

茶樹插穗貯放時間對植體內乾物重、碳水化合物、氮及主要無機成分含量之影響

陳右人 蔡俊明¹

摘 要

青心烏龍及台茶 12 號茶樹之扦插插穗以慣行法貯放後，青心烏龍莖的乾物重反而略為增加，而葉片則在貯放 5 日即急速減少；台茶 12 號莖乾物重改變不大，而葉片在貯放 7 日後，乾物重才有明顯下降。兩品種之扦插成活率在葉片乾物重含量明顯下降後，也明顯降低，顯示茶樹葉片乾物重含量與扦插成活率關係密切。分析插穗中主要營養成分顯示，台茶 12 號插穗除葉片鎂含量外，其他各成分濃度均略高於青心烏龍。整體而言，植體內80%乙醇可溶性醣在貯放後，其濃度即明顯下降，但澱粉含量則變化不大，枝條中之澱粉含量甚至於會提高。相反的葉片中氮濃度改變不大，而枝條內的濃度則明顯下降，其他大量無機要素濃度改變不大。以植體內養分總含量損失之比例看時，扦插成活率較高的台茶 12 號損失比例較扦插成活率較低的青心烏龍低。其中尤其以葉片中之損失率表現最為明顯。因此，在茶樹插穗貯放過程中，如何保護葉片並降低葉片中乾物重及各種養分之損失，將是維持扦插成活率之要點。關鍵字：茶樹、扦插、貯存、碳水化合物、無機成分

前 言

中國種或小葉種茶樹 (*Camellia sinensis* var *sinensis*) 因多屬灌木，枝條柔軟，故本省早期均採用壓條法繁殖茶苗。但由於壓條繁殖對母樹損傷過大，致樹勢恢復不易，加上繁殖速度較慢且費工，因此台灣省茶業改良場自 1950年代起，開始研究扦插繁殖法，至 1984年止繁殖技術大抵確定，並大量推廣應用 (馮, 1984)。由於茶樹之扦插係採帶葉扦插，成活率常受到取穗至扦插間時間長短所影響，其中較為明顯的影響因子主要在於水分及乾物重之改變 (蔡與陳, 1993)。Hatmann & Kester, (1983) 指出在枝葉水分張力最高時，取穗扦插最佳，插穗失水便成為扦插成活率降低之主要原因之一 (蔡與陳, 1993; Evan, 1952; Rajagopal and

1.台灣省茶業改良場研究員、助理研究員

Andersen, 1980; Strance, et. al., 1988; Wang et. al., 1992). Loach (1977) 也指出, 即使在不缺水的狀況下, 葉片水勢低的品系, 其扦插成活率也較低。在乾物重含量的改變上, 插穗取下後, 枝葉的呼吸率即上升, 使植體內之同化養分大量減少, 其中尤其碳水化合物之減少最為重要, 因此如果沒有適當的保存, 則放置時間愈長, 扦插成活率愈低 (Kaundal & Singh, 1987; Purushotham et. al., 1986)。本省茶苗之生產設備較其他種苗生產業簡陋, 插穗取下後如不及時扦插, 多僅將之置於陰涼處, 每日澆水 2 至 3 次, 再覆以黑色遮蔭網而已。蔡與陳 (1993) 指出插穗以此種方式放置時, 插穗扦插成活率、含水量及乾物重均隨放置時間加長而減少, 台茶 12 號可放置約 5 日而青心烏心烏龍則僅 3 日, 如再考慮成活率茶苗之生長狀況時, 前者僅能放置 4 日而後者則僅 1 日。本研究即延續此項研究中有關乾物重部分, 進行分析整理, 以了解各種主要內容物扦插成活率之大致關係, 以作為改進插穗貯存條件之依據。

材料與方法

一、參試品種：青心烏龍與台茶 12 號。

二、材料與處理：

春茶採收後放任茶樹生長, 至 81 年元月, 剪取表皮褐化但未裂開至表皮轉成黃綠者, 作為試驗材料。枝條剪下後即放置於陰涼處, 每日灑水 2 次, 並以 30% 透光率黑色遮蔭網覆蓋。試驗材料分為(1)對照(即當日剪取枝條隨即扦插完畢)(2)貯放 1 日(3)貯放 2 日(4)貯放 3 日(5)貯放 4 日(6)貯放 5 日(7)貯放 6 日(8)貯放 7 日(9)貯放 8 日(10)貯放 9 日, 共 10 處理每處理取枝條剪成插穗扦插於苗床。每處理於扦插前, 隨機選取帶葉枝條 20 支, 稱其鮮重、乾重, 並分析碳水化合物及主要無機元素含量。

三、分析：

(一)前處理：隨機取得之枝條先分為莖與葉片兩部分, 分別稱鮮重後, 葉片以蒸餾水拭淨與莖分別置於 70°C 之烘箱內烘乾 48 小時, 取出稱乾重, 分別磨粉至可通過 20 目篩, 並裝袋備用。

(二)碳水化合物分析：取 0.2 公克樣品置於試管內, 加入 80% 乙醇約 15 毫升, 放入 80°C 之水浴內 20 分鐘, 再以 Whatman No.1 濾紙濾出上層液, 重複以上步驟三次後, 再將殘渣全數傾於濾紙上。三次之濾液合併後, 以減壓濃縮器除去乙醇, 濃縮液通過 PVPP 管柱後定量至 100 毫升, 是為 80% 乙醇可溶性醣。附殘渣之濾紙以 70°C 烘乾後, 將殘渣刮下, 置於試管內, 加入 40mM pH=6.3-6.4 間之 HEPES (N-2-Hydroxyethyl-Pierazine-N-Ethano Sulfonic Acid) 水溶液 8 毫升, 再置入殺菌釜中以 121°C 30 分鐘加以軟化, 俟試管溫度降至室溫加入 1250-1800 單位/毫升之澱粉分解酵素 (α -amylase) 0.3 毫升, 置入 37°C 之水浴或烘箱內超過 14 小時後過濾、濾液定量至 50 毫升, 是為澱粉。

以上兩種濃度稀釋至 20 至 100 ppm 間, 再取 2 毫升, 加入 4 毫升之 anthrone 溶液 (2 公克 anthrone 加 1 公升濃硫酸), 置於沸水中 6.5 分鐘, 在 625 nm 下測其吸光值, 再以葡萄糖標準液作成標準曲線藉以換算其濃度。

(三)氮之分析：以 Kjeldahl 法分析取 0.2 公克樣品, 及適量催化劑以 350-400°C 分解, 用蒸餾法測氮含量。

(四)主要無機要素分析：取 0.2 公克樣品，以 500°C 灰化 6-8 小時，灰化後加 1.2N 鹽酸 4 毫升及熱水抽取後，定量至 50 毫升。以鉬藍法 (Molybdenum blue method) 測磷，以原子光譜吸收儀 (Atomic Absorption Spectrophotometer) 測鉀、鈣、鎂。

結果與討論

一、插穗貯放後乾物重之變化

青心烏龍及台茶 12 號插穗貯放期間乾物重之變化 (表 1、2)，顯示莖的總乾物重在貯放過程中改變不大，甚至於有時還略有增加。青心烏龍之莖乾物重百分比則初期在 40% 左右，貯放 4 日後最高可達 50%，隨即下降至 44%。台茶 12 號莖之乾物重百分比，則隨貯放時間而逐漸由初期的 42.1% 提高到第 9 日的 50.1%。在葉片的乾物重減少比例上，青心烏龍係隨貯放時間加長而提高，第 5 日時即減少超過 10%，以後即減少 1/4 至 1/2 之間。台茶 12 號葉片乾物重損失則在貯放 7 日後才超過 10% 以上。和實際扦插成活率比較時，可以發現青心烏龍在莖水分含量最低 (第 4 日) 及葉片乾物重大量減少 (第 5 日) 開始，扦插成活率即大幅降低。成活率較高且耐貯放的台茶 12 號，不但初期葉片內含水量高，不易失水且乾物重損失較緩。此項結果分別與 Strance, et. al. (1988) 及 Loach (1977) 在插穗水分生理，及 Kaundal and Singh (1987) 與 Purushethan et. al. (1988) 在插穗乾物重與扦插成活率關係之研究結果相近。由於茶樹屬於帶葉扦插之常綠樹，葉片脫落後扦插即難以成活，而由結果顯示，葉片部分無論水分或乾物重之損失均較莖為多，這種損失除直接由葉片部分散失外，亦可能再傳導到莖部，因此葉片之水分含量與乾物重含量變化，即可看出扦插成活率之改變，而適度的保護葉片，將有利於延長插穗貯放後之成活率。

表 1. 青心烏龍種茶樹插穗貯放期間乾物重之變化

Table 1. Variation of dry weight of "Chin-Hsin Oolong" cutting shoots during storage.

日數 days of storage	莖 乾 物 重 Dry weight of stem					葉 乾 物 重 Dry weight of leaf				
	百分比 %	貯放前 (公克) Before storage(A) (g)	貯放後 (公克) After storage(B) (g)	增減量 (公克) (B)-(A) (g)	比例 (B)/(A) x 100%	百分比 %	貯放前 (公克) Before storage(A) (g)	貯放後 (公克) After storage(B) (g)	增減量 (公克) (B)-(A) (g)	比例 (B)/(A) x 100%
0	41.6	7.20	7.20	±0	±0	38.1	22.81	22.81	±0	±0
1	44.0	5.87	6.12	+0.25	+4.3	37.4	14.15	13.93	-0.22	-1.5
2	49.2	5.37	5.32	-0.05	-0.9	40.8	12.96	12.74	-0.22	-1.7
3	47.6	6.90	6.88	-0.02	-0.4	45.2	16.65	16.65	+0	±0
4	50.5	5.14	5.54	+0.40	+7.8	47.6	12.39	12.04	-0.35	-2.8
5	48.8	5.34	5.45	+0.11	+2.1	47.6	12.67	11.31	-1.36	-10.7
6	47.0	5.39	5.85	+0.46	+8.5	41.9	13.01	8.72	-4.29	-33.0
7	44.4	4.87	4.94	+0.07	+1.4	37.1	11.72	8.66	-3.06	-26.1
8	44.0	5.26	5.28	+0.02	+0.4	36.8	12.67	8.76	-3.91	-30.9

表 2. 台茶 12 號茶樹插穗貯放期間乾物重之變化

Table 2. Variation of dry weight of "TTES No.12" tea cutting shoots during storage.

貯放 日數 days of storage	莖 乾 物 重 Dry weight of stem					葉 乾 物 重 Dry weight of leaf				
	百分比 %	貯放前 (公克) Before storage(A) (g)	貯放後 (公克) After storage(B) (g)	增減量 (公克) (B)-(A) (g)	比例 (B)/(A) x 100%	百分比 %	貯放前 (公克) Before storage(A) (g)	貯放後 (公克) After storage(A) (g)	增減量 (公克) (B)-(A) (g)	比例 (B)/(A) x 100%
0	42.1	11.14	11.14	±0	±0	35.1	20.64	20.64	±0	±0
1	42.4	10.89	10.98	+0.09	+0.8	35.3	20.16	19.95	-0.21	-1.2
2	46.5	10.91	10.84	-0.07	-0.6	40.4	20.22	20.18	-0.04	-0.2
3	47.3	10.23	10.34	+0.11	+1.1	43.9	18.97	18.18	-0.79	-4.2
4	47.5	11.34	11.54	+0.20	+1.8	43.8	21.01	20.48	-0.53	-2.5
5	49.9	11.20	11.02	-0.18	-1.6	49.6	20.76	20.42	-0.34	-1.6
6	48.2	11.01	10.60	-0.41	-3.7	44.1	20.42	19.32	-1.10	-5.4
7	45.5	10.19	9.83	-0.36	-3.5	37.8	18.86	15.00	-3.86	-20.5
8	46.3	9.46	9.89	+0.52	+5.5	39.3	17.51	15.84	-1.67	-9.5
9	50.1	9.27	9.26	-0.01	-0.1	50.7	17.16	15.38	-1.78	-10.4

二. 插穗貯放期間主要養分濃度之變化

青心烏龍種扦插插穗經貯放 2 天後，葉片內 80% 乙醇可溶性醣濃度即逐漸降低，第 5 天減少達 1/3，7 天後濃度降至原有之一半，澱粉之含量除貯放 2 及 4 日外，大致在 2% 左右，甚至於有時略高於原有樣品。枝條中 80% 乙醇可溶性醣濃度，在儲存 1 日後即減少約四分之一，但澱粉的濃度大多數反而提高。以碳水化合物總含量看，葉片在插穗儲放 4 日以後，濃度即明顯降低，而枝條中的濃度則變化不大。相反的葉片中氮含量的變化不大，但枝條的氮含量則在儲放第 2 日以後就減少約 40% (表 3)。台茶 12 號插穗貯放後，植體內碳水化合物與氮濃度之變化與青心烏龍的表現頗為接近；其原始含量均較青心烏龍高，尤其以枝條減少幅度比較時，台茶 12 號插穗，無論葉片或枝條，減少的幅度均較青心烏龍緩和且少，氮濃度則差異不大 (表 4)。

表 3. 插穗貯放時間對青心烏龍種茶樹插穗碳水化合物與氮含量之影響

Table 3. Effect of storage on carbohydrate and nitrogen content of "Chin-Hsin Oolong" tea cutting shoot.

貯放 日數 Days of storage	80% 乙醇可溶性醣 80% EtOH soluble sugar(%)		澱粉 Starch(%)		總計 Total(%)		氮 Nitrogen(%)	
	葉片 Leaf	枝條 Stem	葉片 Leaf	枝條 Stem	葉片 Leaf	枝條 Stem	葉片 Leaf	枝條 Stem
0	6.70	4.02	2.27	1.52	8.97	5.54	3.26	1.37
1	6.60	3.09	1.55	2.00	8.15	5.09	3.31	1.39
2	5.57	3.07	2.32	2.23	7.89	5.30	2.71	0.81
3	5.49	3.27	2.60	1.41	8.09	4.68	2.66	0.80
4	5.12	2.87	1.44	1.72	6.56	4.59	2.75	0.81
5	4.68	3.16	1.82	2.03	6.50	5.19	2.92	0.85
6	4.49	3.00	2.39	1.84	6.88	4.84	2.96	0.82
7	3.37	3.28	2.09	1.97	5.46	5.25	2.94	1.00
8	4.26	3.50	1.89	1.61	6.15	5.11	2.89	0.89

茶樹插穗貯放時間對植體內乾物重、碳水化合物、氮及主要無機成分含量之影響

表 4. 插穗貯放時間對台茶 12 號茶樹插穗碳水化合物與氮含量之影響

Table 4. Effect of storage on carbohydrate and nitrogen content of TTES No.12 tea cutting shoot.

貯放 日數 Days of storage	80% EtOH	乙醇可溶性糖 soluble sugar(%)	澱粉 Starch(%)		總計 Total(%)		氮 Nitrogen(%)	
	葉片 Leaf	枝條 Stem	葉片 Leaf	枝條 Stem	葉片 Leaf	枝條 Stem	葉片 Leaf	枝條 Stem
0	6.95	5.70	2.39	1.91	9.34	7.61	3.30	1.52
1	5.97	3.55	1.83	2.56	7.80	6.11	3.38	1.48
2	6.36	3.24	1.55	2.05	7.91	5.29	2.85	0.96
3	5.64	3.06	2.08	1.95	7.72	5.01	2.64	0.86
4	5.47	3.41	1.77	2.18	7.24	5.69	2.84	0.85
5	5.13	3.93	2.18	2.21	7.31	6.14	2.94	0.90
6	4.55	3.61	2.31	2.30	6.86	5.91	2.83	0.90
7	4.68	4.51	1.73	1.35	6.41	5.86	2.86	0.93
8	3.85	4.07	1.34	1.31	5.29	5.38	2.96	1.01
9	3.45	4.02	1.40	1.35	4.85	5.37	3.00	1.13

葉片中大量無機要素的濃度，除青心烏龍葉片中鎂的濃度以外，改變並不大（表 5）。

表 5. 茶樹插穗貯放時間對葉片無機成分含量之影響

Table 5. Effect of storage on mineral nutrients content of tea leaf.

