究彙報 9: 79-97。
24. 蔡右任、阮逸明.1987.茶葉中咖啡因快速簡便測定法之研究.臺灣茶業研究彙報 6: 1-8。
25. 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斷之討論.中國園藝 49(4): 361-374。
26. 中野敬之.1993. 冬芽 芽長 幼葉數 推移.茶研報 77: 1-4。
27. 和田光正、中田典男、本莊吉男、家弓 行、岡田文雄.1988. 含量 綠茶 品質. 茶研報 68: 22-32。
28. 橘 尚、庄山孝義.1978.茶葉 測色 葉綠素量 關係.茶研報 84 (別) 49: 56-60
29. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant physiol.* 24: 1-15.
30. Bokuchava, M. A. and N. I. Skobeleva.1969. The chemistry and biochemistry of tea and tea manufacture. *Advances in Food Research*. 17: 215-229.
31. Chang, F. H. and J. H. Troughten.1972. Chlorophyll a/b ratios in C3-C4-plants. *Photosynthetica*. 6: 57-65.
32. Chou, C. C., L. L. Lin and K. T. Chung .1999. Antimicrobial activity of tea as affected by the degree of fermentation and manufacturing season. *International Journal of Food Microbiology*. 48: 125-130.
33. Inada, K. 1963. Studies on a method for determining deepness of green color and chlorophyll content of intact crop leaves and its practical applications. 1. Principle for estimating the deepness of green color and chlorophyll content of whole leaves. *Proceedings Crop Scientific Society Japan*. 32: 157-162.
34. Iwasa, K. 1977. Biosynthesis of catechins in tea plant. *Bulletin of the National Research Institute of tea*. 13: 101-126.
35. Inada, K. 1985. Spectral ratio of reflectance for estimating chlorophyll content of leaf. *Japan Journal Crop Science*. 54: 261-265.
36. Kariya, K., A. Matsuzaki and H. Machida. 1982. Distribution of chlorophyll content in leaf blade of rice plant. *Japan Journal Crop Science*. 51: 134-135.
37. Markwell, J. P., J. P. Thornber and R. T. Boggs. 1979. Higher plant chloroplasts: evidence that all the chlorophyll exists as chlorophyll-protein complexes. *Proceedings National Academic Science United*

- States of America. 76: 1233-1235.
38. Minolta Company. 1989. Chlorophyll meter SPAD-502 Instruction Manual. Minolta Co., Ltd., Japan. p. 22.
39. Moore, S. and W. H. Stein. 1948. Photometric ninhydrin method for use the chromatograph of amino acid. J. Biol. Chem., 176: 376-388.
40. Nakagawa, M. and Ishima, N. .1971. Evaluation of green tea liquor. Study of Tea. 41: 41-44.
41. Ottander, C. Campbell and G. Oquist. 1995. Seasonal changes in photosystem II organization and pigment composition in *Pinus sylvestris*. Planta. 197: 176-183.
42. Sakar, S. K. and N. Howarth. 1976. Specificity of the vanillin in test for flavanols. Journal Agriculture Food Chemistry. 24: 317-320.
43. Somogyi, M. 1945. A new reagent for the determination of Sugars. Journal Boil. Chemistry. 160: 61-68.
44. Turner, F. T. and M. F. Jund. 1991. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requirement for semi-dwarf rice. Agronomy Journal. 83: 926-928.

