

溫度對茶樹茶菁產量和品質之影響

李淑美¹ 陳右人²

摘 要

本試驗目的主要探討溫度對茶樹產量、芽葉中之礦物元素及與茶葉品質相關主要化學成分含量之影響。試驗結果顯示溫度對茶樹芽葉採摘、生長發育、芽葉內營養礦元素含量以及茶菁產量影響很大，台茶十二號與青心烏龍的溫度適應範圍差異甚大，但在氣溫和根溫的溫差差距較小條件下，有利於新梢葉芽的生長與發育。台茶十二號以氣溫 33/27℃ 根溫 30℃，青心烏龍以氣溫 23/17℃ 根溫 20℃ 條件下有較多新梢萌發發育；對茶菁產量而言台茶十二號以氣溫 28/22℃ 根溫 25℃，青心烏龍以氣溫 23/17℃ 根溫 20℃ 條件下較高。芽葉性狀在台茶十二號以氣溫 23/17℃ 根溫 20℃，青心烏龍以 23/17℃ 根溫 15℃ 條件較佳。兩品種在低氣溫 (23/17、18/12℃) 條件下略為提高根溫，可促進芽葉之含氮量。而在氣溫 33/27℃ 根溫 25℃ 以及氣溫 28/22、23/17 和 18/12℃ 根溫 30℃ 條件下總游離胺基酸含量較高，顯示在根溫較高條件下含量亦較高；芽葉中總游離胺基酸含量與咖啡因和總多元酚則呈現相反趨勢。

關鍵字：茶樹、溫度、產量、品質、礦物元素、化學成分

前 言

茶樹(*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze)的產量主要是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，但茶芽易受品種、海拔及溫度等的改變(馮等，1993)。影響茶樹芽葉鮮嫩性狀及化學成分之因子則包括品種、溫溼度、雨量、日照、採摘成熟度等。溫度對茶葉品質的影響，最明顯的是季節性變化與栽植地海拔的差異。因此，在台灣氣候條件及栽培管理技術之下，一年採摘次數雖可達四至七次之多，但仍以生產高價格、品質佳的春、冬季茶為主。但是，春、冬季正值主要產區低溫及乾旱季，影響茶芽生長發育。茶園旱季適度實行灌溉對穩定高溫期土壤溫度的急劇變化及提高低溫期土壤的溫度，有助於茶芽生育(黃等，2002)。李及陳(2001)試驗中亦指出茶樹茶芽的休眠、萌發及生長發育受氣溫與

1.行政院農業委員會茶業改良場 助理研究員。台灣 桃園縣。

2.國立台灣大學園藝系 副教授。台灣 台北市。

根溫影響極大。由於植物的根系生長在土壤中，土壤溫度會影響根系生長活動，所以也稱為根溫，其溫度的高低會影響根系生長活動，直接影響植物根部的生長、吸收、儲藏及生長素合成能力 (王，1985；施，1999；陳，1988；Ashby, 1960；Nordin, 1977；Skene and Kerridge, 1967)。本試驗有鑑於此，主要探討瞭解氣溫與根溫對茶樹產量、芽葉中之礦物元素及與茶葉品質相關主要化學成分含量之影響。

材料與方法

一、試驗材料

茶樹品種為台茶十二號 (TTES No. 12) 和青心烏龍 (Chin-Shin Oolong)，二年生盆栽茶樹。

二、試驗處理及方法

1. 溫度處理：氣溫(日/夜溫)分別為 33/27、28/22、23/17 及 18/12℃，根溫處理分別為 15、20、25 及 30℃，氣溫與根溫組合共計為 16 處理。
2. 試驗期間：自八十九年十月至九十年五月。
3. 試驗方法：將生長勢相近之二品種盆栽茶樹，放入具有溫濕度控制之溫室，並做隔水處理，分別移入水浴槽中，試驗盆栽係以水浴方式控制根溫，以冷水機製造冷水為冷媒，水浴槽內置加熱器為熱源。冷媒加壓後由電磁閥連接熱偶電阻控制冷媒之進出，冷水進入水槽以降低水溫，水溫過低後自動跳接加熱器直接在水槽內加溫。

三、試驗調查項目及方法

1. 調查項目：摘取新梢一心二葉之芽葉，調查芽葉農藝性狀、採摘芽數及茶菁產量，乾燥後磨粉分析測定全氮、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、硼、總游離胺基酸 (total free amino acid)、咖啡因 (caffeine)、總多元酚 (total polyphenols)。

2. 調查方法：

- (1)芽葉性狀：

- ①第一節間徑 (diameter of 1st internode, mm)：第一與第二嫩葉間莖之直徑。
 - ②第一節間長 (length of 1st internode, mm)：第一與第二嫩葉間嫩莖之長度。
 - ③第二葉嫩葉長 (length of 2nd leaf, mm)：葉片最長的長度。
 - ④第二葉嫩葉寬 (width of 2nd leaf, mm)：葉幅最寬部位之寬度。
 - ⑤第二葉嫩葉厚 (thickness of 2nd leaf, mm)。
 - ⑥第二葉嫩葉面積 (area of 2nd leaf, mm²)：葉長 × 葉寬 × 係數 0.7。
 - ⑦第二葉長寬比 (length and width ratio of 2nd leaf)。
 - ⑧一心二葉芽重 (fresh shoot weight of a bud and two leaves, g/shoot)。