品種 Cultivar	貯放時間 Days after storage	氮 % Nitrogen	磷 % Phosphor	鉀 % Potassium	鈣 % Calcium	鎂 % Magnesium
青心烏龍 Chin-Hsin Oolong	0	3.26	0.194	1.86	1.10	0.234
	1	3.31	0.207	1.99	1.12	0.194
	2	2.74	0.194	2.12	1.02	0.136
	3	2.96	0.197	1.68	1.06	0.159
	4	2.75	0.199	1.83	0.98	0.176
	5	2.92	0.222	2.00	1.02	0.184
	6	2.96	0.203	1.92	1.18	0.181
	7	2.94	0.207	2.00	1.05	0.147
	8	2.89	0.210	2.01	0.98	0.151
台茶 12 號 TTES No. 12.	0	3.30	0.207	1.63	1.21	0.114
	1	3.38	0.203	1.65	1.20	0.107
	2	2.85	0.210	1.59	1.08	0.099
	3	2.64	0.208	1.75	1.17	0.109
	4	2.84	0.207	1.81	1.11	0.097
	5	2.94	0.214	1.62	1.06	0.100
	6	2.83	0.197	1.83	1.09	0.090
	7	2.86	0.201	1.73	1.29	0.108
	8	2.96	0.188	1.68	1.13	0.108

三插穗貯放後主要養分總量的損失

由於茶樹插穗在貯放過程中，有含水量及養分濃度的變化，因此將濃度轉換成總含量，再以增減百分比表示時，較可看出整體的改變。表 6 為青心烏龍插穗貯放後碳水化合物與氮含量之損失百分率，其中葉片的乙醇可溶性糖在第 2 天即減少將近 20%，4 天後即急速減少，第 6 天起即減少一半以上；莖的部分則貯放 1 日以後即減少 20%，但大致上變動較少；葉片中的澱粉含量也會減少，尤其從貯放 4 日起，但枝條內的澱粉含量則明顯增加；總碳水

化合物含量在葉片是到貯放 4 日後才明顯減少，而枝條中之含量則變化較少。如果與扦插成活率比較時，可以發現第 4 日葉片中碳水化合物澱粉與可溶性醣含量開始急速減少時，扦插成活率也迅速降低，顯示青心烏龍插穗貯放過程中葉片中碳水化合物含量與扦插成活率的維持間有密切的關係；而由枝條澱粉含量中可以看出，可能有部分葉片內及枝條本身的可溶性醣，會在此轉換成澱粉，而使其含量增加。在氮的損失上，在乾物重還沒有改變以前，氮的含量即已大量減少，其中葉片在貯放 2 日到 5 日間，氮含量已減少 20%，5 日以後減少超過 30%，枝條在貯放 2 日後更損失達 40%，總計貯放 2 日到 5 日間，植體氮總計損失 20% 左右，6 日後則近 40% (表 6)。台茶 12 號葉片可溶性醣含量損失的趨勢較青心烏龍緩和，比例則略低，而枝條則損失比率較高，葉片中澱粉含量在貯放初期雖然損失較多，但中期則反而較少，而枝條中的澱粉則在貯放 7 日以後才產生損失；以總量看時，葉片中碳水化合物在貯放初期略高於青心烏龍，但後期則反而較低，枝條中含量的損失率則明顯較青心烏龍高。總損失率與葉片中碳水化合物損失率表現極為接近。葉片損失較青心烏龍緩和，而枝條的氮損失量則與青心烏龍相近，植體內總損失量的表現與葉片之表現接近。

表 6. 青心烏龍插穗貯放後碳水化合物及氮總量損失百分率

Table 6. Percent of carbohydrate and nitrogen loss in "Chin-Hsin Oolong" tea cutting shoots after storage.

	碳水化合物 Carbohydrate									
貯放 日數	80% 乙醇可溶性醣		澱粉		總計		總損失量	氮		
	80% EtOH	soluble sugar(%)	Starch(%)		Total(%)		% of total loss	Nitrogen(%)		
Days of storage	葉片 Leaf	枝條 Stem	葉片 Leaf	枝條 Stem	葉片 Leaf	枝條 Stem		葉片 Leaf	枝條 Stem	合計 Total
0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0
1	- 4.1	-19.9	-33.7	+37.1	-11.3	- 4.3	- 9.9	± 0	+ 5.8	+ 0.7
2	-18.2	-24.5	+ 0.7	+45.1	-13.4	- 5.4	-11.8	-18.2	-41.5	-21.8
3	-18.1	-18.8	+14.5	- 7.6	- 9.8	-15.6	-10.6	-18.4	-41.8	-21.9
4	-25.8	-23.2	-38.4	+21.8	-28.9	-10.9	-25.2	-18.1	-36.2	-20.3
5	-37.7	-20.0	-28.5	+37.0	-35.4	- 4.4	-29.0	-20.1	-36.7	-22.6
6	-55.0	-18.9	-29.5	+31.7	-48.6	- 5.4	-39.8	-39.2	-35.7	-38.6
7	-62.8	-17.3	-32.0	+31.1	-55.0	- 4.1	-44.6	-33.2	-25.9	-32.2
8	-56.1	-12.3	-42.4	+ 6.3	-52.6	- 7.2	-43.3	-38.7	-34.8	-38.1

表 8 為青心烏龍及台茶 12 號插穗貯放後葉片內大量無機要素損失率的改變，青心烏龍葉片中磷、鉀含量在貯放 6 日以後有大量的損失，鈣在 5 日而鎂則在 2 日開始即有大量流失。台茶 12 號則較不明顯。由於插穗貯放期間，每日均澆水 2 次，因此無機鹽會經由淋洗而流失，尤其是當細胞膜的半透性消失時更明顯，其中磷、鎂的流失更可以當作細胞崩解或破壞的指標，由此可看出青心烏龍插穗的細胞在貯放期間崩解的速率是遠較台茶 12 號高，加上代表蛋白質含量的氮及碳水化合物的分解較快，因此造成扦插成活率遠較台茶 12 號低且不耐貯放。

茶樹插穗貯放時間對植體內乾物重、碳水化合物、氮及主要無機成分含量之影響

表 7. 台茶 12 號插穗貯放碳水化合物及氮含量損失百分率

Table 7. Percent of carbohydrate and nitrogen loss in "TTES No.12" cutting shoots after storge.

貯放 日數 Days of storage	碳水化合物 Carbohydrate						氮 Nitrogen(%)		
	80% 乙醇可溶醣 80% EtOH soluble sugar(%)		澱粉 Starch(%)		總計 Total(%)		總損失量 % of total loss		
	葉片 Leaf	枝條 Stem	葉片 Leaf	枝條 Stem	葉片 Leaf	枝條 Stem	葉片 Leaf	枝條 Stem	合計 Total
0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0
1	-15.0	-37.2	-24.3	+35.1	-17.4	-19.1	-17.9	+ 1.4	+ 0.7
2	- 8.7	-43.2	+35.2	+ 6.7	-15.5	-30.1	-20.2	-13.8	-37.2
3	-22.2	-45.8	+16.6	+ 3.6	-20.8	-33.4	-24.6	-23.3	-42.8
4	-23.3	-39.0	-27.9	+16.1	-24.4	-25.3	-24.7	-16.1	-43.1
5	-27.4	-32.1	-10.3	+14.0	-23.0	-20.5	-22.3	-12.4	-41.7
6	-38.1	-39.0	- 8.6	+16.2	-30.5	-25.3	-28.9	-18.9	-43.0
7	-46.5	-25.5	-42.4	-31.8	-45.4	-25.8	-39.4	-31.1	-44.9
8	-49.9	-25.2	-49.3	-27.8	-48.7	-26.1	-37.6	-18.8	-30.5

表 8. 茶樹插穗貯放時間對葉片無機成分含量之影響

Table 8. Effect of storage on mineral nutrient content of tea leaf.

品種 Cultivar	貯放時間 Days of storage	磷 % Phosphorus	鉀 % Potassium	鈣 % Calcium	鎂 % Magnesium	合計 Total
青心烏龍 Chin-Hsin Oolong	0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0
	1	+ 4.7	+ 5.3	+ 1.9	-18.4	+ 2.0
	2	- 1.6	+12.0	- 8.9	-42.9	+ 0.7
	3	+ 1.5	- 9.7	- 3.7	-32.1	- 8.6
	4	± 0.0	- 4.4	-13.4	-26.9	- 8.6
	5	+ 2.0	- 4.0	-17.2	-29.3	- 9.7
	6	-29.8	-30.8	-28.1	-47.4	-31.0
	7	-21.1	-20.6	-29.5	-53.6	-25.8
	8	-25.2	-25.3	-38.5	-55.4	-31.6
台茶 12 號 TTES No. 12.	0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0	± 0.0
	1	- 4.6	- 1.6	- 3.6	- 8.7	- 2.8
	2	+ 1.2	- 2.6	-10.9	-13.4	- 5.9
	3	- 3.8	+ 2.9	- 7.3	- 8.3	- 2.5
	4	- 2.5	+ 7.4	-10.6	-17.1	- 0.6
	5	+ 1.6	- 2.2	-13.6	-13.9	- 6.8
	6	-10.4	+ 6.4	-15.2	-25.8	- 4.2
	7	-22.6	-15.6	-15.2	-24.7	-16.2
	8	-17.7	- 6.8	-15.5	-14.5	-11.1

致 謝

本篇承陳月裡小姐、曾玲蓉小姐、林純霞小姐協助分析樣品，謹此致謝。

參考文獻

1. 馮鑑淮. 1984. 茶樹扦插研究成果與全省育苗管理調查報告. 台灣茶業研究彙報. 3:157-174.
2. 蔡俊明、陳右人. 1993. 茶樹插穗貯放時間對扦插成活率與扦插苗生長之影響. 台灣茶業研究報. 13:1-8.
3. Evans, H. 1952. Physiological aspects of the propagation of cacao from cutting. Proc 13th. Inter. Hort. Cong. 2:1179-1190.
4. Hartmann, H. T. and D. E. Kester. 1983. Plant Propagation, Principle and Practices. by Prentice-Hall Inc. p. 307-308.
5. Kaundal, G. S. and M. Singh. 1987. Periodic metabolic changes as influenced by IBA induced rhizogenesis in sand pear (Pyrus pyrifolia Burn). Plant Physiol. 30:284-288.
6. Loach, K. 1977. Leaf water potential and the rooting of cuttings under mist and polyethene. Physiol. Plant. 40:191-197.
7. Purushotham, K., U. V. Sulladmath. and S. Vishveshwa. 1986. Biochemical status of coffee suckers and its reaction to rooting. Indian Agr. 30:67-74.
8. Rajagopal, V. and S. Anderson. 1980. Water stress and root formation in pea cutting. Physiol Plant. 48:144-149.
9. Strance, J., K. Makovec., V. Fric. and J. Pazourek. 1988. Determination of suitable temperature and moisture regimes for long-term storage of rooted hop cutting. Rostlinna Vyroba 34:717-722 (cited in Hort. Abs. Vol 59. No. 2417).
10. Wang, Y. T., K. H. Hsiao and L. L. Gregg. 1992. Antitranspirant, water stress, and growth retardant influence growth of golden pothos. Hort Science 27:222-225.

Effect of Storage Duration on Dry Weight, Carbohydrate, Nitrogen and Mineral Nutrients Content of "Chin-Hsin Oolong" and "TTES No. 12" (Camellia sinensis L.) Cutting Shoot.

Iou-Zen Chen · Chun-Ming Tsai¹

Summary

Dry weight, Carbohydrate, nitrogen and mineral elements of "Chin-Hsin Oolong and "TTES No. 12" cutting shoots was analyzed after storage. Stem dry weight of "Chsin-Hsin Oolong" increased slightly but no influenced of "TTES No. 12." during storage. Leaf dry weight decreased sharply after storaged 5 days and 7 days of "Chin-Hsin Oolong" and "TTES No. 12." respectively, cutting survival rate decreased sharply too in the meanwhile. It shown that leaf dry weight content was very close related to cutting survival rate. Nutrients content of "TTES No. 12." were higher than "Chin-Hsin Oolong" except leaf magnesium content. During storage , 80% etoh soluble sugar content of shoot and nitrogen content of stem decreased significantly, but only slightly change of starch content, moreover would increase in stem. There were no significant chang of macro-mineral nutrients content of leaf. Total amount of all the nutrients in the shoot, except starch content of stem, would significant loss, because of the dry weight loss of cutting. The ratio of nutrients loss in leaf of "TTES No. 12.", which had higher suvival rate, was lower than those of "Chin-Hsin Oolong", It's shown the leaf protection and decrease nutrients loss of cutting shoot were very important practices in tea cutting.

Key word: Tea, Cutting, Storage, Carbohydrate, Minerals

1. Senior Agronomist and Associate Assistant of Taiwan Tea Experiment Station, Yangmei Tauyuan, Taiwan, R. O. C.

缺水對茶樹葉片光合組織光 反應能力之影響

陳國任¹ 蔡文福²

摘 要

四年生鉢植茶樹放置於日／夜溫度為 30／25℃ 之人工控制氣候室中生長，每天灌溉 200毫升(正常處理)或每天只灌溉20毫升，使土壤逐步缺水。當葉片水勢降至 -1.4~-1.6MPa時(輕度缺水)，快相螢光釋放 F_p 及 F_m 值與正常葉片(-0.7Mpa)比較差異不明顯，表示PSII氧化端水分裂解系統及還原端接受電子之能力不受影響。當葉片水勢降至-2.4~-2.5MPa時(中度缺水)， F_m 值不變， F_p 值上昇， $\Delta F_p (=F_m-F_p)$ 值下降，顯示PSII還原端電子傳遞部分受到抑制。葉片水勢降至-4.0MPa時(嚴重缺水)， F_m 及 F_p 值皆下降，顯示 Q_A 接受或放出電子之能力已受嚴重抑制，同時PSII量子生產效率(Φ_2)也受到影響。葉片水勢降至 -5.5MPa時，快相螢光釋放曲線中 F_I 、 F_D 及 F_p 點完全消失，同時 $(F_0)_{685}$ 值下降，葉片捕光色素系統已無法將光能傳遞至反應中心。

關鍵字：葉片水勢、缺水、螢光、水分裂解系統、量子生產、捕光色素系統、光合組織

前 言

水分是作物生長必需之物質，是構成細胞原生質重要成分，也是植物體內各種物質移動之媒介，同時各種生理及代謝作用，均在水溶液中進行。缺水引起葉片水勢下降，導致光合作用效率的改變(Hsiao 1973)，使二氧化碳固定效率(Kaiser et al. 1981)、Hill反應能力(Boyer 1971, Matorin et al. 1982)、氧氣釋放速率(Mohanty and Boyer 1976)及ATP合成(Younis et al. 1979)下降。

植物光合組織照光後，捕光色素系統(light harvesting pigment system)截取之光能中，正常情況下大部分(85%)用於光合作用之進行，產生碳水化合物提供植物生長所需；另外，