Establishment of Numerical Measurement Method for Plucking Shoot Color in the Tea Plant, II: The Varied Hues of Tea Buds during the Tea Shoots Development

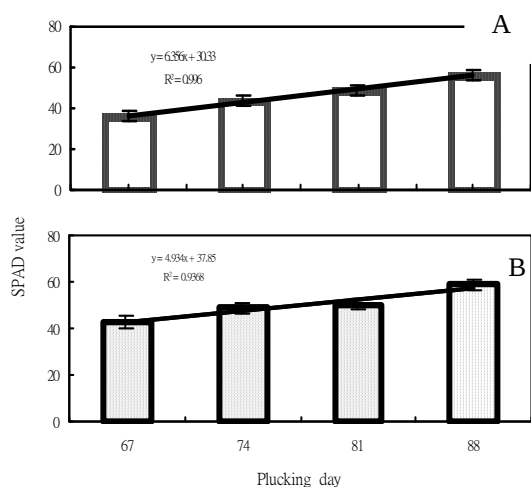
Horng-Jey Fan¹ Hun-Yuan Chen¹ Ming-Shaiun Guu²

Summary

From winter pruning after 67 days, TQS of made tea decreased with the increase of development period and extension of plucking period. After 88 days, good quality tea cannot be made. The yield mode of SPAD was $y = -36.62x^2 + 237.68x - 165.67$ ($R^2 = 0.988^{**}$), y = yield, x = SPAD. The highest plucking yield was when the SPAD of bud hues was 49. The yield mode of hue was $y = -5.43x^2 + 1337.1x - 82325$ ($R^2 = 0.993^{**}$), y = yield, x = H^* value. The highest plucking yield was when the Hue of bud hues was 124. The development mode of tea shoots was a quadratic equation. It displayed the phenomenon of life. The chemical compositions of made tea were affected by different plucking days. The varied hues and the different plucking period of tea buds were expressed in the chemical compositions of tea during the development period of tea shoots. The values were differentiated by color difference measurement. The qualities were differentiated by the kind of made tea.

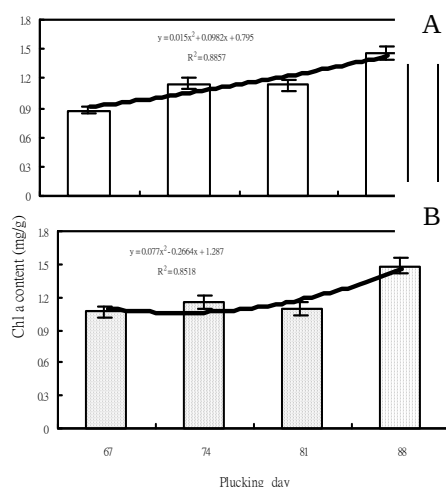
Key words: Tea bud, Pluck, Hue, Color difference meter

-
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.



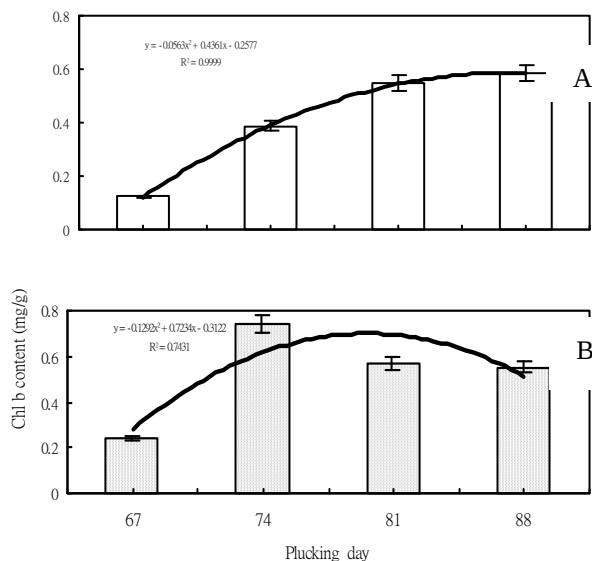
圖一、茶芽生育期間不同採摘日之 SPAD 值
Fig. 1. The SPAD value of the different plucking days during tea bud development