- (2)氮、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、硼之測定方法 (Bremner and Mulvaney, 1982)：

- ①樣品分解：秤取 0.2 g 樣品置入分解管中，加入 3 ml 濃硫酸與樣品混均後，放入分解爐分解。先以 100℃ 加熱 30 分，再將溫度調至 360℃ 左右分解，分解液顏色轉變成醬油色時，將分解管取出，待其冷卻，加入約 3 ml 的 30 % 過氧化氫，使其褪色，繼續加熱 30~40 分(溫度 280℃ 左右)，取出的分解液若仍為深黃色或深褐色時，則重複繼續加過氧化氫加熱，至到分解液呈透明色為止。將分解管取出待其冷卻後，將分解液定量，供氮、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅之測定。

②樣品分解液之測定：

- a. 氮之測定：取適量上述分解液以蒸餾法定氮。
- b. 磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅之測定：取適量上述分解液以感應耦合電漿光譜分析儀 (inductively coupled argon plasma spectrometer—ICP) 測定。
- c. 硼之測定：秤取 0.5 g 樣品，加入 25 ml 1N HCl，靜置 24~48 小時，以 Whatman No.2 濾紙過濾後，以 ICP 測定。

(3)總游離胺基酸、咖啡因、總多元酚分析方法：

- ①樣品萃取液的製備：秤取 0.2 g 樣品，溶於 90 ml 去離子沸水之 100 ml 定量瓶內 (附有蓋子)，在水溫 100℃ 水浴鍋萃取 1 小時之後取出，定量至 100 ml，以濾紙 Whatman No. 41 過濾，前 10~20 ml 濾液去棄，過濾取得萃取液供試驗用。
- ②PVPP (polyvinyl polpyrrolidone, Sigma) 處理：取萃取液 30 ml，加入 PVPP 0.2 g 攪拌，靜置 30 分，以濾紙 Whatman No. 41 過濾，過濾取得濾液供試驗用。
- ③總游離胺基酸含量測定(中川和阿南，1979)：取 1 ml 萃取液 (已經 PVPP 處理)，1 ml ninhydrin 呈色液 (一週內使用)，再加入 1ml SnCl₂ 溶液 (新鮮配製)，在水溫 80℃ 以上水浴鍋 20 分，之後急速冷卻，加入 5 ml 之 50% 2-propanol 振盪混合，放置 20 分後，以波長 570 nm (淡紫色) 之分光光度計中測其吸光度。
- ④咖啡因含量測定(蔡和阮，1987)：取 1 ml 萃取液 (已經 PVPP 處理)，加入 5 ml 蒸餾水，振盪混合均勻，以波長 276 nm (淡桔色) 之分光光度計中測其吸光度。
- ⑤總多元酚類含量測定(Iwasa, 1975)：取 1 ml 萃取液，加入 1 ml ferrous tartrate solution 和 3 ml phosohate buffer pH7.5 (新鮮配製)，振盪混合，放置 30 分後，以波長 540 nm (紫色) 之分光光度計中測其吸光度。

四、試驗盆栽管理：

盆栽每隔三天施灌一次，每盆每次灌水 300 ml，灌溉水溫如同根溫處理溫度，分別為 15、20、25 及 30℃。每隔十天施肥一次，肥料為複合肥料(萬得肥 2 號)氮磷鉀比為 20：20：20，以稀釋 1000 倍施用，每盆每次 300 ml。

結果與討論

一、溫度對茶樹採摘芽數及產量之影響

茶樹係為連續採摘芽葉之作物，因此其產量主要是來自頂芽及採摘面下的腋芽所產生的芽葉(稱為茶菁) 所組成，與芽葉重量及採摘芽數多寡有極密切關係 (Carrea *et al.*, 1991)。芽葉多而不重或重而不多都不能達高產的目的，但在一定範圍內，芽葉數愈多，芽葉愈重，產量就愈高。試驗結果顯示出採摘芽數受品種差異有極深的影響，且亦受氣溫、根溫之影響，在品種及氣溫和根溫交互作用影響下，台茶十二號及青心烏龍兩品種因對溫度適應不同呈現顯著差異。台茶十二號以氣溫 33/27℃ 根溫 30℃ 處理下有較多新梢萌發發育 (表一)，係因在歷時八個月試驗期間新梢萌發達三次之多，而在氣溫 23/17℃ 根溫 30℃ 環境下，由於有較多花蕾形成發育且開花，生殖生長較旺盛新梢葉芽萌發生長較少，顯示台茶十二號在高溫環境下且氣溫接近根溫時最有利於新梢葉芽生長發育；而青心烏龍以氣溫 23/17℃ 根溫 20℃ 處理，有較多新梢萌發發育，在氣溫 33/27、28/22、23/17、18/12℃ 於高根溫(30℃)處理下，或低氣溫(18/12℃)在