1.茶業改良場台東分場分場長

2.台灣大學農藝系教授

12%光能以熱的形式及 3%光能以螢光 (fluorescence) 形式釋放 (Kulandaivelu & Daniell 1980)。當光能被吸收傳遞至光反應中心時，葉綠素a分子接受一個光子而呈激發狀態(excited state)，但通常不穩定，必須快速地將能量光解(photolysis)水分子，以奪取其電子並傳遞至PSII第一個電子接受者 Q_A ，再經由PSII及PS I 電子傳遞過程中，伴隨產生ATP及還原物質如NADPH、ferredoxin，提供暗反應之需。然而當 Q_A 呈還原狀態(reduced state)時，由於無法繼續接受來自反應中心之電子，此時激發狀態之葉綠素a很快地將所吸收之能量以螢光或熱的形式釋放，回到正常低能狀態。由於反應中心包含PSII及PS I 兩個部分，所以可將螢光釋放波長區分為兩種，其中大部分來自PSII葉綠素a(P_{680})，在波長685~695nm出現一個螢光釋放高峰；而較小部分來自PS I 葉綠素a(P_{700})，在波長700~740nm出現另一個高峰(Bradbury and Baker 1981, Vredenberg & Slooten 1967)。

近年來葉綠素a 螢光釋放之測定廣泛地應用於植物生理的研究領域裡 (Krause & Weis 1984, Schreiber 1983)，以探討與光合作用有關之問題，譬如螢光釋放變化量與氧氣釋出(Bradbury and Baker 1981, Walker et al. 1983)、二氧化碳固定 (Ireland et al. 1984, Ogawa 1982, Walker et al. 1983)及其他光化學反應等。另外，螢光測定最大的優點是可在生體內(*in vivo*)或不破壞組織之情況下來探討植物在逆境下，包括缺水(Bjorkman & Powles 1984, Govindjee et al. 1981, Hetherington et al. 1982, Hetherington & Smillie 1982)、冷害 (Hetherington & Smillie 1983)、鹽害 (Smillie & Nott 1982)、熱害 (Schreiber & Armond 1978, Smillie & Gibbons 1981) 等環境因子對光合作用之影響。

本省茶園70%以上分佈在緩坡或陡坡地，在實施茶園灌溉作業上，遭遇水源取得困難與水量不足的困擾，茶樹芽葉產量及製茶品質往往受到某種程度之影響。茶樹在缺水環境下或葉片水勢下降時如何影響葉綠素 a螢光釋放反應，尚無研究報告可供參考，但在 *Borya nitida* (Hetherington & Smillie 1982)、大豆 (Powles et al. 1980)、豌豆子葉 (Christina et al. 1985)、白扁豆 (*Dolichos lablab*) (Bukhov et al.)，*Digitalis lanata* (Thomas et al. 1988)、棉花 (Genty et al. 1987) 等植物均有一系列的研究。本試驗即先觀察盆栽茶樹在限水處理後葉片水勢之變化狀況、及對葉片葉綠素a快相螢光釋放量的影響，以進一步了解缺水處理對茶樹葉片之傷害程度以及對光合作用之影響。

材料與方法

以台灣省茶業改良場育成之台茶12號(別名金萱)為參試品種，選擇健壯扦插苗，利用楊梅埔心之紅壤土，混合有機肥料(紅壤土：有機肥=20：1)定植於1/20m²之塑膠鉢。定植三年樹冠形成後於冬季加以剪枝，每一枝條留二本葉(flush leaf)，移入台灣大學人工控制氣候室日/夜溫為30/25℃，俟三月上旬枝條頂端本葉之腋芽膨大、鱗葉展開後進行二組不同灌溉處理：一組為正常灌溉量處理，於每日傍晚每鉢供水200毫升，維持土壤含水量在田間持水量附近；另一組為缺水處理，每鉢每日供水20毫升，使土壤逐步缺水，處理期間為60天，每鉢選擇10個腋芽掛牌標識，每一枝條上第一葉片留置供作腋芽發育之觀察，第二葉片摘查及測定下列項目：一水勢測定

缺水處理後每隔三天於傍晚時刻取枝條上葉片，靠近葉基一公分處切取1cm²葉圓片，以 Wescor HR-33T Dew Point Microvoltmeter 測定葉片水勢 (leaf water potential)。

二葉綠素a 快相螢光釋放測定

靠近葉中央處取 10cm^2 之葉圓片，在暗中將一組葉圓片浸於 10^{-4}M 達有龍 (diuron, 3-(3,4-dichlorophenyl)-1, 1-dimethylurea) 溶液，一組浸於純水溶液，在玻璃鐘下抽氣減壓，以利藥劑浸入葉片，經1.5小時後，將葉片擦拭乾淨，移入測定室內測定螢光。每隔一天取樣一次，每次六葉片，取樣時間均在早上八至十時。螢光測定所需儀器及步驟如圖1，其中電源開關分為人工控制及電腦程式控制兩種，由於快相螢光測定過程時間很短（數秒以內），同時 F_0 值之測定時間極短（ $10\sim 50\text{ms}$ ），因此必須利用電腦程式控制電源快門 (shutter)；光源強度之調節為無段式，可依試驗需要採用適當光源強度。本試驗以光源強度 $400\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 測定 F_p 值，葉圓片經液態氮處理 (-196°C) 後測定 F_m 值。本試驗光源採用鎢絲鹵素燈，並以藍光濾色鏡 (blue filter) 過濾，讓波長 $400\sim 430\text{nm}$ 光線透過，光照時間由快門控制，為了求得光照時間之準確性，以電腦程式控制6秒光照時間，求得螢光快相釋放圖，以 60ms 光照時間求得 F_0 值。樣品測定室底層為二氧化碳供給處，加入 $0.95\text{ml } 1\text{N NaHCO}_3$ 液及 $0.05\text{ml } 1\text{N Na}_2\text{CO}_3$ 液，可保持5%二氧化碳濃度 (Delieu & Walker 1981)；上層為樣品層，以水流控制溫度為 25°C ，光源從測定室一側以 45° 角照入，而螢光從另一側以 45° 角測定。為了避免其他波長光線之干擾，以波長 $685\sim 695\text{nm}$ 或 $700\sim 740\text{nm}$ 紅光濾色鏡濾過，釋放之螢光 (PSII及PSI) 以螢光測定器 (fluorescence detector, Hansatech) 檢測，並由10段式增幅器 (amplifier) 調整訊號之大小，本試驗設定在第五段，以利記錄器繪圖顯示在螢幕上，並輸入電腦記憶體內存檔。

茶樹恢復供水後，每天亦取樣 6 葉片測定螢光釋放，另外不同缺水程度葉片同時測定 F_{685} 及 F_{740} 之螢光量，以 $(F_m)_{685}/(F_m)_{740}$ 比值作為PSII及PSI 能量傳遞之指標 (Kitajima & Butler 1975)。同時以 $\Phi_2 = 1 - (F_0/F_m)$ 值作為PSII量子生產 (quantum yield of PSII) 之指標。

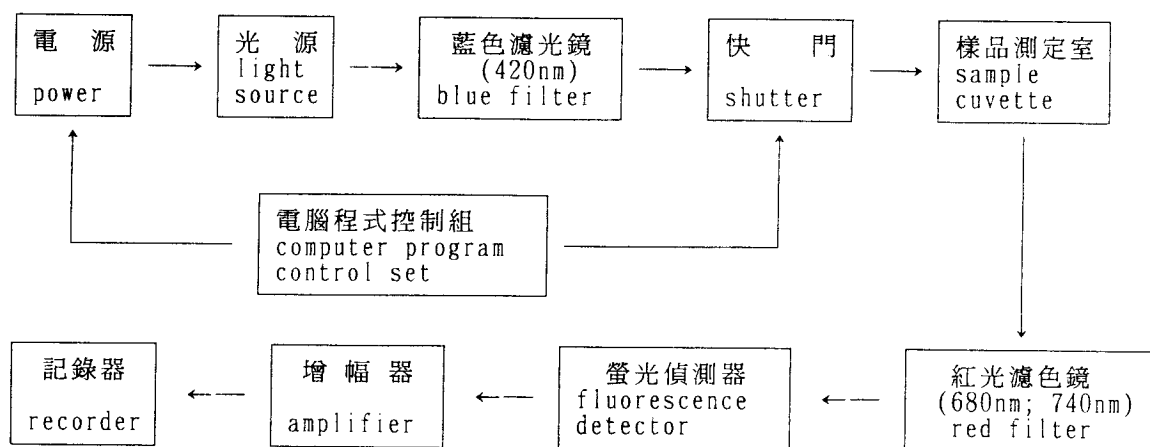


圖 1. 葉綠素a螢光測定儀器及流程

Fig.1 Flow chart showing procedure and equipments for measuring chlorophyll a fluorescence

不同葉片水勢在 200 、 400 、 800 、 1200 、 1600 、 $2000\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 等光強下其 F_m 值之變化亦加以測定，以探討PSII氧化端水分裂解系統在不同光強下之能力。

三葉綠素含量測定

秤一公克芽葉鮮重，切碎後加一公克 pvpp (polyvinyl polypyrrolidone) 在80°C水浴中用 80%乙醇萃取，濾液倒入離心管，離心後倒入定量瓶，用 80%乙醇定量至50毫升。然後取5 毫升抽出液加 5毫升乙醇，測其在波長 665nm之吸光值，利用公式換算葉綠素含量 (Holden 1976)。

結果與討論

葉綠素a螢光釋放曲線依其測定方式可分為快相(fast phase) 及慢相(slow phase)兩種型式。快相是用以探討光合成組織、光合成細胞或葉綠體等經短時間照光後(1~6秒)之最初光反應能力(Oquist & Wass 1988)，包括光能傳遞、水分裂解及電子傳遞能力(Schreiber 1983)。快相之螢光釋放曲線，包括 F_0 、 F_I 、 F_D 、 F_{R1} 、 F_p 、 F_m 六種訊息 (參考圖2)，依Krause和Weis (1984)、Papageorgiou (1975)之解釋分述如下：

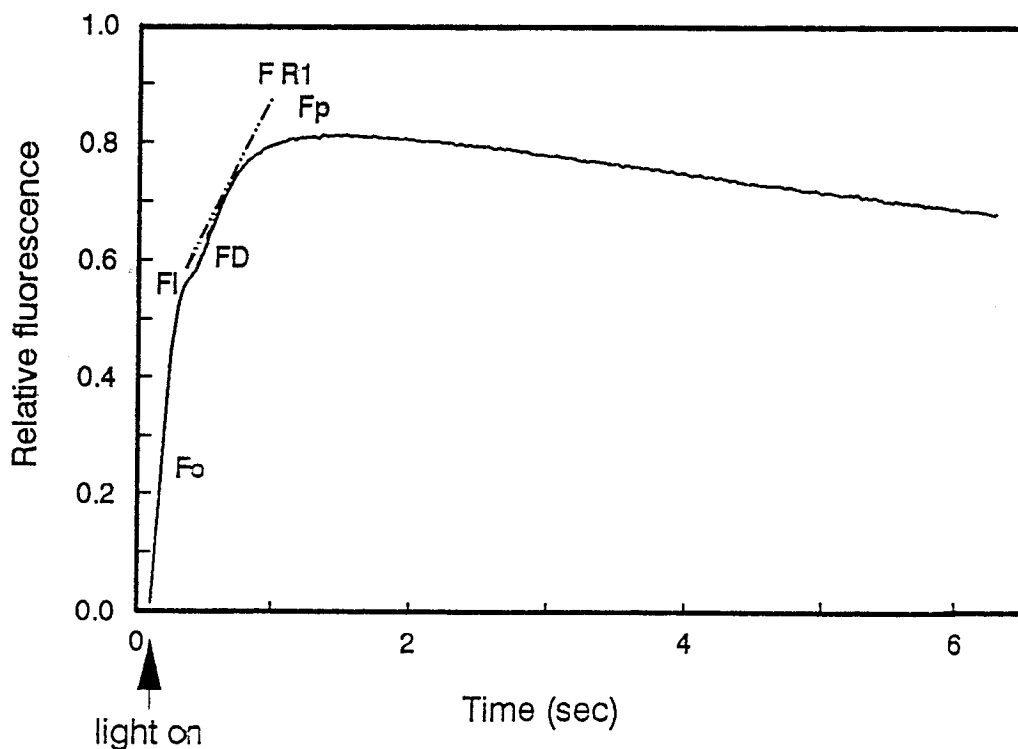


圖 2. 茶樹正常葉片(水勢為-0.6~-0.8 MPa)照光6秒之快相螢光釋放圖

Fig.2 Characteristics of fast fluorescence induction kinetics of normal tea leaves ($\psi_{leaf} = -0.6 \sim -0.8 \text{ MPa}$) during 6 seconds of illumination F_0, F_I, F_D, F_{R1} and F_p are defined in the section of results and discussion

F_0 ：螢光釋放基準點(constant fluorescence)，即光合作用器官或組織經照光後捕光色素系統未將其激發子(exciton)傳遞至反應中心時所釋放的螢光量。 F_0 的高低受PS I 及PS II捕光色素激發子的起始密度(initial density)的影響，也受PS I 及PS II捕光色素系統間與捕光色素系統內能量傳遞及傳遞至反應中心之能力的影響。

FI：瞬間照光後 Q_A 呈部分還原狀態時所釋放之螢光量。

FD：瞬間照光後PS I 接受電子使 Q_A 呈氧化狀態時所釋放之螢光量。

FR1：螢光釋放量上升速率(the initial rate of fluorescence rise)

Fp：螢光釋放量第一個峰點(the first peak of fluorescence induction)，正常情況下其值低於 F_m 值。

F_m ：一定光強下最高螢光釋放量(maximum fluorescence)，即一定光強下達有龍藥劑處理之螢光釋放量。

F_v ：即高於 F_o 點所測得之螢光釋放各項變化量(variable fluorescence)。 $F_v = F - F_o$ (F指FI、Fp或 F_m)。

F_{685} ：PSII反應中心葉綠素a螢光釋放量。

F_{740} ：PS I 反應中心葉綠素a螢光釋放量。

一、缺水對茶樹葉片捕光色素系統之影響

(F_o)₆₈₅值反映激發子未傳遞至反應中心捕光色素系統所釋放之螢光(Mathis & Paillotin 1984)，亦即當PSII第一個電子接受者 Q_A 呈氧化狀態時所釋放之螢光量，所以(F_o)₆₈₅螢光量與光化學反應是獨立的。通常(F_o)₆₈₅螢光量又稱為起始螢光量(initial fluorescence)，其大小值不受缺水反應之影響；然而茶樹葉片水勢降至-4.0MPa時，(F_o)₆₈₅值增加，而降至-5.5MPa時則(F_o)₆₈₅值顯著下降。Bilger和Schreiber(1986)、Dietz等(1985)指出，一般植物(F_m/F_o)平均值為5，而正常茶樹葉片此值稍低於5，當葉片水勢降至-5.5MPa時，葉片及葉柄出現褐色斑點，同時葉綠素含量下降，其(F_o)₆₈₅值為0.15，已顯著下降，此與捕光色素系統之捕光能力下降有關(Papageorgiou 1975)。Schreiber 和Betty(1977)指出熱處理植物葉片 F_o 值增加；Govindjee等(1981)指出 *Nerium oleander* 之 F_o 值不受缺水反應之影響；然而茶樹葉片水勢降至-4.0MPa時，(F_o)₆₈₅值增加，而降至-5.5MPa時則(F_o)₆₈₅值顯著下降。Bilger和Schreiber(1986)、Dietz等(1985)指出，一般植物(F_m/F_o)平均值為5，而正常茶樹葉片此值稍低於5，當葉片水勢降至-5.5MPa時，此值更低至2.5左右。