A: 第 2 葉 ; B : 第 3 葉
A: the 2nd leaf; B: the 3rd leaf



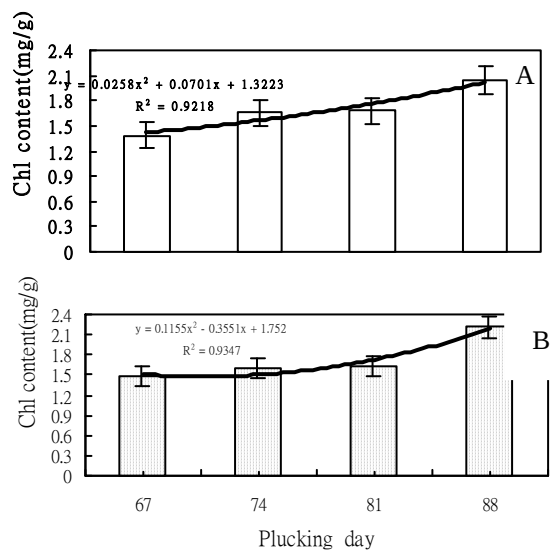
圖二、茶芽生育期間不同採摘日之葉綠素 a 含量
Fig. 2. The chlorophyll a content of the different plucking days during tea bud development

A: 第 2 葉 ; B : 第 3 葉。
A: the 2nd leaf; B: the 3rd leaf



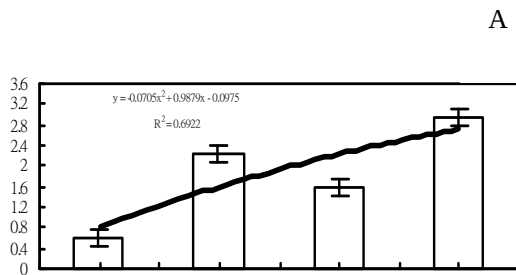
圖三、茶芽生育期間不同採摘日之葉綠素 b 含量
Fig. 3. The chlorophyll b content of the different plucking days during tea bud development

A: 第 2 葉 ; B : 第 3 葉
A: the 2nd leaf; B: the 3rd leaf



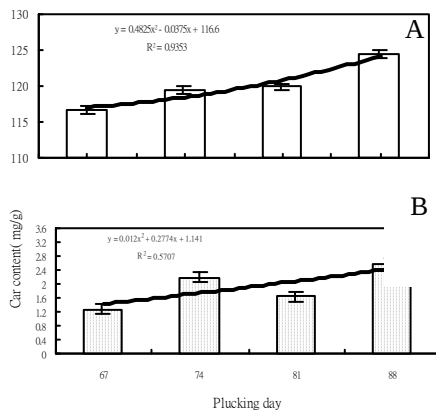
圖四、茶芽生育期間不同採摘日之總葉綠素含量
Fig. 4. The total chlorophyll content of the different plucking days during tea bud development

A: 第 2 葉 ; B : 第 3 葉。
A: the 2nd leaf; B: the 3rd leaf



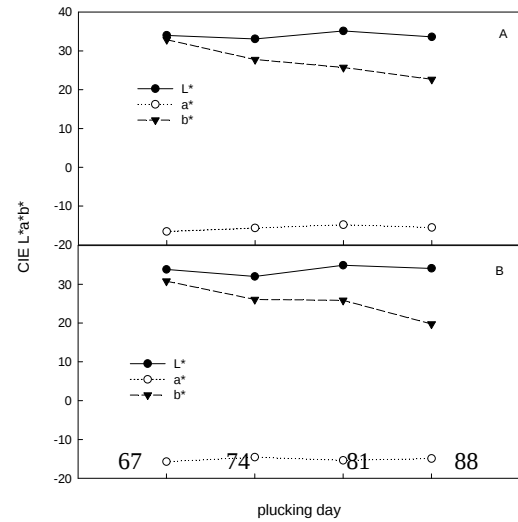
圖五、茶芽生育期間不同採摘日之類胡蘿蔔素含量
Fig. 5. The carotenoid content of the different plucking days during tea bud development