根溫 25 和 15℃環境條件下，茶樹新梢萌發生長均少，茶芽萌發生長明顯受到抑制，不利於新梢葉芽生長。

茶菁產量亦有相同情形，由於台茶十二號和青心烏龍兩品種芽葉生長發育明顯深受氣溫和根溫影響，以致影響茶樹茶菁產量，在處理間達顯著性差異。由表一結果顯示 台茶十二號 以氣溫 28/22℃根溫 25℃條件下產量最高，其次於氣溫 33/27℃根溫 30℃、氣溫 28/22℃根溫 20℃、氣溫 23/17℃根溫 25℃及氣溫 18/12℃根溫 20℃下，即在較高的氣溫 (33/27℃、28/22℃) 根溫與氣溫相近下，或在較低氣溫下 (23/17℃、18/12℃) 根溫略高氣溫下，所得的茶菁產量較高；而在氣溫 28/22、23/17℃高根溫 30℃處理下茶菁產量最低。青心烏龍以氣溫 23/17℃根溫 20℃條件下產量最高，其次於氣溫 28/22℃根溫 25、20℃和氣溫 23/17℃根溫 15℃下，有較高的茶菁產量，即在適合芽葉生長氣溫 (28/22、23/17℃) 在根溫與氣溫相近條件下，所得的茶菁產量較高；而過高氣溫 (33/27℃) 根溫 (30℃) 或過低氣溫 (18/12℃) 根溫 (15℃) 下芽葉生長發育遲緩明顯受抑制，不利於茶菁生產條件。

表一、溫度對茶樹採摘芽數及產量之影響

Table 1. Effects of temperature on plucking number and yield of tea shoot

Temperature(℃)		Shoot number (number/bush) ^z		Yield (g/bush) ^z	
Air temp. (day/night)	Root temp.	TTES No. 12	Chin-Shin Oolong	TTES No. 12	Chin-Shin Oolong
33/27	30	33.8 a	1.0 f	11.86 ab	0.07 e
	25	11.0 gh	9.0 cdef	5.40 fg	1.77 de
	20	16.5 fg	10.5 cde	6.61 efg	1.08 de
	15	11.8 gh	8.5 cdef	4.72 g	1.24 de
28/22	30	4.5 i	2.5 ef	0.90 h	0.41 e
	25	26.8 bc	19.0 ab	12.91 a	4.67 b
	20	26.8 bc	13.3 bc	10.65 bc	4.56 b
	15	19.8 def	4.3 def	7.75 de	0.78 e
23/17	30 ^y	6.8 hi	1.0 f	2.13 h	0.02 e
	25	30.0 ab	12.3 bcd	11.52 ab	2.68 cd
	20	22.3 cde	26.0 a	7.30 def	6.78 a
	15	25.0 bcd	15.0 bc	9.09 cd	4.07 bc
18/12	30	11.5 gh	- ^y	5.22 g	- ^y
	25	18.5 ef	1.0 f	5.38 fg	0.31 e
	20	23.0 cde	2.8 ef	10.62 bc	0.56 e
	15	22.7 cde	2.1 f	9.06 cd	0.66 e

註：^z表中直行平均值後之小寫英文字母相同，表示未達到 Duncan's 5%之顯著差異水準。

^y氣溫 18/12℃根溫 30℃處理下資料缺乏，主要由於 青心烏龍 於試驗期間無新梢萌發生長。

二、溫度對茶樹芽葉農藝性狀之影響

茶菁品質是決定茶葉品質的基礎，而茶葉品質與某些茶芽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(陳和蔡，1999；馮，1988；蔡和陳，2001)，其餘各性狀與製茶品質呈現負相關(馮，1988)。而芽葉性狀易受品種、海拔及溫度等的改變，同一品種同一地區則受季節性變化影響較大(馮等，1993)。試驗處

理後在每次採摘前取一心二葉芽葉調查芽葉農藝性狀，結果顯示芽葉生長除了受品種、氣溫影響之外亦受根溫影響，但品種與氣溫和根溫各處理組合表現並不一致(表二、表三)。台茶十二號以氣溫 23/17℃根溫 20℃處理其節間徑、節間長、第二葉長及重量為較粗、較長及較重，第二葉寬以氣溫 28/22℃根溫 25℃最寬，第二葉厚以氣溫 18/12℃條件下根溫 20 和 15℃最厚，第二葉面積以氣溫 28/22℃根溫 30℃及氣溫 23/17℃根溫 20℃處理組合最大，第二葉長寬比以氣溫 18/12℃根溫 20℃和氣溫 23/17℃條件下根溫 25℃和 20℃最大，葉片形狀較傾向長橢圓形。顯示在高氣溫 (33/27、28/22℃) 狀態下，葉片形狀較傾向近圓形，在低氣溫 (23/17、18/12℃) 狀態下，葉片形狀為橢圓形 (表二)。大致而言，芽葉生長發育以氣溫 23/17℃根溫 20℃為較佳，在低氣溫 18/12℃及根溫 20℃環境下芽葉生長緩慢鮮嫩程度高，葉片厚度增加，有利於茶葉品質的提高。青心烏龍以氣溫 23/17℃根溫 15℃處理其節間徑、第二葉厚及重量為較粗、較厚及較重，第二葉長及面積以 28/22℃根溫 20℃為較長較大，節間長以氣溫 23/17℃根溫 20℃較長，第二葉寬以氣溫 28/22℃根溫 25℃為較寬，第二葉長寬比以氣溫 28/22℃根溫 15℃及氣溫 23/17℃根溫 20℃條件下最大，葉形接近為披針形，在氣溫 33/27、28/22、23/17℃狀態下，葉片形狀較傾向長橢圓形，受根溫影響差異顯著，於氣溫 33/27 和 28/22℃根溫 25℃以及低氣溫 18/12℃狀態下，葉片形狀為傾向橢圓形 (表三)。