表 1. 茶樹葉片在不同缺水程度下對快相螢光測定值之影響

Table 1. Effect of different water status of tea leaves on the fast chlorophyll a fluorescence induction

leaf water potential (-MPa)	Treatment	F_o	Fp or F_m	F_m/F_o	ΔF_p	FR1 difference(%)	chlorophyll content (mg/gFW)
0.7±0.18	-Diuron +Diuron	0.22±0.01 —	0.78±0.06 0.95±0.04	4.32±0.12	0.17±0.02	100	1.28±0.04
1.5±0.22	-Diuron +Diuron	0.21±0.01 —	0.80±0.03 0.98±0.05	4.67±0.14	0.18±0.01	98±0.02	1.30±0.05
2.5±0.32	-Diuron +Diuron	0.20±0.01 —	0.90±0.02 0.98±0.03	4.90±0.18	0.08±0.01	95±0.06	1.26±0.06
4.0±0.32	-Diuron +Diuron	0.28±0.01 —	0.60±0.02 0.75±0.03	2.68±0.08	0.15±0.01	94±2.14	1.25±0.05
5.5±0.36	-Diuron +Diuron	0.15±0.01 —	0.32±0.01 0.38±0.01	2.53±0.10	0.06±0.01		1.06±0.07

F_o 、 F_p 、 F_m 、FR1(說明如圖2)

二、缺水對茶樹葉片光合組織PSII氧化端供給電子及還原端接受電子能力之反應

由於 F_p 值同時受到PSII氧化端供給電子及還原端接受電子之間平衡之影響(Papageorgiou 1975)，螢光釋放量上升斜率(FR1)受到PSII氧化端水分裂解系統之影響(Schreiber 1983, Hetherington & Smillie 1982)，FI-FD曲線受到PSII還原端接受電子能力之影響(Wiltens et al. 1978)，因此可藉達有龍處理後測定 F_m 及 $\Delta F_p (=F_m - F_p)$ 之變化，探討缺水對PSII氧化端及還原端電子傳遞之能力。茶樹在正常灌溉下葉片水勢介於 $-0.6\text{MPa} \sim -0.8\text{MPa}$ ，其快相螢光釋放曲線中FI、FD、 F_p 點甚為明顯，且FI值(圖3B)及FR1值較高(表1)，此與葉片瞬間照光($<100\text{ms}$)PSII氧化端水分裂解系統活性有著密切的關係；正常葉片 $F_m = 0.95 \pm 0.04$ 、 $F_p = 0.78 \pm 0.06$ 、 $\Delta F_p = 0.17 \pm 0.01$ ，其中 ΔF_p 值可作為PSII還原端電子傳遞能力之比較。

當茶樹限量灌溉後，葉片水勢逐漸降至 -1.5MPa 左右時，其快相螢光釋放之各項測值與正常葉片比較差異不大(表1)，顯示輕微缺水($-1.4 \sim -1.6\text{MPa}$)PSII氧化端水分裂解系統及還原端電子傳遞之能力不受到影響；當葉片水勢降至 -2.5MPa 左右時(中度缺水)，其FI-FD曲線較不明顯(圖3B)，FR1及 F_m 與正常葉片之差異不大，但 F_p 上昇而 ΔF_p 下降；據Krause (1973)指出，葉片在短時間照光(6秒)其 F_p 之上昇不受囊狀體膜氫離子濃度梯度之影響，由於茶樹葉片在 -2.5MPa 時其 F_m 不變，因此 F_p 值之上昇顯示 Q_A 氧化還原程度與PSII還原端電子傳遞速率部分受到抑制有關。在柳樹(Orgren & Oquist 1985)、*N. oleander* (Bjorkman & Powles 1984; Govindjee et al. 1981)和玉米(Havaux & Lannoye 1983)缺水程度與 F_m/F_o 值之變化與葉片水勢非呈直線關係。在茶樹葉片中度缺水時，其 F_m 不變， F_p 值反而略為上昇，而 ΔF_p 值下降，所以無法單以 F_p 值作為缺水對光化學作用效率之指標，必須同時考慮 F_m 及 ΔF_p 值之變化。

當茶樹葉片水勢降至 -4.0MPa 時(嚴重缺水)，FR1比正常葉片降低26%， F_m 值降低至0.75(表1)，顯示PSII氧化端水分裂解系統已部分受到抑制，同時FI-FD曲線消失， F_p 點之後螢光釋放曲線呈水平狀態，顯示PSII Q_A 之後繼電子接受者PQ醌庫(plastoquinone pool)促使 Q_A 呈氧化狀態之能力已下降。 Q_A 呈還原狀態之程度高，因而使捕光色素系統吸收之光能以螢光形式釋出。換句話說， Q_A 接受電子或放出電子之能力，因葉片水勢大幅下降而遭受抑制。此與部分學者之報告認為中度缺水影響向日葵(Keck & Boyer 1974)、棉花(Fry 1972)、*N. oleander* (Bjorkman & Powles 1984)PSII氧化端活性(Hetherington & Smillie 1982)的結果不同。

當葉片水勢降至 -5.5MPa 左右時，快相螢光釋放曲線中FI、FD、 F_p 點已完全消失，同時 $(F_o)_{685}$ 值0.15也下降，顯示葉片捕光色素系統將光能傳遞至反應中心之能力下降， Q_A 已不呈還原狀態，同時 F_m 、 F_p 、 F_m/F_o 值下降及FI-FD曲線消失，PSII氧化端或還原端之電子傳遞不存在，此時光合組織已遭到破壞。

另由 F_o -FI-FD- F_p 曲線觀察，當葉片水勢降至 -1.5MPa 時，快相螢光釋放 F_o -FI、FI-FD、FD- F_p 三個階段仍顯而易見，而葉片水勢降至 $-2.5 \sim -4.0\text{MPa}$ 左右時，只呈現 F_o -FI、FD- F_p 二個階段(圖3B)，由於FI-FD曲線隨著葉片水勢下降而逐步消失，顯示中度缺水才會影響茶樹葉片光合組織PSII還原端電子傳遞之速率。而當葉片水勢至 -4.0MPa 左右時，始影響PSII氧化端水分裂解系統能力之降低，造成 F_m 及FR1值之下降；所以茶樹缺水對光合作用光反應之影響與葉片水分狀態有密切關係，其中以PSII還原端電子傳遞速率對缺水反應

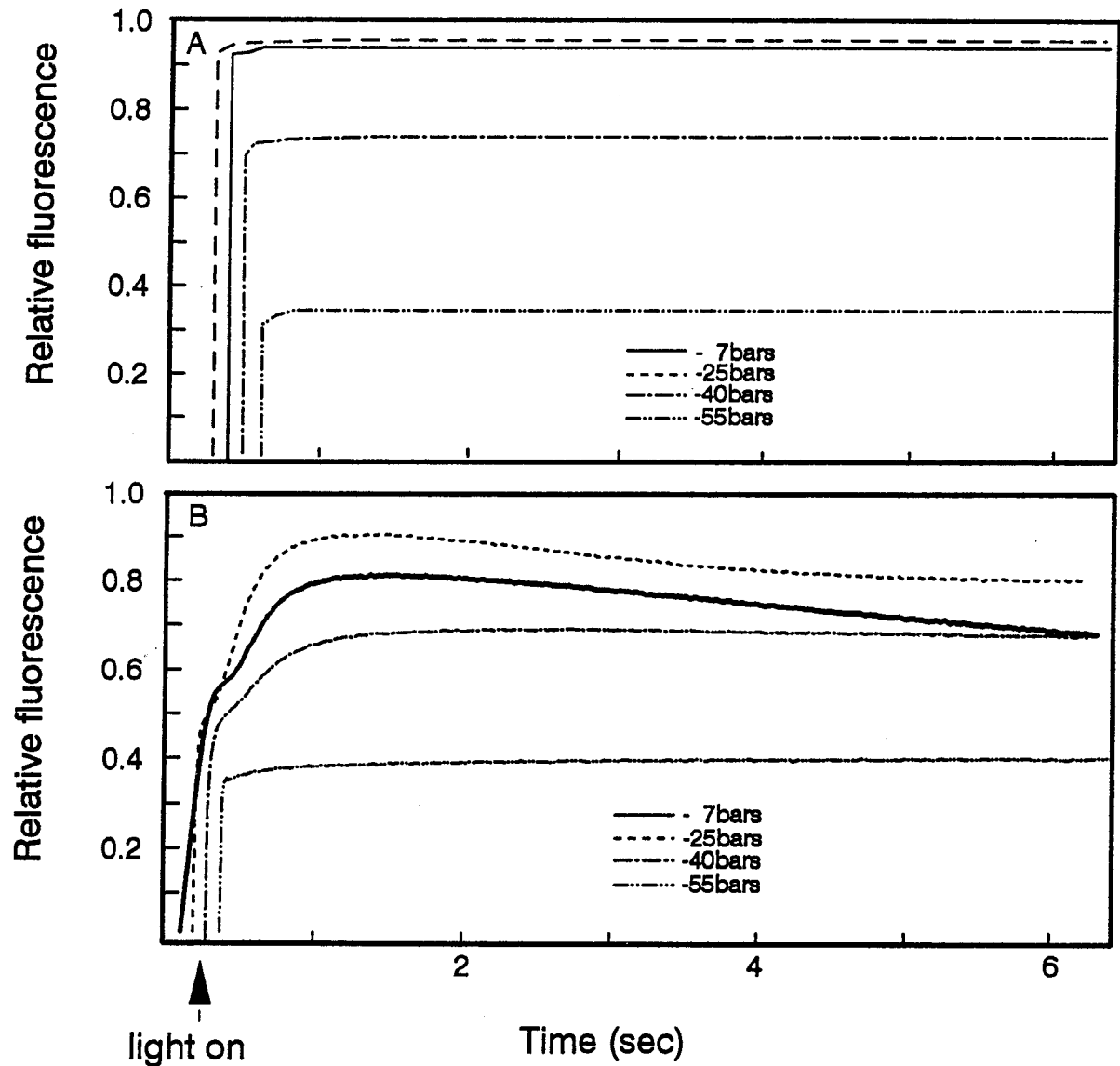


圖 3. 不同缺水程度茶樹葉片之快相螢光釋放圖

A: 10^{-4} M 達有龍處理 B: 不加達有龍處理

Fig.3 Fast fluorescence induction curves of tea leaves under different degrees of water stress

A: $+10^{-4}$ M diuron B: -diuron

較為敏感，PSII 氧化端次之，而以囊狀體膜上之捕光色素系統之完整性最能忍受缺水反應。Hetherington和Smillie (1982)指出， F_p 及 F_R 值下降乃為葉綠素含量減少所致，在其含量未減少之前，螢光釋放量仍持續著；然而本試驗結果指出，當茶樹葉片水勢降至-4.0MPa時，葉片葉綠素含量仍未明顯減少(表 1)， F_p 及 F_R 值之下降可能與囊狀體膜不完整導致水分

裂解系統能力下降有關。雖然缺水如何影響光合作用之進行，至今仍眾說紛紜，但從以上試驗結果指出，缺水導致光合作用效率之下降與光反應PSII受到抑制有關，此與Keck和Boyer (1974)、Powles (1984)等人之研究結果一致。

綜合以上試驗結果，茶樹葉片水勢降至 -4.0MPa 左右時始導致 $(F_o)_{685}$ 值之上昇，降至 -5.5MPa 時 $(F_o)_{685}$ 值才下降，顯示茶樹葉片需在嚴重缺水時才會明顯影響光能之吸收及傳遞。
三、茶樹缺水處理後恢復供水對PSII活性之影響

缺水之茶樹植株恢復供水後，其PSII活性恢復能力視其缺水程度而定，也與葉位有關。茶樹缺水處理至葉片水勢降至 -2.5MPa 時，恢復供水後二天，螢光釋放曲線 F_o 、 F_I 、 F_D 、 F_p 點已甚明顯，恢復供水後三天 F_p 點已達正常狀態(圖4A)，螢光釋放量已趨穩定，由 F_p 點之後螢光釋放曲線下降斜率及 $F_I - F_D$ 曲線在恢復供水後即刻出現，顯示PSII還原端電子傳遞能力恢復很快，此與Wiltens等(1978)之結果一致。然而當茶樹葉片水勢降至 -4.0MPa 再恢復供水後二天，螢光釋放曲線中 F_I 、 F_D 點不甚明顯(圖4B)，供水後三天， F_p 值雖可達正常者之90%，但到達 F_p 點所需之測定時間較長，亦即其釋放速率較慢，顯示較嚴重缺水導致囊狀體膜結構上的改變，使 Q_A 及 PQ 之完整性尚無法恢復正常狀態，因而造成電子傳遞之遲滯現象。Crofts 等 (1967)、Dilley 和 Vernon(1964)、Itoh 等(1963)指出電子傳遞之遲滯現象影響光合作用之進行，恢復供水一週後，其恢復能力有限，此可能與缺水過程中葉片老化效果(senescence effect)有關(Hetherington & Smillie 1983)。此時葉片表面失去光澤為最明顯的特徵，質地生硬，頂芽呈對口狀，生長停滯，必須將樹冠適當剪枝，俟新梢或枝條上不定芽長出後始能恢復茶樹之生長相。Govindjee 等(1981)指出，*N. olerander* 植株之葉片水勢降至 -3.9MPa 時， F_p 值接近 F_o 值，降至 -4.0MPa 以下，其 F_p 值很難恢復；而在茶樹當其葉片水勢降至 -4.0MPa 時， F_p/F_o 值仍達2.14，恢復供水後三天其 F_p 值仍有恢復的能力。

當茶樹葉片水勢降至 -5.5MPa 左右再恢復供水三天，其 $F_I - F_D$ 曲線不復出現， F_p 值只達正常之40% (圖 4C)，此時葉片中肋附近已出現褐化，葉面呈黃褐色，葉片掉落嚴重。由茶樹植株缺水及恢復供水後螢光釋放情形，可知輕度缺水雖會影響PSII還原端電子傳遞速率， F_p 值昇高，但恢復供水後，可迅速恢復其能力；嚴重缺水處理時，始影響PSII氧化端部分，使 F_m 值降低，恢復供水後已難於短期完全恢復其能力。葉片水勢降至 -5.5MPa 時已影響捕光色素系統及傳遞光能之能力，恢復供水後也無法恢復其能力。

四、缺水對茶樹葉片PSII及PS I 間能量傳遞之影響

在光能傳遞過程中Kitajima和Butler(1975)以 $(F_m)_{685}/(F_m)_{740}$ 作為能量傳遞之指標(index of energy transfer)。根據表2 資料顯示，茶樹葉片水勢介於 $-0.7 \sim -4.0\text{MPa}$ 時，其 $(F_m)_{685}/(F_m)_{740}$ 值維持不變，表示茶樹葉片不因缺水而影響PSII能量傳遞至PS I；雖然葉片水勢降至 -4.0MPa 時， $(F_m)_{685}$ 及 $(F_m)_{740}$ 值均已明顯下降，但並不影響其比值，此一結果與Genty等(1987)指出棉花缺水並不影響PSII及PS I 間能量傳遞之結果是一致的。在PSII量子生產效率($\Phi_2 = 1 - (F_o/F_m)$)方面，正常葉片為 0.77 ± 0.06 ， -2.5MPa 葉片為 0.80 ± 0.06 ，差異不顯著；而當葉片水勢降至 -4.0MPa 左右時，其值降為 0.63 ± 0.08 ，顯示當PSII氧化端水分裂解系統遭受部分抑制時，PSII量子生產效率已受到影響；葉片水勢降至 -5.5MPa 時，其值降至 0.32 ± 0.03 ，PSII量子生產已明顯地下降。據Malkin等(1981)指出，大多數植物其 $(F_o/F_m)_{685}$ 值低於0.3，換言之 Φ_2 值高於0.7，但在某些物種 $(F_o/F_m)_{685}$ 值高於0.5。本試驗結果，茶樹葉片水勢降至 -4.0MPa 以下時， (F_o/F_m) 值始高於0.3 (表 2)，此