A:第2葉；B:第3葉
A: the 2nd leaf; B: the 3rd leaf



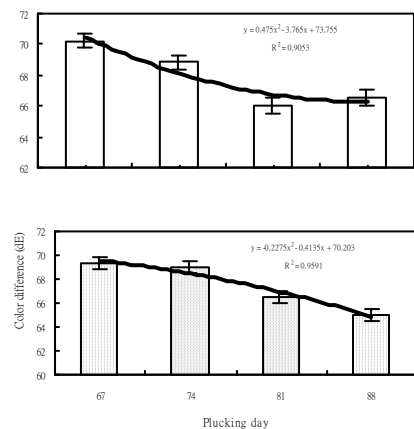
圖七、茶芽生育期間不同採摘日之色相角度
Fig. 7. The hue degree of the different plucking days during tea bud development

A:第2葉；B:第3葉
A: the 2nd leaf; B: the 3rd leaf



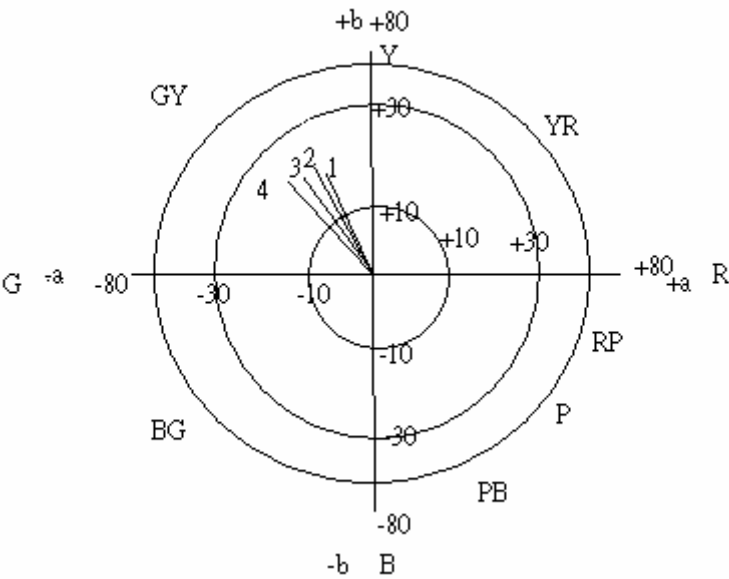
圖六、茶芽生育期間不同採摘日之色差 L* a* b*值
Fig. 6. The L*, a* and b* value of the different plucking days during tea bud development

A:第2葉；B:第3葉。
A: the 2nd leaf; B: the 3rd leaf



圖八、茶芽生育期間不同採摘日之色差值
Fig. 8. The color value difference (dE*) of the different plucking days during tea bud development

A:第2葉；B:第3葉。
A: the 2nd leaf; B: the 3rd leaf



圖九、不同採摘期茶芽葉色之色相圖
Fig. 9. Hue of pigment from a issue of color and luster of bud at different plucking date

(1: the plucking date on 3/2; 2: the plucking date on 3/9; 3: the plucking date on 3/16; 4: the plucking date on 3/23;
Y: yellow at 90°; YR: yellow red; R: red at 0°; RP: red purple; P: purple; PB: purple blue; B: blue at 270°;
BG: blue green; G: green at 180°; GY: green yellow).

表一、不同採摘日茶芽色澤差異
Table 1. Effect of different plucking days of tea buds

Leaf position	Plucking day	L*	a*	b*	$\Delta E^*(ab)$	H*(ab)	C*(ab)	SPAD
2nd leaf	67	34.12a	-16.55a	32.87a	70.23a	116.73c	36.80a	36.82d
	74	33.08a	-15.65a	27.76b	68.83b	119.41b	31.87b	43.2c
	81	35.15a	-14.78a	25.72bc	66.03bc	119.88b	29.67b	48.65b
	88	33.60a	-15.32a	22.64c	65.53c	124.44a	27.45c	56.2a
3 rd leaf	67	33.82a	-15.72a	30.79a	69.40a	117.25c	34.57a	42.4d
	74	32.00a	-14.57a	26.07b	68.95b	119.21b	29.86b	48.75c
	81	34.39a	-15.39a	25.86b	66.43bc	120.75b	30.09b	50.705b
	88	34.09a	-14.92a	19.75c	65.07c	127.06a	24.75c	58.825a