三、溫度對茶樹芽葉礦物營養元素及化學成分含量之影響

茶葉品質與芽葉中內容物亦有極佳的相關性，因此在鑑視茶菁品質時，通常會分析芽葉中礦物營養元素及化學成分含量加以研判，但由於茶樹體內礦物元素種類與含量，受遺傳因子、品種特性、生長部位、溫度、土壤 pH 值、肥培管理方法等因素影響很大 (伍等, 1991; 沙和鄭, 1997; 林等, 1990; 施, 1999; Chanuah, 1988; Karasuyama *et al.*, 1985; Kumar *et al.*, 1999)。當茶樹根系吸收礦物元素後，一部分在根內利用，大部分運送到茶樹其他組織及器官，其中分配利用以葉片最多 (王, 1995; 吳和茹, 1986; 李和陳, 2002)。氮是茶樹生長、發育最重要的營養元素，對整個茶菁化學成分有明顯的影響，且影響茶葉品質(蔡等, 1990)。一般而言綠茶及包種茶的品質與氮含量呈正相關，含氮量不宜低於 4% 以下 (吳和吳, 1977; 林, 1966)。由表四看出兩品種芽葉含氮量，青心烏龍受氣溫和根溫影響變化較大。台茶十二號在氣溫 33/27、28/22、23/17℃狀態下，受根溫影響較小差異不顯著，而在低氣溫 (18/12℃) 較高根溫 30、25℃條件下，芽葉含氮量最低，可能在低氣溫高根溫條件下影響根部吸收輸送所致。青心烏龍則受根溫影響較顯著，在氣溫 28/22℃根溫 30、15℃和氣溫 18/12℃根溫 20、15℃芽葉含氮量較高，推測為新梢生長量低及茶菁產量較少累積所致 (表一)；於氣溫 23/17℃根溫 15℃條件下含氮量最低，可能是在高氣溫環境下有利於地上部持續抽梢生長，而低根溫不利於根部吸收，減少對地上部供應所致。而氣溫 28/22℃根溫 25℃條件下含氮量最低，其原因則有待進一步探討。

芽葉磷的含量在台茶十二號各處理差異不大，含量介於 0.36 ~ 0.45% 之間(表四)。青心烏龍各處理差異較大，高氣溫 (33/27℃) 磷含量明顯低於低氣溫 (18/12℃)，受根溫影響無一致性，可能磷含量受外在與內在因素影響所致 (朱, 1978)，在氣溫 23/17℃根溫 20℃和氣溫 18/12℃根溫 15℃芽葉磷含量較高，分別為 0.45% 和 0.48% 與張 (1995) 認為芽葉含磷量適宜範圍在 0.25 ~ 0.4%，明顯偏高。

芽葉鉀和鎂的含量變化，台茶十二號則呈現出氣溫 33/27 和 28/22℃較氣溫 23/17 和 18/12℃含量高，以氣溫 33/27℃根溫 30℃最高，與張 (1995) 認為芽葉含鉀量適宜範圍在 1.5 ~ 0.21%，稍有偏高。而鎂含量則在 0.15~0.30% 範圍內 (張, 1995)，因受根溫影響鉀和鎂含量略有差異，顯示在各氣溫處理中於低根溫 (15℃) 下均有較低趨勢 (表四)。芽葉中鈣含量在氣溫 23/17℃處理明顯低於其他各溫度處理，受根溫影響較小，可能與鈣在植體內移動有關所致，主要受氣

溫影響。青心烏龍芽葉鉀亦呈現出氣溫 33/27℃ 和 28/22℃ 較氣溫 23/17 和 18/12℃ 含量較高，在氣溫 33/27℃ 根溫 15℃ 和氣溫 28/22℃ 根溫 15℃ 芽葉鉀含量較高，亦較適宜範圍 1.5~2.0% 較高(張，1995)，可能在高氣溫低根溫下新梢生長量低及茶菁產量較少累積所致(表一)。鈣和鎂則於氣溫 28/22℃ 根溫 25 和 20℃、氣溫 23/17℃ 根溫 20 和 15℃ 含量均較低(表四)，推測可能與新梢生長量高及茶菁產量較高有關，以致礦物營養元素分配稀釋所致。

朱 (1977) 指出適量錳可改進烏龍茶之香味，對包種茶則無影響，但反而會使成茶色澤形狀變差。由表六顯示青心烏龍錳含量變化在氣溫 33/27℃ 條件下較高，且高於台茶十二號，與朱 (1977) 認為葉錳適合範圍於夏茶嫩葉為 550~650 mg/kg 老葉為 1100~1300 mg/kg 的水準，明顯偏高，在低根溫條件下含量有較低的趨勢，顯示低根溫會減緩錳向上運送。台茶十二號銅含量較青心烏龍高。台茶十二號於氣溫 33/27℃ 和 28/22℃ 較氣溫 23/17 和 18/12℃ 含量較低，受根溫影響有差異呈現無一致性。兩品種均顯示在氣溫 33/27、28/22 和 23/17℃ 低根溫條件下含量有較低的情形，亦可能低根溫會減緩銅向上運送所致。硼含量變化亦有類似情形，台茶十二號於氣溫 33/27、28/22 和 23/17℃ 較 18/12℃ 含量低，兩品種均顯示在氣溫 33/27、28/22 和 23/17℃ 低根溫 (15℃) 條件下含量有較低的情形。