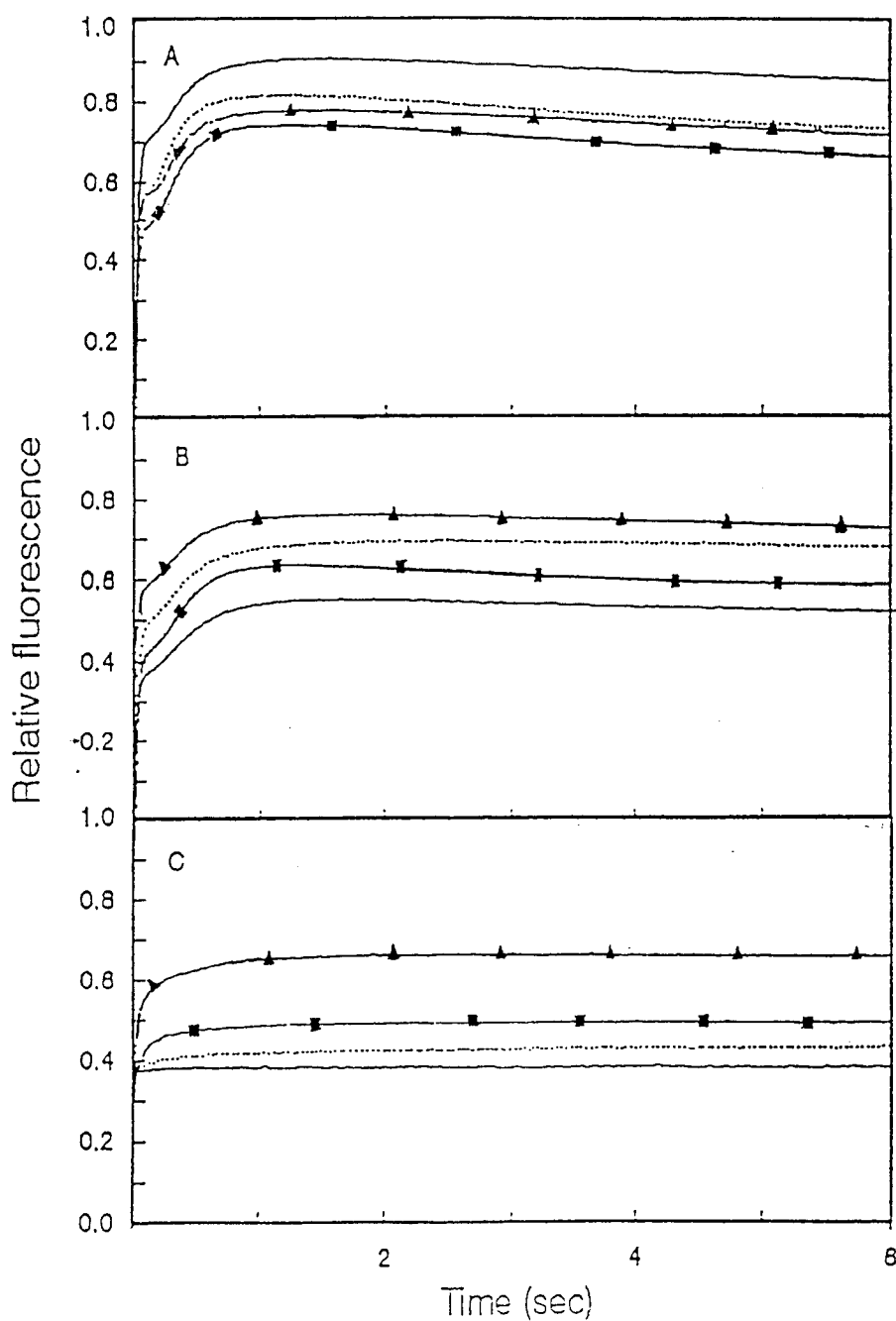


圖 4. 茶樹植株缺水恢復供水後0天(—), 一天(···), 二天(■)及三天(—▲—)葉片快相螢光釋放圖。恢復供水前葉片之水勢為-2.5 MPa(A), -4.0 MPa(B)及-5.5 MPa(C)

Fig.4 Fast chlorophyll a fluorescence induction in water stress tea leaves irrigated for 0 day(—), 1 day(···), 2 days(■) 3 days(—▲—) of tea leaves were -2.5MPa(A), -4.0MPa(B) and -5.5 MPa(C) before irrigation

表 2. 茶樹缺水處理對葉片起始和最高螢光釋放量，PSII和PS I 間能量傳遞及 PSII 量子生產之影響

Table 2. Effect of water stress of tea plant on the initial and maximum fluorescence, energy transfer between PSII and PSI and quantum yield of PSII.

Parameter	Leaf water potential (- MPa)				
	0.6	1.5	2.5	4.0	5.5
(Fo) ₆₈₅	0.22	0.21	0.20	0.28	0.15
(Fm) ₆₈₅	0.95	0.98	0.98	0.75	0.22
(Fo) ₆₈₅ /(Fm) ₆₈₅	0.23	0.22	0.20	0.37	0.68
(Fm) ₇₄₀	0.41	0.40	0.42	0.32	—
(Fm) ₆₈₅ /(Fm) ₇₄₀	2.36	2.40	2.34	2.36	—
Φ_2	0.77	0.78	0.80	0.63	0.32

$$\Phi_2 = \text{quantum yield} = 1 - (F_o/F_m)_{685}$$

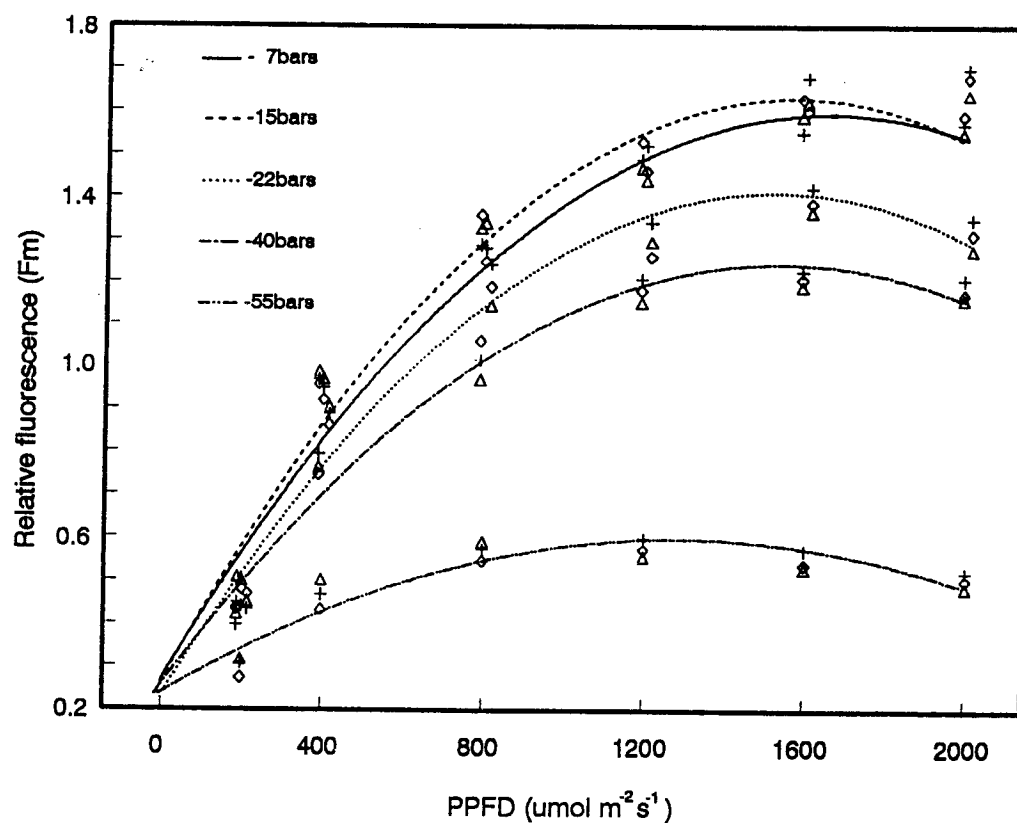


圖 5. 茶樹葉片在不同葉片水勢及光強下最高螢光釋放量之變化

Fig.5 Changes of maximum fluorescence at different light intensity under different leaf water status of tea plant

乃由於 F_o 值升高及 F_m 值下降所致。當茶樹葉片水勢降至-4.0MPa時 F_o 值會升高，而降至-5.5MPa時 F_o 值則下降，且不同葉片水勢間其 F_o 值與最高螢光釋放量非呈直線關係，因此 F_o 值為多少始認定葉片為“死亡狀態”尚難下論。 F_o 值一般作為捕光色素系統間能量吸收及傳遞之指標(Thomas et al. 1988)。

從以上結果指出，茶樹葉片不因缺水而影響PSII及PS I間能量之傳遞，但是影響量子生產效率，當葉片水勢降至-4.0MPa時，其效率下降18%，葉片水勢降至-5.5MPa時，PSII量子生產效率下降58%。

五不同光強及葉片水勢對光合組織最高螢光釋放量之影響

葉片水勢介於-0.7~-1.5MPa的葉片在光強低於 $1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 時，其最高螢光釋放量隨著光強增加而升高(圖 5)，顯示葉片捕光色素系統吸光及傳遞光能之能力不因光強增加而受影響，且在光強 $1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 時達最高值，若光強增至 $1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上時， F_m 值有下降之趨勢；葉片水勢降至-4.0MPa時， F_m 值隨著光強增加而上昇之幅度與正常葉片比較則較為緩慢。顯示-4.0MPa葉片其捕光色素系統吸光及傳遞光能至PSII反應中心之能力已受到抑制；葉片水勢降至-5.5MPa時， F_m 值變化受光強增加的影響已不甚明顯。

結 論

應用葉綠素 a 螢光釋放反應來探討缺水對茶樹光合作用之影響，試驗結果指出，當葉片水勢降至-2.2~-2.4MPa時，PSII還原端電子傳遞速率部分受到抑制，恢復正常供水後即刻恢復其活性；當葉片水勢降至-3.2~-3.4MPa時，PSII氧化端水分裂解系統活性已受到抑制，恢復正常供水後其活性難恢復；但是考量芽葉之生長速率，應避免葉片水勢降至-2.2MPa以下。有關茶樹缺水如何影響螢光釋放反應，雖然測定具有簡便迅速之優點，但大多採用相對值比較，在應用上有其限制，因此有關茶樹缺水與螢光釋放之關係，有待進一步研究與探討。

參考文獻

1. Bilger, W. and Schreiber, U. 1986. Energy-dependent quenching of dark level chlorophyll fluorescence in intact leaves. *Photosynthesis Res.* 10: 303-308.
2. Bjorkman, O. and Powles, S.B. 1984. Inhibition of photosynthetic reaction under water stress: interaction with light level. *Planta* 161:490-504.
3. Boyer, J. S. 1971. Nonstomatal inhibition of photosynthesis in sunflower at low leaf water potentials and high light intensity. *Plant Physiol.* 48:532-536.
4. Bradbury, M. and Baker, N. R. 1981. Analysis of the slow phases of the in vivo chlorophyll fluorescence induction curve. changes in the redox state of photosystem II electron acceptors and fluorescence emission from photosystem I and II. *Biochim. Biophys. Acta* 635:542-551.
5. Bukhov, N. G., Sabat, S. C. and Mohanty, P. 1989. Sequential loss of photosynthetic functions during leaf desiccation as monitored by chlorophyll fluorescence transient. *Plant Cell Physiol.* 30(3):393-398.

6. Christina, W. V., Ellenson, J. L. and Leopold, A. C. 1985. Chlorophyll fluorescence characteristics associated with hydration level in pea cotyledons. *Plant Physiol.* 79:248-252.
7. Crofts, A., Deamer, D. and Packer, L. 1967. Mechanism of light induced structural change in chloroplasts II. The role of ion movements in volume changes. *Biochim. Biophys. Acta* 131:97-118.
8. Dietz, K. J., Schreiber, U. and Heber, U. 1985. The relationship between the redox state of Q_A and photosynthesis in leaves at various carbon-dioxide, oxygen and light regimes. *Planta* 166:219-226.
9. Delieu, T. and Walker, D. A. 1981. Polarographic measurement of photosynthetic oxygen evolution by leaf discs. *New Physiol.* 89:165-178.
10. Dilley, R. A. and Vernon, L. P. 1964. Changes in light absorption and light scattering properties of spinach chloroplasts upon illumination: relationship to photophosphorylation. *Biochemistry* 3:817-824.
11. Fry, K. E. 1972. Inhibition of ferricyanide reduction in chloroplasts prepared from water-stressed cotton leaves. *Crop Sci.* 12:698-701.
12. Genty, B., Briantais, J. M., Viera, J. B. and Silva, D. A. 1987. Effects of drought on primary photosynthetic processes of cotton leaves. *Plant Physiol.* 83:360-364.
13. Govindjee, G., Downtown, W. J. S., Fork, D. C. and Armond, P. A. 1981. Chlorophyll a fluorescence transient as an indicator of water potential of leaves. *Plant Sci. Lett.* 20:191-194.
14. Havaux, M. and Lannoye, R. 1983. Chlorophyll fluorescence induction: A sensitive indicator of water stress in maize plants. *Irrig. Sci.* 4:147-151.
15. Hetherington, S. E. and Smillie, R. M. 1982. Humidity-sensitive degreening and regreening of leaves of *Borya nitida* Labill. as followed by changes in chlorophyll fluorescence. *Aust. J. Plant Physiol.* 9:587-599.
16. Hetherington, S. E. and Smillie, R. M. 1983. Using chlorophyll fluorescence in vivo to measure the chilling tolerance of different populations of maize. *Aust. J. Plant Physiol.* 10:247-256.
17. Hetherington, S. E., Smillie, R. M. and Hallam, N. D. 1982. In vivo changes in chloroplast thylakoid membrane activity during viable and non-viable dehydration of a drought-tolerant plant, *Borya nitida*. *Aust. J. Plant Physiol.* 9:611-621.
18. Holden, M. 1976. Chlorophyll a and b determination. In TW Goodwin, ed, *Chemistry and Biochemistry of Plant Pigment*, Vol 2, Academic Press, London, pp.835-974.
19. Hsiao, T. C. 1973. Plant response to water stress. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24:519-570.
20. Ireland, C. R., Long, S. P. and Baker, N. R. 1984. The relationship between

- carbon dioxide fixation and chlorophyll a fluorescence during induction of photosynthesis in leaves at different temperatures and carbon dioxide concentrations. *Planta* 160:550-558.
21. Itoh, M., Izawa, M. S. and Shibata, K. 1963. Shrinkage of whole chloroplasts upon illumination. *Biochim. Biophys. Acta* 66:319-327.
 22. Kaiser, W. M., Kaiser, G., Prachuab, P. K., Wildman, S. G. and Heber, U. 1981. Photosynthesis under osmotic stress. Inhibition of photosynthesis of intact chloroplasts, protoplast and leaf slices at high osmotic potentials. *Planta* 153:416-422.
 23. Keck, R. W. and Boyer, J. S. 1974. Chloroplast response to low leaf water potentials. III. Differing inhibition of electron transport and photophosphorylation. *Plant Physiol.* 53:474-479.
 24. Kitajima, M. and Butler, W. L. 1975. Fluorescence quenching in photosystem II of chloroplast. *Biochim. Biophys. Acta* 376:116-125.
 25. Krause, G. H. 1973. The high-energy state of the thylakoid system as indicated by chlorophyll fluorescence and chloroplast shrinkage. *Biochim. Biophys. Acta* 292:715-728.
 26. Krause, G. H. and Weis, E. 1984. Chlorophyll fluorescence as a tool in plant physiology. II. Interpretation of fluorescence signals. *Photosynthesis Res.* 5:139-157.
 27. Kulandaivelu, G. and Daniell, H. 1980. Dichlorophenyl dimethylurea (DCMU) induced increase in chlorophyll a fluorescence intensity-An index of photosynthetic oxygen evolution in leaves, chloroplast and algae. *Physiol. Plant.* 48:385-388.
 28. Malkin, S., Armond, P. A. and Fork, D. C. 1981. Photosystem II photosynthetic unit sizes from fluorescence induction in leaves. *Plant Physiol.* 67: 570-579.
 29. Mathis, P. and Paillotin, G. 1984. Primary processes of photosynthesis. In: *The Biochemistry of Plants*. Edited by Hatch, H. D. and Boardman, N. K., Academic Press, New York, London. vol. 8 pp. 97-161.
 30. Matorin, D. N., Ortoidze, T. V., Nikolaev, G. M., Veedikto, P. S. and Rubin, A. B. 1982. Effect of dehydration on electron transport activity in chloroplasts. *Photosynthetica* 16:226-233.
 31. Mohanty, P. and Boyer, J. S. 1976. Chloroplast response to low leaf water potential: Quantum yield is reduced. *Plant Physiol.* 57:704-709.
 32. Ogawa, T. 1982. Simple oscillations in photosynthesis of higher plants. *Biochim. Biophys. Acta* 681:103-109.
 33. Ogren, E. and Oquist, G. 1985. Effects of drought on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition susceptibility in intact willow leaves. *Planta* 166:380-388.
 34. Oquist, G. and Wass, R. 1988. A portable, microprocessor operated instrument