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

表二、不同採摘日茶芽之農藝性狀

Table 2. The agronomic characters of tea buds on the different plucking days

Characters	Plucking day				Regression equation	Correlation coeff. R^2
	67	74	81	88		
Bud density (buds/900cm ²)	69a	52bc	61.3ab	47.7c	$Y=-7.5x+74.5$	0.6469
Weight of 100 young shoots (g/100 shoots)	64.7c	76.7b	81.6b	106a	$Y=3.1x^2-2.62x+65.5$ 5	0.9608**
Yield (g/plant)	38.8d	152c	228.3a	195ab	$Y=-36.57x^2+237.54x-165.7$	0.9874**
Sum of leaf (leaves)	4.07b	4.43a	4.70a	4.67a	$Y=-0.097x^2+0.695x+3.463$	0.9913**
Length of the shoot (cm)	12.2c	15.7a	16.4a	14.0b	$Y=-1.46x^2+7.95x+5.713$	1**
Length of 1-bud-3-leaf (cm)	7.8c	8.8b	8.9b	10.1a	$Y=0.05x^2+0.45x+7.4$	0.9248**
Diameter of 1-2 internode (mm)	1.55b	1.49b	1.50b	1.79a	$Y=0.0875x^2-0.3645x+1.837$	0.9629**
Diameter of 2-3 internode (mm)	1.83a	1.78a	1.81a	1.85a	$Y=0.0225x^2-0.1035x+1.908$	0.9084**
Length of 1-2 internode (cm)	1.19a	1.23a	1.04a	1.05a	$Y=-0.0075x^2-0.0235x+1.243$	0.6707
Length of 2-3 internode (cm)	1.91b	2.41a	2.22a	1.58c	$Y=-0.285x^2+1.307x+0.9$	0.9928**
Length of 2 nd leaf (cm)	4.64c	5.27b	5.48b	7.22a	$Y=0.2775x^2-0.5925x+5.053$	0.948**
Width of 2 nd leaf (cm)	2.1c	2.26b	2.29b	3.32a	$Y=0.2175x^2-0.7185x+2.678$	0.9316
Thickness of 2 nd leaf (mm)	0.21b	0.21b	0.21b	0.27a	$Y=0.016x^2-0.061x+0.259$	0.9653**
Length of 3 rd leaf (cm)	4.98c	6.0b	6.65a	6.65a	$Y=-2.55x^2+1.841x+3.38$	0.9797**
Width of 3 rd leaf (cm)	2.45c	2.9b	3.07b	3.33a	$Y=0.0275x^2+0.1735+2.22$	0.9719**
Thickness of 3 rd leaf (mm)	0.23b	0.25b	0.25b	0.29a	$Y=0.0102x^2+0.0329+0.2642$	0.9415**
Area of 2 nd leaf (cm ²)	4.81c	8.49b	8.93b	16.91a	$Y=1.0975x^2-1.8405x+6.178$	0.9258**
Area of 3 rd leaf (cm ²)	8.64c	12.3b	14.5a	15.38a	$Y=-0.6975x^2+5.728x+3.618$	0.9999**