影響茶樹芽葉鮮嫩及化學成分之因子主要為品種、溫溼度、雨量、日照、採摘成熟度等。而溫度對茶葉品質的影響，最明顯的是表現在茶葉品質的季節性變化方面；春冬茶優於夏秋茶的原因，即在於夏季氣溫高，兒茶素類與咖啡因含量相對提高，使夏茶滋味苦澀；春茶全氮量及胺基酸含量較夏茶為高，使滋味較為甘醇(蔡等，1990)。從表六顯示芽葉在氣溫 33/27℃ 根溫 25℃ 以及氣溫 28/22、23/17 和 18/12℃ 根溫 30℃ 處理下總游離胺基酸含量較高，顯示在根溫較高條件下含量亦較高，可能是根溫提高有助於根部茶胺酸合成，往地上部運送，但根溫與氣溫相近時含量反而有較低趨勢，以氣溫 33/27℃ 根溫 30℃ 最低。總多元酚以氣溫 33/27℃ 根溫 25℃ 最低，顯示在氣溫 28/22℃ 和 23/17℃ 根溫 30℃ 以及 33/27℃ 根溫 25℃ 處理下，總多元酚含量較低，與總游離胺基酸含量呈現相反趨勢，以氣溫 28/22℃ 根溫 15℃ 含量較高，顯示在氣溫 33/27℃ 和 18/12℃ 根溫 30℃ 或氣溫 28/22℃ 和 23/17℃ 根溫 15℃ 條件下含量有較高趨勢。咖啡因在氣溫 28/22℃ 和 23/17℃ 根溫 30℃ 以及 33/27℃ 根溫 25℃ 處理下，和總多元酚有同樣趨勢含量較低，亦與總游離胺基酸含量呈現相反趨勢，以氣溫 23/17℃ 根溫 30℃ 最低，氣溫 28/22℃ 根溫 25℃ 含量較高。

結 語

綜合上述研究結果顯示茶樹芽葉生長發育、產量、芽葉中礦物元素及主要化學成分含量，受溫度影響極大。而台茶十二號和青心烏龍兩品種對溫度適應範圍不同，台茶十二號以氣溫 33/27℃ 根溫 30℃ 處理有較多新梢萌發發育，芽葉多而不重或重而不多都不能達高產的目的，因此以氣溫 28/22℃ 根溫 25℃ 條件下產量最高；青心烏龍以氣溫 23/17℃ 根溫 20℃ 處理有較多新梢萌發發育，茶菁產量亦最高，兩品種均顯示出氣溫相近於根溫茶菁產量較高。大致而言，芽葉生長發育台茶十二號以氣溫 23/17℃ 根溫 20℃ 為較佳；青心烏龍以 23/17℃ 根溫 15℃ 條件下較佳。台茶十二號和青心烏龍兩品種在低氣溫 (23/17、18/12℃) 處理條件下略為提高根溫，可促進芽葉中之含氮量。而在氣溫 33/27℃ 根溫 25℃ 以及氣溫 28/22、23/17℃ 和 18/12℃ 根溫 30℃ 條件下總游離胺基酸含量較高，顯示在根溫較高條件下含量亦較高；芽葉中總游離胺基酸含量與咖啡因和總多元酚則呈現相反趨勢。茶葉香味品質是各種化學成分的綜合表現，影響的因子極為複雜，至今雖無法以單一化學成分含量高低來評定，但芽葉中化學成分含量仍受溫度影響極大，影響茶葉香味品質重要因子之一，而茶樹適宜根溫則受氣溫高低所影響。

表二、溫度對茶樹台茶十二號芽葉農藝性狀(一心二葉)之影響

Table2. Effects of temperature on agronomic characteristics of TTES No. 12 tea shoot (one bud and two leaves)

Temperature(°C)	1st internode diameter (mm)	1st internode length (mm)	2nd leaf length (mm)	2nd Leaf width (mm)	2nd leaf thickness (mm)	Weight (g)	2nd leaf area (mm ²)	length/ width
33/27	Root temp.							
	30	1.73abcd	14.00bc	56.36bcd	26.99ab	0.238d	0.46bc	2.10d
	25	1.86a	13.59bc	62.27abc	29.59ab	0.260abcd	0.57abc	2.13cd
	20	1.66bcd	10.78c	53.12cd	24.46abc	0.248bcd	0.40c	2.19bcd
28/22	15	1.73abcd	10.99c	66.44abc	30.54ab	0.255bcd	0.57abc	2.17bcd
	30	1.73abcd	13.89bc	71.65ab	31.43a	0.260abcd	0.59abc	2.28abcd
	25	1.66bcd	10.45c	57.70abc	27.77ab	0.241cd	0.45bc	2.28abcd
	20	1.62cd	10.77bc	59.12abc	26.08ab	0.251bcd	0.46bc	2.26abcd
23/17	15	1.64cd	14.05bc	52.23cd	26.02ab	0.248bcd	0.43bc	2.12cd
	30	1.55d	13.73c	41.29d	19.22c	0.250bcd	0.40c	2.07d
	25	1.73abcd	18.74ab	67.99abc	28.00ab	0.263abc	0.60abc	2.44a
	20	1.91a	24.04a	74.46a	30.44ab	0.259abcd	0.77a	2.45a
18/12	15	1.76abc	17.35b	60.48abc	25.73abc	0.263abc	0.54abc	2.36ab
	30	1.77abc	15.98bc	62.36abc	27.16ab	0.269ab	0.59abc	2.32abc
	25	1.75abc	11.06c	56.82bcd	23.90bc	0.259abcd	0.43bc	2.38ab
	20	1.77abc	16.11bc	67.11abc	27.28ab	0.277a	0.61abc	2.47a
	15	1.86ab	18.90ab	68.05abc	28.90ab	0.270ab	0.67ab	2.36ab