- for measuring chlorophyll fluorescence kinetics in stress physiology. *Physiol. Plant.* 73:211-217.
35. Papageorgiou, G. 1975. Chlorophyll fluorescence: An intrinsic probe of photosynthesis. In: *Bioenergetics of photosynthesis*. edited by Govindjee, G., Academic, New York. pp.319-371.
 36. Powles, S. B. 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 35:15-44.
 37. Powles, S. B., Critchley, C. 1980. The effect of light intensity during growth on photoinhibition of intact bean leaflets. *Plant Physiol.* 65:1181-1187.
 38. Schreiber, U. 1983. Chlorophyll fluorescence yield changes as a tool in plant physiology. I. The measuring system. *Photosynthesis Res.* 4:361-373.
 39. Schreiber, U. and Armond, P. A. 1978. Heat-induced changes of chlorophyll fluorescence in isolated chloroplasts and related heat-damage at the pigment level. *Biochim. Biophys. Acta* 502:138-151.
 40. Schreiber, U., Berry, J. A. 1977. Heat-induced changes of chlorophyll fluorescence in intact leaves correlated with damage of the photosynthetic apparatus. *Planta* 136:233-239.
 41. Smillie, R. M. and Gibbons, G. C. 1981. Heat tolerance and heat hardening in crop plants measured by chlorophyll fluorescence. *Carlsberg Res. Commun.* 46:395-403.
 42. Smillie, R. M. and Nott, R. 1982. Salt tolerance in crop plants monitored by chlorophyll fluorescence in vivo. *Plant Physiol.* 10:1049-1054.
 43. Thomas, S., Sultemeyer, D. F., Stefanie, W. and Heinrich, P. F. 1988. Fluorescence quenching and gas exchange in a water stressed C_3 plant, *Digitalis lanata*. *Plant Physiol.* 86:246-250.
 44. Vredenberg, W. L. and Slooten, L. 1967. Chlorophyll a fluorescence and photochemical activities of chloroplast fragments. *Biochim. Biophys. Acta* 143:583-594.
 45. Walker, D. A., Sivak, M. N., Prinsley, R. T. and Cheesbrough, J. K. 1983. Simultaneous measurement of oscillations in oxygen evolution and chlorophyll a fluorescence in leaf pieces. *Plant Physiol.* 73:542-549.
 46. Wiltens, J. U., Schreiber, U. and Vidaver, W. 1978. Chlorophyll fluorescence induction: an indication of photosynthetic activity in marine algae undergoing desiccation. *Can. J. Bot.* 56:2787-2794.
 47. Younis, H. M., Boyer, J. S. and Govindjee. 1979. Conformation and activity of chloroplast coupling factor exposed to low chemical potential of water in cell. *Biochim. Biophys. Acta* 548:328-340.

Activity of Light Reaction on the Photosynthetic Apparatus of Tea Leaf under Water Stress

Kuo-Renn Chen¹ Wen-Fu Tsai²

Abstract

Four-year old tea plants grown in 1/20 m² Wagner pots under the day/night temperature of 30/25 °C in phytotron. One set of the pots was irrigated with 200 ml of water/pot every day to maintain soil moisture content at the field capacity condition. Another set was irrigated with 20 ml of water/pot every day to limit the water supply gradually. Tea shoots were sampled for chlorophyll a fluorescence induction during the treatment. Results obtained were summarized as follows: The fast chlorophyll a fluorescence induction at leaf water potential of -1.4 ~ -1.5 MPa, Fp and Fm were similar to normal irrigated leaves (-0.7 MPa). This indicated that PS II electron transport (PS II reducing site) and water splitting system (PS II oxidizing site) were not inhibited by mild water stress. When leaf water potential decreased to -2.4 ~ -2.5 MPa, Fm value was unchanged and Fp value increased. This indicated that PS II electron transport was partially inhibited by moderate water stress. When leaf water potential decreased to -4.0 MPa, Fm and Fp values also decreased indicating that activity of oxidizing site and reducing site of PS II were inhibited by severe water stress. PS II quantum yield efficiency (Φ_2) was affected simultaneously. When leaf water potential decreased to -5.5 MPa, fast chlorophyll a fluorescence of FI, FD and Fp disappeared and (Fo)₆₈₅ value decreased simultaneously indicating that light harvesting pigment system was not able to deliver photons to the reaction center.

Key word : leaf water potential, water stress, fluorescence, water splitting system, quantum yield, light harvesting system, photosynthetic apparatus.

1. Associate Agronomist, Taitung Substation of Taiwan Tea Experiment Station.

2. Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University.

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

馮鑑淮¹ 陳國任²

摘 要

本試驗探討東部地區不同萌芽期茶樹品種之芽葉生長、產期、產量、化學成分及包種茶品質之研究，其結果如下：

早春茶或晚冬茶產期，以台茶17號最早，台茶12號次之，青心烏龍最晚。採摘週期因早、中及晚生種而延長生長日數。因此種植不同品種之茶樹為解決採茶及製茶缺工最根本之方法，不但降低成本，且較利用栽培法調節產期經濟有效。

晚冬季節東部茶區為乾早期，或逢到寒流吹襲，青心烏龍茶芽生長受抑制，造成晚冬茶減產。青心烏龍芽葉節間徑最細而短、葉面積小、百芽重較早生及中生種為輕。

台茶17號及青心烏龍可溶分及兒茶素類含量較高，台茶12號較低。青心烏龍、台茶12號及青心大有適製包種茶品種，其可溶性糖類較適製白茶類台茶17號之品種為高。早春茶及春茶包種茶香味品質以台茶12號較優、青心烏龍次之、台茶17號較差。

關鍵字：品種、產期、產量、化學成分

前 言

自從國人生活品質提昇後，飲茶風氣興起，新開墾茶園擴展至南部及東部地區，惟種植茶樹品種以晚生青心烏龍種為主，造成產期集中，以致採摘及製茶人工缺乏，增加成本，或延長採摘期導致葉部老化影響製茶品質。東部冬季溫度較西部為高，產製早春及晚冬茶聞名全省，供不應求，其早春茶售價隨著產期提早而提高，但種植晚生種為主之茶區，農友惟有利用剪枝，施肥及灌溉等栽培法提早春茶產期，不僅成本高，且受氣象因子限制，建議種植早生品種，提早採摘期達到分散產期為最經濟有效的方法。

早春茶萌芽期及萌芽後之生育，受氣象因子及剪枝等栽培法之影響，以致芽葉生長速率不一致，採摘期零亂，茶葉品質不穩定。過去學者曾研究茶樹提早剪枝（陳等，1990）、缺水（

1.茶業改良場台東分場副研究員兼課長。

2.茶業改良場台東分場分場長。

陳等, 1990)、遮蔭覆蓋(陳等, 1990; 馮, 1990), 及溫度(Tanton, T. W. 1982)、採摘標準(陳等, 1984)對萌芽期、萌芽密度、萌芽後生長速率(Mwakha, E. 1985)及產量之影響, 但對東部茶區不同茶樹品種芽葉生育及化學成分未作深入的探討。本研究為探討不同萌芽期品種在東部茶區之萌芽期、芽葉生育與產期之關係, 作為調節產期, 分散採摘及製茶人力, 達到降低生產成本, 並分析芽葉化學成分及製茶鑑定其品質, 提供東部農友選擇品種而達到分散產期效果之參考。

材料與方法

一供試品種

樹齡九年生之台茶17號(極早生)、台茶12號(早生)、青心大有(中生)及青心烏龍(晚生種), 於茶業改良場台東分場之品種園舉行試驗, 其施肥管理均相同。

二方法及步驟

冬季剪枝後, 隨即選擇成熟枝條掛牌編號, 俟腋芽萌發後, 於翌年早春(二月)、(四月)、夏(六月)、秋(九月)、冬(十一月)及晚冬(一月)調查下列項目:

(一)調查每三日茶芽生長量、採摘期及生長日數。

(二)產量及成本: 採摘一心二葉秤重計算每機產量, 並調查芽葉原料成本及分析經濟效益。

(三)芽葉化學成分分析: 將一心二葉新鮮芽葉置70°C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(蔡與阮, 1987; Sarkar and Howarth, 1976; Somogyi, 1945)。

1. 兒茶素類(Catechins): 秤 1公克茶葉加 100ml沸水煮1小時, 趁熱以 whatman No.41濾紙過濾, 以 Vanillin溶液(4%W/V 溶於甲醇)呈色, 測其在波長 500nm之吸光度。另以(+)Catechin 製備標準曲線, 換算兒茶素類含量為乾物重百分比。

2. 咖啡因(Caffeine): 以PVPP (polyvinyl pyrrolidone, Sigma) 去除湯多元酚類, 測其在波長 276nm吸光度; 另以咖啡因(Caffeine)製備標準曲線, 換算咖啡因含量為乾物重百分比。

3. 多元酚類(Polyphenol): 以酒石酸鐵溶液呈色, 測其在波長 540nm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。

4. 可溶糖(Soluble sugar): 以 Anthrone呈色法, 測波長 630nm之吸光度, 另以 glucose 製標準曲線, 求算乾物重百分比。

5. 胺基酸(Amino acid): 以 ninhydrin呈色法, 測波長 570nm之吸光度。

6. 可溶分: 上述烘乾後之茶葉 1公克, 以100ml沸水沖泡 1小時, 茶湯以濾紙過濾, 取50 ml濾液乾燥後稱其重量, 並換算為乾物重百分比。

7. 製造包種茶及評審品質。

8. 統計分析: 測量所得數據之平均值以鄧肯氏多變域法測定其差異顯著性。

結果與討論

一、東部氣候對品種產期及採摘週期比較

不同萌芽期品種冬季實施淺剪枝後，因東部茶區早春時期氣溫仍偏低（圖 3），以致晚生青心烏龍種芽葉生長速率遲緩，而極早生台茶17號芽葉生長速率快，其採摘期(3月5日)較台茶12號(3月16日)、青心大有(3月23日)及青心烏龍(4月2日)分別提早11、18、及28日採摘。冬季剪枝後至早春採摘時期，以台茶17號採摘週期較短(75日)、依次為台茶12號(86日)、青心大有(93日)、青心烏龍(103日)最長（表 1），同一環境栽培下，早生種採摘週期短，早春茶提早產期，而晚生種產期慢，採摘週期延長，此乃受品種萌芽期的影響，利用不同萌芽期品種調節產期最經濟有效。晚生青心烏龍種適合雨量適中而冷涼之早春生長環境，但其芽葉生長速率緩慢，早春茶產期最晚。台茶17號採摘期早且採摘週期短，發揮早生特性(圖 4)。種植面積日漸增加之台茶12號較主要栽培品種青心烏龍提早春茶採摘期提早17日，可紓解採茶及製茶雇工之困難及發揮高產量，抗枝枯病、抗旱等特性。早生種採摘週期短，全年可採收七次，晚生種採摘週期長，採收次數減少，此與品種特性外低溫減低芽葉生長速率（陳等，1989）亦有關。晚冬茶生長時期溫度降低，中生及晚生種因採摘週期延長以致萌芽期亦隨之延後，短小的幼芽逢到低溫時期會抑制其生長，以致產量降低，售價雖然高，但仍不經濟。

二、品種芽葉生育比較

不論任何季節，芽長皆以台茶12號及17號最長，青心大有次之，青心烏龍種最短。東部地區冬季開始進入乾早期，81年10月雨量僅11.4mm，11月氣溫降到16°C（圖 3），晚冬茶芽葉生長受到抑制，以早生種台茶17號芽葉生長較長而影響較少，抗旱性弱之青心烏龍種芽葉短小、節間短且葉面積小，而影響最大（81年芽長2.4公分，82年8.4公分），易形成對口狀態(banjhi leaf)而停止生長，僅有提前採摘，尚能保持晚冬茶芽葉原料品質，因產量低而價格高。台茶12號芽葉生長較長（81年6.7公分，82年14.90公分）（表 2）。每年1及2月溫度較11及12月低（最低溫平均14°C以下）但雨量較高（圖 3、1），冬茶茶芽生長較晚冬茶為長，此為茶樹萌芽生長受品種、溫度之影響外，雨量屬重要因子，夏茶及秋茶則處於高溫多濕環境，茶芽生長旺盛。

三、品種產期及產量比較

東部茶區產製晚冬茶及早春茶聞名全省，晚冬茶越慢採收價格越高，早春茶則相反，提早採收價格高（表 4），早春茶產期，依台茶17號（3月5日）、台茶12號（3月16日）、青心大有（3月23日）及青心烏龍（4月2日）順序延後，受不同品種萌芽期之影響，且影響售價甚大（表 1）。早春茶產量台茶17、12號（50克/株）最高，青心大有（24.3克/株），青心烏龍（8.0克/株）最低。晚冬茶台茶17號（48.5克/株）最高，台茶12號（21.2克/株），青心大有（7.3克/株），青心烏龍僅（4.3克/株）最低，全年產量亦以台茶17、12號較高，青心烏龍任何季節產量均最低，種植台茶12號較青心烏龍產期早、樹勢強、抗旱、抗枝枯病、產量高，可達到分散產期及降低成本效果。

四、早春及晚冬茶產量及收益比較

青心烏龍屬春茶型品種，春茶產量較高，冬茶產量低（30克/株）、晚冬茶產量極少（7.2克/株），但售價高(200元/公斤)若以每公頃種植12,000株，產值僅25,920元，較早春