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

表三、不同採摘日對製茶品質之影響

Table 3. Effect of different plucking day on the tea quality

Kind	Plucking		Appearance	Color	Infusion	Aroma	Taste	TQS
	day							
Green tea	67		7.75a	7a	14.5a	19.5ab	19.5b	68.25a
	74		6.75ab	7a	13a	20.25a	21.75a	68.75a
	81		6.5ab	6.25ab	14.5a	19.5ab	18b	64.65ab
	88		5.75b	5.5b	12.5a	18b	18b	59.75b
Paochung tea	67		7.75a	6.5b	13ab	19.33b	19.4c	66.25b
	74		7.25a	7.25a	11.5c	21a	22.5a	69.5a
	81		6.75ab	6.75ab	13.5a	19.5b	21b	67.5ab
	88		5.75b	5.75c	12bc	18c	18d	59.5c
Black tea	67		8.5a	8a	13b	20.82a	19.5a	69.82a
	74		7.5b	8.5a	14a	19.5b	19.5a	69a
	81		6.75bc	6.25b	12c	18c	18b	61b
	88		6.25c	6.25b	11d	18.38c	16.5c	58.3c

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

TQS: Total quality scores.

表四、不同採摘日之茶湯水色色差值之影響

Table 4. The color difference of the tea liquor at the different plucking days

Kind	Plucking		L*	a*	b*	ΔE	H	C
	day							
Green tea	67		85.81b	-0.64a	4.57bc	4.19b	97.91a	4.56bc
	74		87.87ab	-0.75a	3.68c	2.77b	101.55a	3.75c
	81		91.96a	-1.32b	6.18ab	6.4a	102.08a	6.35ab
	88		85.35b	-1.25b	6.6a	6.22a	95.96a	6.71a
Paochung tea	67		89.19a	-1.17a	5.12b	4.16c	102.0a	5.22a
	74		86.09b	-1.32a	7.73a	6.96ab	99.68b	7.84a
	81		86.17b	-1.2a	6.24ab	5.55bc	101.16ab	6.36a
	88		86.89b	-1.28a	8.12a	7.35a	98.97b	7.73a
Black tea	67		80.53b	0.55ab	26.38a	26.29a	89.32ab	26.39a
	74		79.86b	1.61a	25.88a	26.07a	86.39b	26.13a
	81		82.11ab	0.05b	20.98a	20.66a	89.08a	20.66a
	88		83.36a	0.49b	23.72a	23.02a	91.11a	23.73a

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

表五、不同採摘日對茶化學成分之影響

Table 5. Chemical compositions of made tea on the different plucking days

Kind	Plucking day	Soluble solid	Polyphenol	Catechins	Caffeine	T-AA	Soluble sugar
% FW							
Fresh leaves	67	29.26a	9.468a	5.432a	3.519a	1.185b	2.962c
	74	24.26b	5.462b	2.454b	2.929b	1.687a	4.334b
	81	25.03ab	5.029b	2.687b	2.475c	1.618a	6.126a
	88	26.22ab	5.195b	3.177b	2.219d	1.253b	6.661a
% DW							
Green tea	67	33.4a	12.379a	9.069bc	3.085a	1.096ab	2.629c
	74	32.47a	11.527b	8.793c	2.953a	1.301a	3.973b
	81	31.61a	10.202c	9.754a	2.445b	1.017b	5.389a
	88	30.47a	10.024c	9.379ab	2.276b	0.723c	4.378b
Paochung tea	67	33.81a	14.036a	9.468a	3.728a	1.410a	2.138b
	74	32.32a	11.066b	8.177a	3.048b	1.123b	3.135ab
	81	30.67ab	9.858bc	8.114a	2.707c	0.836c	3.785a
	88	28.63b	9.023c	8.294a	2.404d	0.791c	4.089a
Black tea	67	26.32a	7.101a	3.342a	3.529a	2.162a	2.557b
	74	25.7a	5.053b	2.211ab	2.859b	1.468b	4.436a
	81	26.29a	4.261b	1.848b	2.687b	1.147c	4.840a
	88	24.42a	4.237b	2.202ab	2.549b	0.922d	4.146a

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

T-AA: Total free amino acid.