註：表中直行平均值後之小寫英文字母相同，表示未達到 Duncan's 5%之顯著差異水準。

表三、溫度對茶樹青心烏龍芽葉農藝性狀(一心二葉之影響)

Table 3. Effects of temperature on agronomic characteristics of Chin-Shin Oolong tea shoot (one bud and two leaves)

Temperature(°C)		1st internode diameter (mm)	1st internode length (mm)	2nd leaf length (mm)	2nd leaf width (mm)	2nd leaf thickness (mm)	Weight (g)	2nd leaf area (mm ²)	length/ width
Air temp. (day/night)	Root temp.								
33/27	30	1.28 ^c	3.49c	41.52bcd	15.06b	0.239ab	0.163d	460bc	2.78bcd
	25	1.31c	8.38ab	46.27abcd	19.28ab	0.230ab	0.258abcd	688abc	2.42f
	20	1.26c	4.86bc	51.40abcd	19.56ab	0.224b	0.238abcd	775abc	2.68cdef
	15	1.32bc	6.09abc	52.81abc	20.27ab	0.275ab	0.280abcd	761abc	2.61bcd
28/22	30	1.24c	5.21bc	43.85bcd	16.02b	0.237ab	0.188cd	496bc	2.74cde
	25	1.34bc	6.22abc	54.40abc	21.15ab	0.241ab	0.279abcd	857abc	2.60def
	20	1.46abc	7.60abc	63.56a	24.65a	0.253ab	0.370ab	1135a	2.66def
	15	1.45abc	5.04bc	58.74ab	19.75ab	0.245ab	0.284abcd	881ab	3.08a
23/17	30 ^y	-	-	-	-	-	-	-	-
	25	1.43abc	6.67abc	49.38abcd	16.71b	0.270ab	0.245abcd	593bc	2.94abc
	20	1.53ab	10.09a	53.83abc	18.11ab	0.234ab	0.358abc	712abc	3.01a
	15	1.65a	7.93abc	57.08ab	21.91ab	0.297a	0.406a	889ab	2.62def
18/12	30 ^y	-	-	-	-	-	-	-	-
	25 ^y	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	1.54ab	3.76bc	38.82cd	15.78b	0.272ab	0.204bcd	438bc	2.46ef
	15	1.35bc	7.74abc	34.70d	14.46b	0.255ab	0.236bcd	373c	2.45f

註：^z表中直行平均值後之小寫英文字母相同，表示未達到 Duncan's 5%之顯著差異水準。^y表中氣溫 23/17°C根溫 30°C及氣溫 18/12°C根溫 30、25°C處理下，在試驗期間新梢萌發生長不足至一心二葉。

表四、溫度對茶樹芽葉(一心二葉)礦物營養元素含量之影響

Table 4. Effects of temperature on nutrient contents of tea shoot (one bud and two leaves)

Temperature(°C)		N (% D.W.)	P (% D.W.)	K (% D.W.)	Ca (% D.W.)	Mg (% D.W.)
Air temp. (day/night)	Root temp.					
TTES No. 12						
33/27	30	4.24	0.41	2.34	0.32	0.29
	25	4.22	0.39	2.11	0.36	0.27
	20	4.22	0.37	2.16	0.35	0.26
	15	4.06	0.36	2.08	0.33	0.23
28/22	30	4.24	0.39	2.03	0.32	0.28
	25	4.30	0.41	2.10	0.26	0.27
	20	4.44	0.42	2.31	0.33	0.27
	15	4.20	0.45	2.14	0.30	0.22
23/17	30	4.20	0.36	1.93	0.24	0.22
	25	4.42	0.42	2.15	0.22	0.25
	20	4.06	0.41	1.86	0.20	0.20
	15	4.18	0.39	1.85	0.19	0.20
18/12	30	4.00	0.39	1.76	0.28	0.21
	25	3.82	0.38	1.68	0.33	0.21
	20	4.34	0.45	1.89	0.27	0.21
	15	4.32	0.41	1.67	0.31	0.18
Chin-Shin Oolong						
33/27	30	4.00	0.34	1.73	0.62	0.46
	25	4.46	0.35	1.97	0.49	0.36
	20	4.22	0.32	1.80	0.38	0.33
	15	4.44	0.34	2.34	0.47	0.36
28/22	30	4.89	0.38	2.03	0.42	0.35
	25	3.72	0.37	1.85	0.30	0.23
	20	4.38	0.35	1.84	0.35	0.27
	15	4.56	0.40	2.23	0.47	0.33
23/17	30 ^z	-	-	-	-	-
	25	4.08	0.37	1.68	0.37	0.27
	20	4.56	0.45	1.72	0.26	0.23
	15	3.88	0.36	1.63	0.28	0.22
18/12	30 ^z	-	-	-	-	-
	25 ^z	-	-	-	-	-
	20	4.71	0.41	1.60	0.41	0.31
	15	4.68	0.48	1.62	0.25	0.22