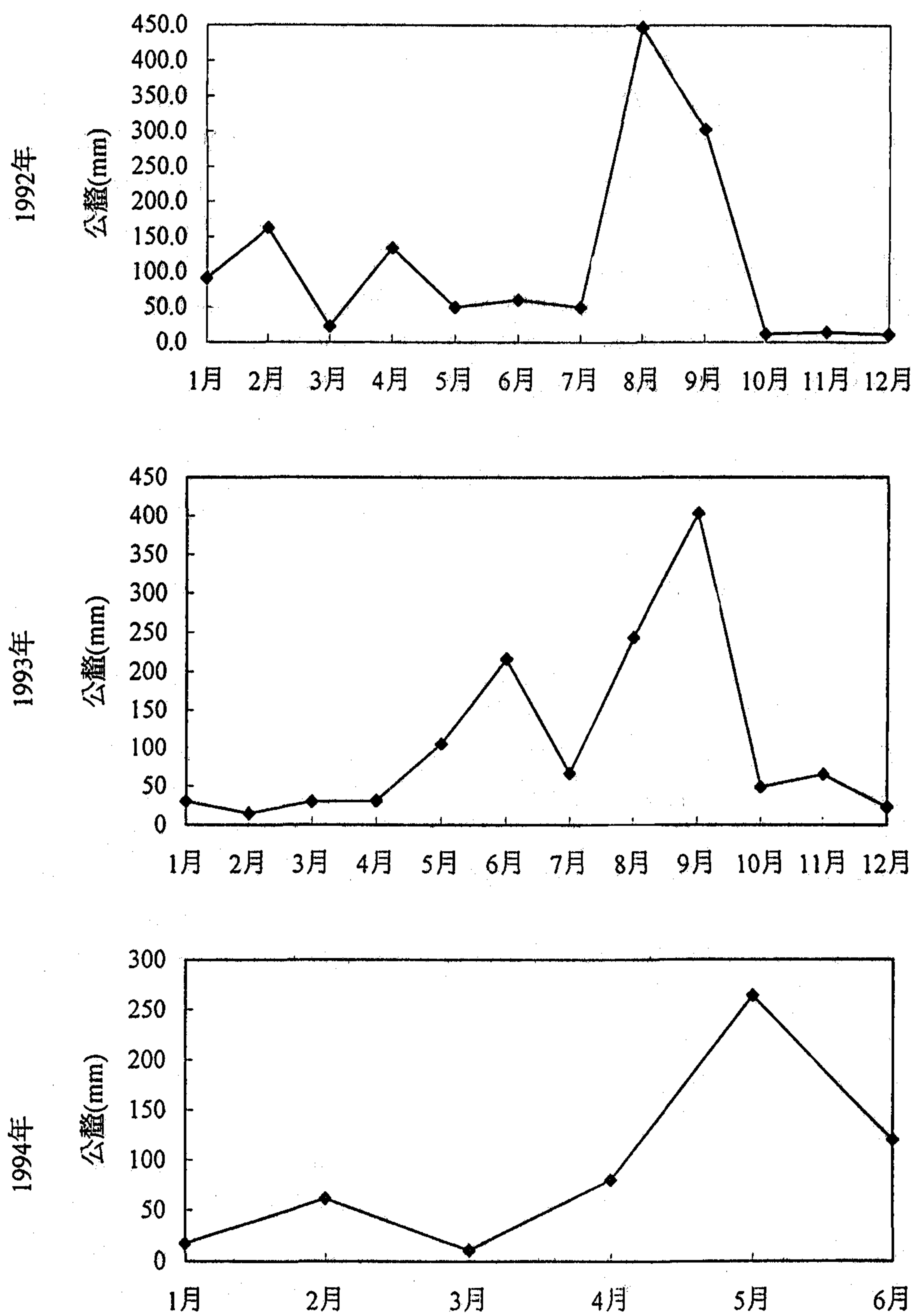


圖 1. 東部茶區雨量分佈圖 (1992~1994)
Fig 1. Rainfall distribution in the east tea district. (1992~1994)

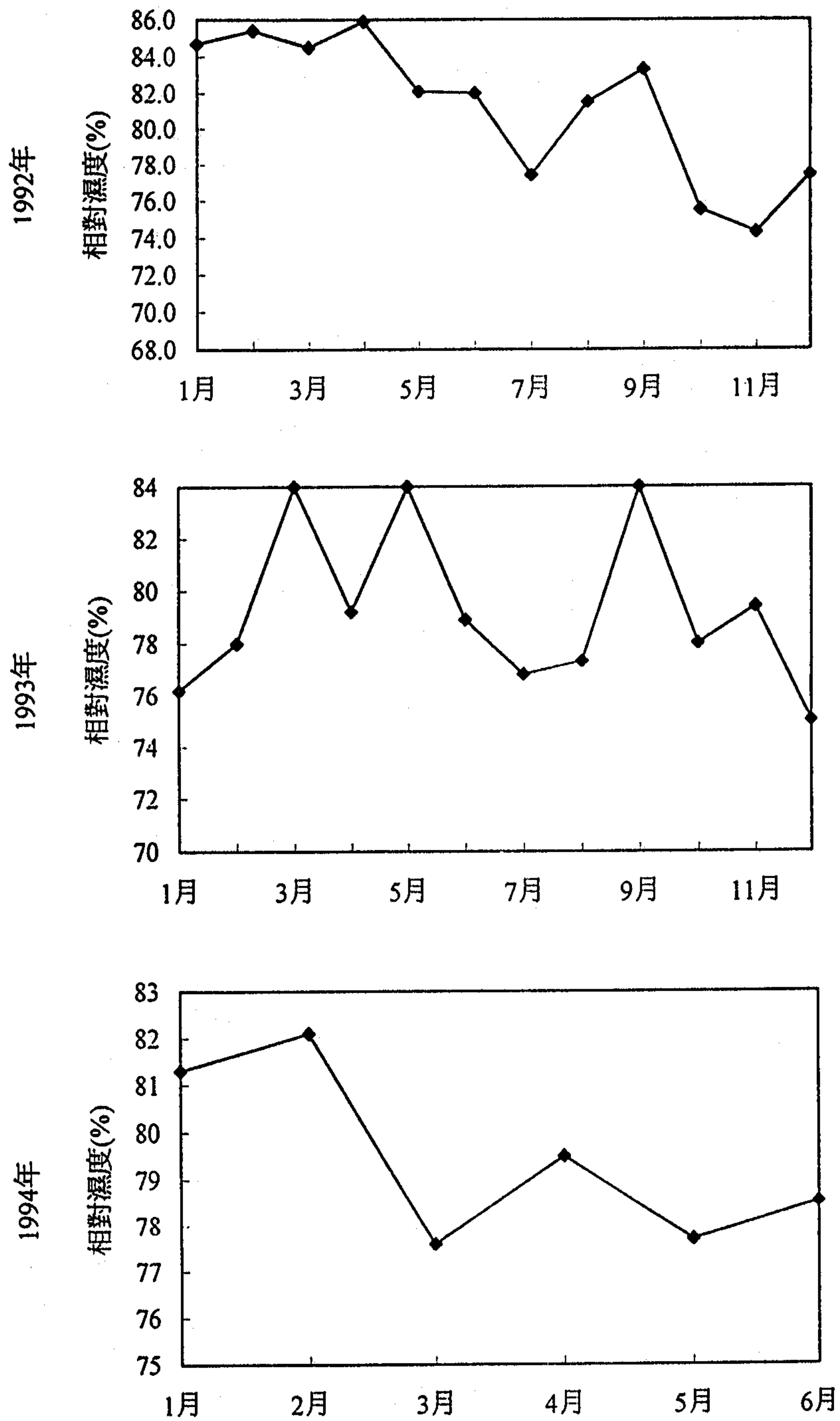


圖 2. 東部茶區相對濕度分佈圖 (1992~1994)

Fig 2. Relative humidity distribution in the east tea district. (1992~1994)

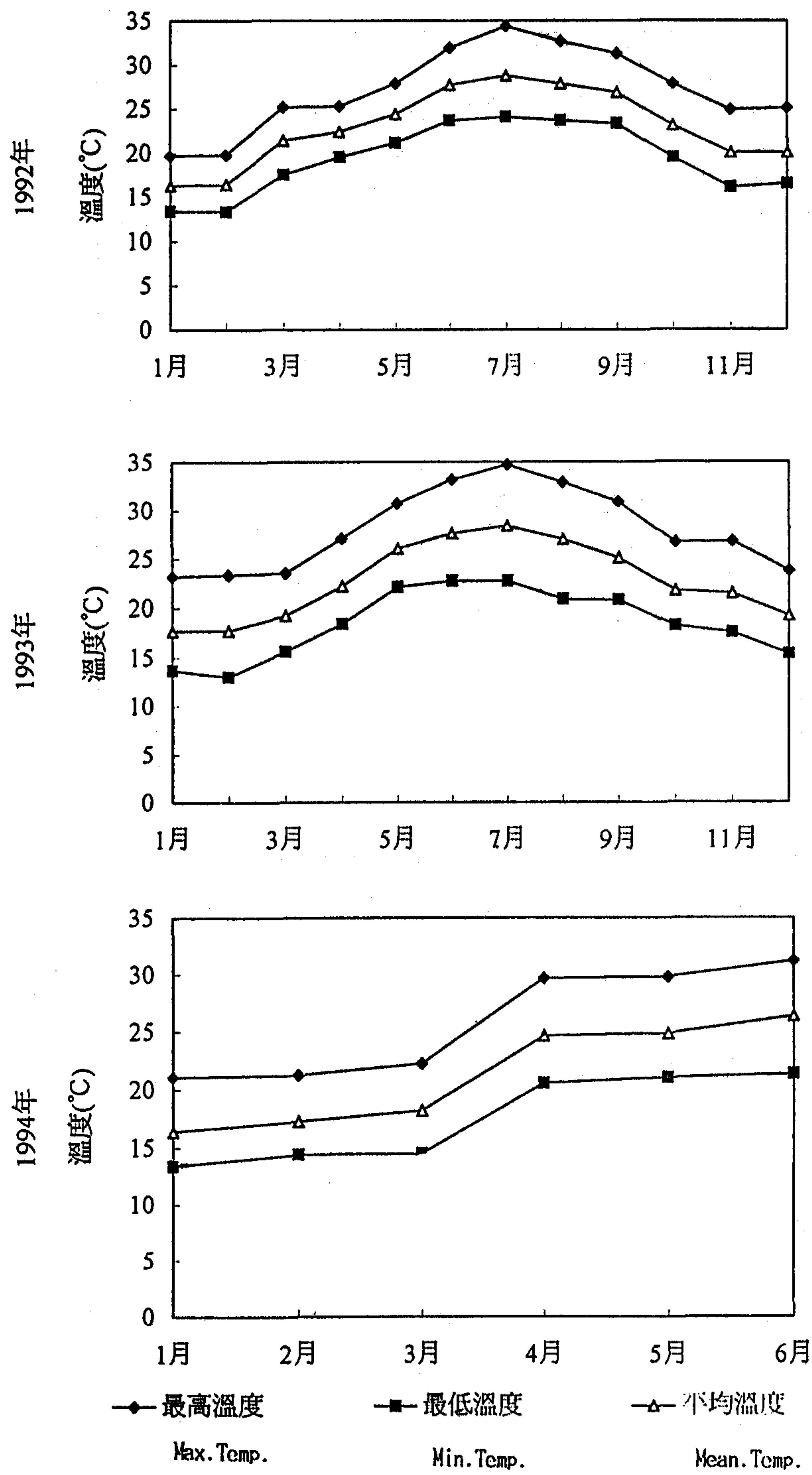


圖 3. 東部茶區氣溫分佈圖 (1992~1994)

Fig 3. Air temperature distribution in the east tea district. (1992~1994)

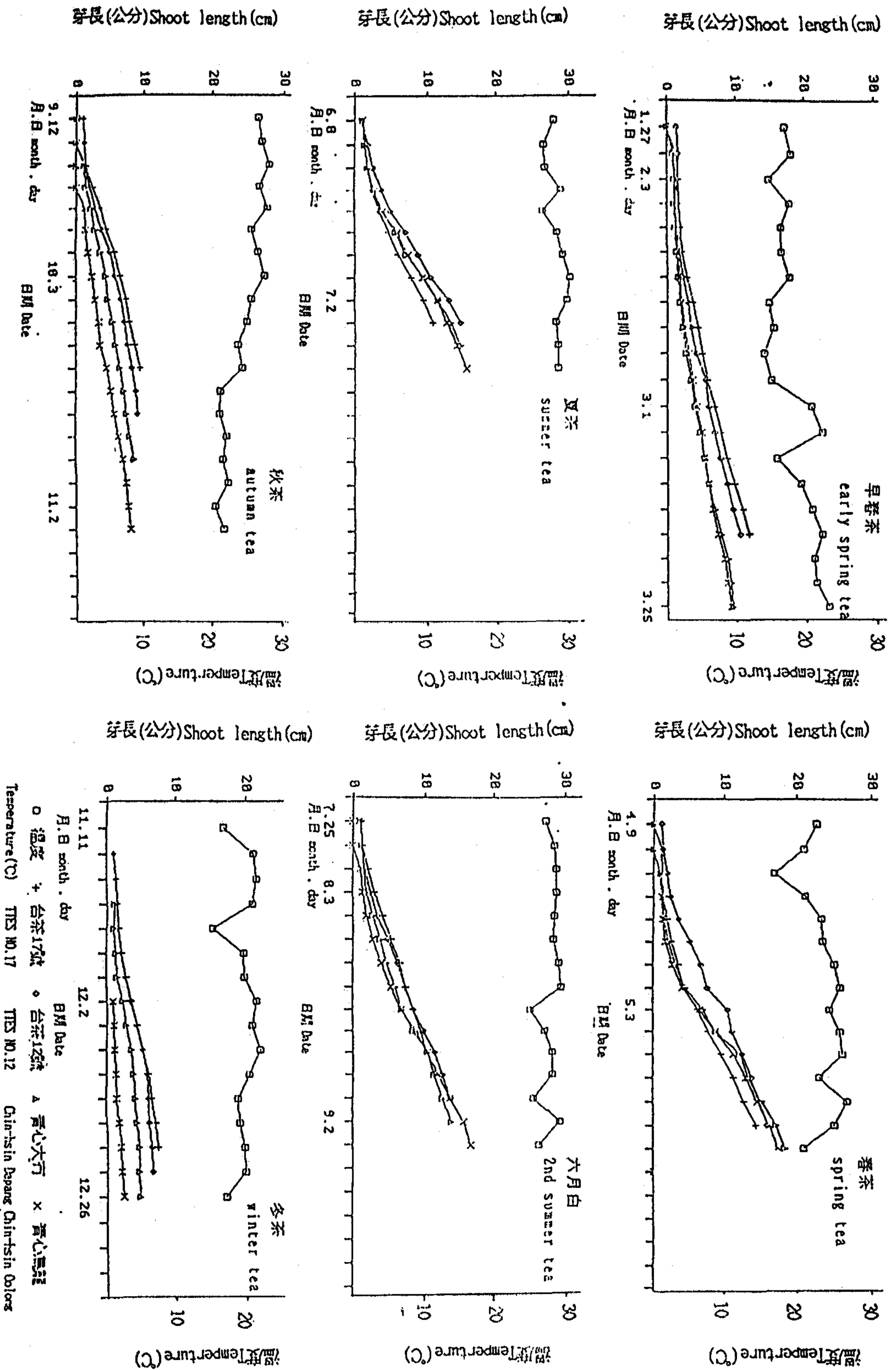


圖 4. 溫度對不同品種於不同季節每三日茶芽生長量圖 (1993)
Fig 4. Effects of temperature on the different seasons tea shoot growth among the different varieties (1993).

表 1. 不同萌芽期品種採摘週期比較表(1983)

Table 1. Comparison on the plucking period among different sprouting varieties. (1993)

品種 Variety	早 春 茶 Early Spring		春 茶 Spring		夏 茶 Summer		秋 茶 Autumn		冬 茶 Winter		晚 冬 茶 Late winter	
	採摘週期 月/日 plucking period (days)	採摘週期 月/日 plucking period (days)	採摘週期 月/日 plucking period (days)	採摘週期 月/日 plucking period (days)	採摘週期 月/日 plucking period (days)	採摘週期 月/日 plucking period (days)	採摘週期 月/日 plucking period (days)	採摘週期 月/日 plucking period (days)	採摘週期 月/日 plucking period (days)	採摘週期 月/日 plucking period (days)	採摘週期 月/日 plucking period (days)	採摘週期 月/日 plucking period (days)
台茶17號 TTES NO.17	03/05 75	05/14 70	06/30 47	08/23 54	10/14 52	12/08 55						
台茶12號 TTES NO.12	03/16 86	05/20 65	07/07 48	08/30 54	10/20 51	12/27 68						
青心大冇 Chinshin Dapang	03/23 93	05/25 63	07/15 51	09/07 54	10/28 51	12/28 61						
青心烏龍 Chinshin Oolong	04/02 103	05/31 59	07/21 51	09/14 55	11/03 50	12/28 55						

表 2. 不同萌芽期品種芽葉生育比較表

Table 2. Comparison on the shoot development among different sprouting varieties.