註：^z表中氣溫23/17°C根溫30°C及氣溫18/12°C根溫30、25°C處理下資料缺乏，主要由於在試驗期間新梢萌發生長不足至一心二葉。

表五、溫度對茶樹芽葉(一心二葉)微量礦物營養元素含量之影響

Table 5. Effects of temperature on microelement nutrient contents of tea shoot (one bud and two leaves)

Temperature(°C)		Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)
Air temp. (day/night)	Root temp.					
TTES No. 12						
33/27	30	71	1249	9	73	17
	25	62	963	10	24	16
	20	70	948	10	49	17
	15	148	567	7	43	17
28/22	30	157	1015	10	40	19
	25	84	1365	9	58	19
	20	79	759	10	89	17
	15	156	669	8	47	16
23/17	30	86	618	11	36	19
	25	78	621	12	54	18
	20	88	421	13	82	18
	15	75	412	9	39	17
18/12	30	977	716	12	61	22
	25	67	1004	11	55	21
	20	142	647	12	56	20
	15	79	621	11	57	23
Chin-Shin Oolong						
33/27	30	603	2186	9	42	26
	25	472	1599	10	48	24
	20	603	1850	8	34	20
	15	403	1143	6	44	18
28/22	30	204	1252	10	53	- ^y
	25	126	1138	8	54	28
	20	69	1120	8	32	18
	15	149	1276	5	58	18
23/17	30 ^z	-	-	-	-	-
	25	114	1354	8	47	18
	20	82	1103	10	66	19
	15	222	820	6	56	16
18/12	30 ^z	-	-	-	-	-
	25 ^z	-	-	-	-	-
	20	81	1283	8	59	33
	15	113	1175	8	30	21

註：^z表中氣溫 23/17°C 根溫 30°C 及氣溫 18/12°C 根溫 30、25°C 處理下，在試驗期間新梢萌發生長不足至一心二葉。

^y表中氣溫 28/22°C 根溫 30°C 處理下，硼資料缺乏主要由於新梢萌發，生長至一心二葉之茶菁產量太少不足夠分析。

表六、溫度對茶樹芽葉台茶十二號(一心二葉)化學成分之影響

Table 6. Effects of temperature on chemical compositions of TTES No. 12 tea shoot (one bud and two leaves)

Temperature(°C)		Total free amino acid (mg/g D.W.)	Total polyphenols (% D.W.)	Caffeine (% D.W.)
Air temp. (day/night)	Root temp.			
33/27	30	13.88	20.72	3.87
	25	22.64	17.02	3.78
	20	18.28	18.37	3.78
	15	17.07	20.58	3.92
28/22	30	20.85	18.46	3.34
	25	15.69	19.50	4.12
	20	17.57	19.02	4.01
	15	20.39	24.03	4.07
23/17	30	28.58	19.85	3.28
	25	16.97	20.62	3.78
	20	16.34	20.30	3.85
	15	16.55	20.99	3.92
18/12	30	26.68	21.06	3.53
	25	20.10	19.64	3.31
	20	20.32	20.99	3.94
	15	17.66	19.95	3.92

誌 謝

本試驗承蒙行政院農業委員會補助研究經費，試驗樣品分析承蒙本場王為一先生、行政院農業委員農業試驗所農化系廖組長慶樑及張愛華小姐鼎力支持協助，在此深表謝意。

參考文獻

1. 王立. 1985. 秋冬季茶樹養分的積累與分配的研究. 茶葉科學 5: 39-44。
2. 王鎮恆. 1995. 茶樹生態學. 浙江農業大學編, 中國農業出版社. p.101-116。
3. 伍炳華、韓文炎、姚國坤. 1991. 茶樹氮磷鉀營的品種間差異 I. 氮肥在茶樹品種間的生長和生理效應. 茶葉科學 11: 11-18。
4. 朱惠民. 1977. 土壤錳含量與茶樹葉錳濃度之關係及其對茶菁產量與製茶品質之影響. 科學發展月刊 5: 201-211。
5. 朱惠民. 1978. 鈣鎂錳銅鋅對茶菁產量與葉片養分濃度之影響. 科學發展月刊 6: 522-538。
6. 沙濟琴、鄭達賢. 1997. 茶樹鮮葉礦質元素含量的季節變化. 福建茶葉 2: 26-31。
7. 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。

8. 李淑美、陳右人. 2002. 氮肥對茶樹生育及品質之影響. 中華農學會報 3(2): 184-200。
9. 吳振鐸、吳傑成. 1977. 探討茶樹新品系(種)全年生育期間茶葉內兒茶素類總含量與全氮含量暨其對製茶品質之關係. 茶改場 66 年年報 p. 82-86。
10. 吳洵、茹國敏. 1986. 茶樹對氮肥的吸收和利用. 茶葉科學 6: 15-24。
11. 林家棻. 1966. 植物分析與施肥(4): 利用葉片分析診斷茶樹需氮狀況(2). 中華農學會報 新 56: 62-74。
12. 林智、吳洵、俞永明. 1990. 土壤 pH 值對茶樹生長及礦質元素吸收的影響. 茶葉科學 10: 27-32。
13. 施嘉璠. 1999. 茶樹礦質營養的供應—茶樹栽培生理之三. 福建茶葉 1: 2-4。
14. 陳右人. 1988. 根溫對椶果開花之影響. 臺大園藝所博士論文。
15. 陳右人、蔡俊明. 1999. 台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。
16. 黃騰鋒、張允恭、黃建民. 2002. 施灌時機對土壤溫度與茶芽生育之影響. 臺灣茶業研究彙報 21: 119-128。
17. 張鳳屏. 1995. 茶樹營養與施肥. 茶業技術推廣手冊. p. 125-140。
18. 馮鑑淮. 1988. 茶樹育種提早選種指標的研究 I. 品種芽葉農藝狀與產量及部分發酵茶品質的路徑分析研究. 臺灣茶業研究彙報 7: 79-90。
19. 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。
20. 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。
21. 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: 1-7。
22. 蔡俊明、陳右人. 2001. 適製包種茶茶樹六十九年選品系選拔與其選拔族群芽葉性狀與包種茶製茶品質與收量之相關. 中國園藝 47: 69-76。
23. 中川致之、阿南豐正. 1979. 茶のアミノ酸の簡易定量法. 茶業研究報告 50: 56-61。
24. Ashby, W. C. 1960. Seedling growth and water uptake by *Tilia americana* at several root temperatures. Bot. Gaz. 121: 228-232.
25. Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. pp.591-634. IN: A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney (eds). Method of Soil Analysis. Part2. Academic Press Inc., New York.
26. Carr, M. K.V., W. Stephens, and P. J. Burgess. 1991. Effects of weather and water on the development and yield of tea eastern Africa. Proceedings of the Interational Symposium on Tea Science. Shizuoka, Japan. p.727-731.
27. Chanuah, G. S. 1988. The effect of nitrogen on root growth and nutrient uptake of young tea plants (*Camellia sinensis* L.) grown in sand culture. Fer. Res. 16: 59-65.
28. Iwasa, K. 1975. Methods of chemical analysis of green tea. JARQ 9: 161-164.
29. Karasuyama, M., T. Yoneyama, and H. Kobayashi . 1985. ¹⁵N study on the fate of foliarly applied urea nitrogen in tea plant (*Camellia sinensis* L.). Soil Sci. Plant Nutr. 31: 123-131.
30. Kumar, R. R., S. Marimuthu, and L. Manivel. 1999. Fertilizer nitrogen recovery in tea as influenced by nitrogen levels. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 30: 1747-1758.
31. Nordin, A. 1977. Effect of low root temperature on ion uptake and ion translocation in wheat. Physiol. Plant 39: 305-310.
32. Skene, K. G. M. and G. H. Kerridge. 1967. Effect of root temperature on cytokinin activity in root exudate of *Vitis vinifera* L. Plant Physiol. 42: 1131-1139.

Effect of Temperature on Yield and Quality of Plucked New Shoot for Tea(*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze)

Shu-Mei Lee ¹ Iou-Zen Chen ²

Summary

This study aims to understand how temperature affects on yield, quality and chemical composition of plucked new shoot for tea. The results show that temperature significantly affects growth and development, the mineral nutrients content in tea buds, and the production of tea saplings. Also, the results show that the growing features are different among breeds, i.e. different adaptation upon changing the temperature. The responses were significantly different with temperature, and the optimum growth temperature for the two cultivars, TTES No. 12 and Chin-Shin Oolong were also different. The better root temperature for bush growth was close to the air temperature. ‘TTES No. 12’ and ‘Chin-Shin Oolong’ have more new shoots cultivar at 33/27°C + 30°C (air temperature + root temperature) and 23/17°C + 20°C, respectively. As far as the production of tea sapling is concerned, TTES No. 12 has higher production rate at 28/22°C + 25°C, whereas it was 23/17°C + 20°C for ‘Chin-Shin Oolong’. As for leaves bud characters, the best temperature condition of ‘TTES No. 12’ was at 23/17°C + 20°C, and 23/17°C + 15°C for ‘Chin-Shin Oolong’. The lower air temperature (23/17, 18/12°C) and slightly higher root temperature can significantly promote the nitrogen content of buds and leaves (one bud and two leaves). The total free amino acid content of both breeds is higher at 33/27°C+25°C and 28/22+, 23/17+, and 18/12°C + 30°C, respectively. The tendency shows opposite effect in the total free amino acid content, the caffeine, and the total polyphenols in the buds.

Key words: Tea, Temperature, Yield, Quality, Nutrient element, Chemical composition

1. Assistant Agronomist, Tea Research and Extension Station, Taoyuan, Taiwan, R.O.C.

2. Associate Professor, Department of Horticulture, National Taiwan University, Taipei, R.O.C