年度	品種	早 春 茶			春 茶			夏 茶			秋 茶			冬 茶			晚 冬 茶		
		Early spring			Spring			Summer			Autumn			Winter			Late winter		
Year	Variety	採摘日期 Plucking date(月/日)	芽長 Shoot length(cm)	葉數 Leaf NO.	採摘日期 Plucking date(月/日)	芽長 Shoot length(cm)	葉數 Leaf NO.	採摘日期 Plucking date(月/日)	芽長 Shoot length(cm)	葉數 Leaf NO.	採摘日期 Plucking date(月/日)	芽長 Shoot length(cm)	葉數 Leaf NO.	採摘日期 Plucking date(月/日)	芽長 Shoot length(cm)	葉數 Leaf NO.	採摘日期 Plucking date(月/日)	芽長 Shoot length(cm)	葉數 Leaf NO.
1992	台茶17號 TTEs NO.17	3/16	12.10	5.50	5/19	14.50	5.60	8/27	11.5	6.36	10/15	9.40	5.65	12/21	7.50	4.65			
	台茶12號 TTEs NO.12	3/16	10.80	4.10	5/19	16.10	5.25	8/31	13.9	5.36	10/22	9.20	4.90	12/23	6.70	3.25			
	青心大冇 Chinshin Dapang	3/25	9.80	3.90	5/22	18.40	5.15	9/7	16.8	5.45	10/28	8.50	5.00	12/28	4.90	2.35			
	青心烏龍 Chinshin Oolong	3/25	9.40	4.10	5/22	17.50	4.75	9/2	13.9	5.90	11/6	8.03	5.06	12/28	2.40	1.20			
	1993 台茶17號 TTEs NO.17	3/5	8.87	4.05	5/14	9.44	4.95	6/30	14.73	5.85	8/23	13.41	6.40	10/14	10.84	6.40	12/8	9.39	4.35
	台茶12號 TTEs NO.12	3/16	10.19	4.25	5/20	8.54	3.80	7/7	17.21	5.40	8/30	12.47	5.60	10/20	14.97	5.25	12/27	10.06	4.25
1993	青心大冇 Chinshin Dapang	3/23	9.39	3.90	5/25	8.41	5.20	7/15	20.77	5.95	9/7	14.06	5.25	10/28	13.14	4.75	12/28	6.79	2.60
	青心烏龍 Chinshin Oolong	4/2	6.21	3.95	5/31	8.59	5.10	7/21	14.70	5.90	9/14	11.65	5.55	11/3	8.40	4.55	12/28	5.66	2.50
	1993 台茶17號 TTEs NO.17	3/5	8.87	4.05	5/14	9.44	4.95	6/30	14.73	5.85	8/23	13.41	6.40	10/14	10.84	6.40	12/8	9.39	4.35

表 3. 不同萌芽期品種採摘期及收量表

Table 3. Comparison on the plucking period and shoot yield among different sprouting varieties.

年度	品 種	早 春 茶 Early Spring	春 茶 Spring	夏 茶 Summer	秋 茶 Autumn	冬 茶 Winter	晚 冬 茶 Late winter						
Year	Variety	採摘期 plucking date (月/日)	收 量 yield 克/株 g/bush	採摘期 plucking date (月/日)	收 量 yield 克/株 g/bush	採摘期 plucking date (月/日)	收 量 yield 克/株 g/bush	採摘期 plucking date (月/日)	收 量 yield 克/株 g/bush				
1992	台茶17號 TTEs NO.17			7/6	42.9 ^c	8/27	67.9 ^a	10/15	71.4 ^a	12/21	48.6 ^a		
	台茶12號 TTEs NO.12			7/6	56.5 ^a	8/31	40.0 ^d	10/22	41.2 ^b	12/23	21.2 ^b		
	青心大冇 Chinshin Dapang			7/8	38.7 ^d	9/2	65.3 ^b	10/28	36.7 ^c	12/28	7.3 ^c		
	青心烏龍 Chinshin Oolong			7/11	53.6 ^b	9/7	57.1 ^c	11/6	17.9 ^d	12/28	4.3 ^d		
	1993	台茶17號 TTEs NO.17	3/5	50.4 ^a	5/14	63.2 ^a	6/30	103.6 ^a	8/23	125.0 ^a	10/14	145.0 ^a	12/8
	台茶12號 TTEs NO.12	3/16	50.0 ^a	5/20	50.0 ^b	7/7	105.9 ^a	8/30	85.3 ^b	10/20	110.6 ^c	12/27	29.4 ^b
	青心大冇 Chinshin Dapang	3/23	24.3 ^b	5/25	22.1 ^c	7/15	67.9 ^b	9/7	85.7 ^b	10/28	128.6 ^b	12/28	8.9 ^d
	青心烏龍 Chinshin Oolong	4/2	8.0 ^c	5/31	10.7 ^d	7/21	50.0 ^c	9/14	35.3 ^c	11/3	42.0 ^d	12/8	10.0 ^c
1994	台茶17號 TTEs NO.17	3/7	100.0 ^a	5/2	107.1 ^a								
	台茶12號 TTEs NO.12	3/14	78.2 ^b	5/6	82.4 ^c								
	青心大冇 Chinshin Dapang	3/15	48.9 ^c	5/9	96.4 ^b								
	青心烏龍 Chinshin Oolong	3/17	37.9 ^d	5/10	59.7 ^d								

註：表中直行平均值後之英文字母相同者表示未達鄧肯式多變域分析 5%顯著差異。

表 4. 早春及晚冬茶產量及產值比較表
Table 4. Comparison on the shoot yield and price of the early spring and late winter tea.

季 節 Season	品 種 Variety	收 量 (二年平均) 克／株 g／bush	每公斤售價 NT\$／kg	產 值 (price)
				元／公頃 NT\$／ha
早春茶 Early Spring	台茶17號 TTES NO.17	75.2	—	—
	台茶12號 TTES NO.12	64.1	180	138,480
	青心大有 Chinshin Dapang	36.1	120	51,960
	青心烏龍 Chinshin Oolong	23.0	250	69,600
春 茶 Spring	台茶17號 TTES NO.17	85.2	—	—
	台茶12號 TTES NO.12	66.2	80	63,600
	青心大有 Chinshin Dapang	59.3	60	42,720
	青心烏龍 Chinshin Oolong	35.2	150	63,360
冬 茶 Winter	台茶17號 TTES NO.17	108.2	—	—
	台茶12號 TTES NO.12	75.9	150	136,680
	青心大有 Chinshin Dapang	82.7	80	79,440
	青心烏龍 Chinshin Oolong	30.0	200	72,000
晚冬茶 Late Winter	台茶17號 TTES NO.17	65.4	—	—
	台茶12號 TTES NO.12	25.3	180	54,648
	青心大有 Chinshin Dapang	8.1	140	13,560
	青心烏龍 Chinshin Oolong	7.2	300	25,920

表 5. 不同萌芽期品種芽葉農藝性狀差異比較表 (1993)
Table 5. Comparison on the shoot agronomic characteristics among different sprouting varieties.(1993)

季 節 Season	品 種 Variety	採摘日期 Plucking date (月/日)	節 間 徑 1~2 Internode diameter	節 間 長 1~2 Internode length	第 二 嫩 葉 2nd leaf				百 芽 重 (克) 100 buds weight (g)
					長 度 Length	寬 度 Width	厚 度 Thickness	面積cm ² Area	
早春茶 Early Spring	台茶17號 TTES NO.17	3/5	0.179 ^a	1.08 ^a	5.15 ^{ab}	2.43 ^a	0.020 ^b	8.75 ^a	—
	台茶12號 TTES NO.12	3/18	0.161 ^b	1.07 ^a	5.51 ^a	2.35 ^{ab}	0.020 ^b	9.09 ^a	—
	青心大有 Chinshin Dapang	3/23	0.142 ^c	0.97 ^a	4.66 ^{bc}	2.07 ^b	0.020 ^b	6.74 ^b	—
	青心烏龍 Chinshin Oolong	4/2	0.159 ^b	0.50 ^b	4.53 ^c	1.67 ^c	0.024 ^a	5.33 ^b	—
春 茶 Spring	台茶17號 TTES NO.17	5/14	0.199 ^a	0.74 ^b	4.36 ^c	1.79 ^b	0.026 ^a	5.46 ^b	42.65 ^a
	台茶12號 TTES NO.12	5/20	0.166 ^c	1.10 ^{ab}	5.24 ^a	2.14 ^a	0.022 ^b	7.83 ^a	45.05 ^a
	青心大有 Chinshin Dapang	5/25	0.178 ^b	1.18 ^a	4.58 ^{bc}	1.52 ^c	0.027 ^a	4.86 ^b	35.20 ^b
	青心烏龍 Chinshin Oolong	5/31	0.159 ^c	0.83 ^{ab}	4.87 ^{ab}	1.48 ^c	0.026 ^a	5.03 ^b	33.30 ^b
夏 茶 Summer	台茶17號 TTES NO.17	6/30	0.207 ^a	1.60 ^b	4.65 ^c	2.19 ^b	0.028 ^b	7.12 ^b	58.65 ^a
	台茶12號 TTES NO.12	7/7	0.182 ^c	2.35 ^a	5.50 ^b	2.45 ^a	0.023 ^c	9.40 ^a	58.70 ^a
	青心大有 Chinshin Dapang	7/16	0.193 ^b	1.55 ^b	5.83 ^a	2.10 ^b	0.030 ^a	8.55 ^a	55.90 ^b
	青心烏龍 Chinshin Oolong	7/21	0.189 ^{bc}	1.34 ^c	5.64 ^{ab}	1.86 ^c	0.029 ^{ab}	7.41 ^b	52.65 ^c
秋 茶 Autumn	台茶17號 TTES NO.17	8/23	0.189 ^{ab}	1.10 ^b	4.64 ^c	2.13 ^a	0.022 ^c	6.93 ^b	52.10 ^a
	台茶12號 TTES NO.12	8/30	0.194 ^a	1.57 ^a	5.02 ^b	2.15 ^a	0.023 ^c	7.55 ^b	51.40 ^a
	青心大有 Chinshin Dapang	9/7	0.181 ^b	1.72 ^a	5.68 ^a	2.09 ^a	0.025 ^b	8.30 ^a	47.85 ^a
	青心烏龍 Chinshin Oolong	9/15	0.167 ^{bc}	0.82 ^b	4.82 ^c	1.71 ^b	0.028 ^a	5.78 ^c	35.00 ^b
冬 茶 Winter	台茶17號 TTES NO.17	10/14	0.190 ^a	0.79 ^c	3.96 ^b	2.20 ^a	0.027 ^a	6.11 ^b	40.50 ^b
	台茶12號 TTES NO.12	10/20	0.181 ^{ab}	1.34 ^a	5.05 ^a	2.26 ^a	0.024 ^c	7.84 ^a	48.50 ^a
	青心大有 Chinshin Dapang	10/28	0.173 ^{ab}	1.12 ^b	5.05 ^a	1.84 ^{ab}	0.025 ^{bc}	6.52 ^{ab}	45.00 ^a
	青心烏龍 Chinshin Oolong	11/3	0.165 ^b	0.85 ^c	5.04 ^a	1.73 ^b	0.026 ^{ab}	6.09 ^b	37.00 ^b

註：表中直行數字後英文字母相同者表示差異未達鄧肯氏多變域分析 5%顯著。

茶 (23克/株, 250元/公斤) 產值69,600元減少收入一倍以上。早春茶產量高於晚冬茶四倍, 若冬茶採收後不採晚冬茶, 即行淺剪枝, 次年早春茶產期提早兼收量較高, 可增加收益。台茶12號晚冬茶茶芽生長勢仍強, 冬茶及晚冬茶產值分別為136,680元及54,648元/公頃, 早春茶及春茶分別為138,480元及63,600元/公頃 (表 4) 冬茶與早春茶差異不大, 晚冬茶採摘後淺剪枝, 可達到分散產期效果。台茶17號早春茶產期最早兼產量最高, 晚冬茶產量亦最多, 實施一心一葉嫩採製作白茶類 (吳等, 1984), 可作為產期調整種植之品種, 但製茶品質尚待宣傳教育。

五芽葉農藝性狀比較

不論季節台茶17號節間徑比其他之品種粗大, 台茶12號節間最長, 葉面積亦最大。青心烏龍節間徑最細, 節間短, 葉面積小, 百芽重最輕, 葉最厚製造包種茶品質較優良 (表 5), 因品種葉厚與包種茶品質呈正相關 (馮, 1988)。

六品種一心二葉之重要化學成分比較

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之主要化學成分 (Nakagawa, M. and Ishima, N. 1971) 這些化學成分不但在品種間具有高度差異性 (蔡等, 1990), 且受氣候環境之影響。

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; 各品種間可溶分以台茶12號含量最低, 台茶17號春、夏茶含量最高。青心烏龍則以早春茶、春茶及夏、秋茶含量較高 (表 6), 1993年製造後之成茶其可溶分含量不論季節均較新鮮葉為高 (表 7), 多元酚類是茶葉的主要成分, 含量約佔乾物重 10~30% (Bokuchava, M. A. and Soboleva, N. I. 1969), 對香氣、滋味及水色的貢獻很大, 其中兒茶素類是多元酚類之主要成分, 帶澀味約佔多元酚類成分總含量70~80%, 其含量與品種及製茶過程 (阮, 1987) 有關; 在製造過程中兒茶素類的氧化聚合是主要之茶葉發酵化學反應, 其生成物與茶湯滋味及水色形成有關。兒茶素類含量台茶17號早春茶、春茶及夏茶最高, 青心烏龍秋茶、冬茶含量最多 (表 6)。成茶之多元酚及兒茶素類含量較新鮮芽葉為高 (表 7)。春茶兒茶素類含量較早春茶為高, 與東部春季雨量較多, 氣溫較早春高有關 (陳等, 1992)。可溶性糖類含量以早春茶及秋茶最高, 春茶次之, 夏茶及冬茶含量最低; 全年各季節均以青心烏龍含量最高, 台茶12號及青心大有次之, 三者皆適製包種茶, 其可溶性糖類含量皆較適製白茶類之台茶17號為高 (表 6)。咖啡因含量, 台茶12號早春茶及秋茶含量最少, 青心烏龍早春茶、春茶、夏茶含量均最低, 青心大有春茶、秋茶及台茶17號早春茶、夏茶含量最多, 因季節變化而影響含量 (表 6)。咖啡因有苦味及刺激性, 但製茶過程中含量會降低, 導致茶湯中苦味及收斂性減弱。茶葉香味是各種化學成分的綜合表現, 但影響因子較複雜, 無法以單一化學成分含量高低來評定。

七品種製造包種茶品質比較

本試驗因品種之採茶期不一致, 各品種製造時氣候環境不同, 可能影響其品質準確性, 早春茶氣溫較低, 包種茶香味品質以台茶12號最高, 青心烏龍次之, 台茶17號最差 (表 8)。春茶包種茶香味仍然以台茶12號最高, 青心大有及青心烏龍次之, 台茶17號香味最差。夏茶以台茶12號香味最優, 青心大有次之, 青心烏龍最差。六月白包種茶香味則以青心大有最佳, 青心烏龍次之, 台茶17號最差。以香味品質而言台茶12號包種茶最優, 青心烏龍次之, 台茶17號最差, 冬茶則以青心烏龍品質較優良 (表 8)。種植面積日漸擴充之台茶12號產期較青心大有早, 產量高, 樹勢強, 抗旱及抗枝枯病強, 與青心烏龍產期分開可達到產期分散效果。

表 6. 不同季節及品種茶樹芽葉（一心二葉）之重要化學成分
Table 6. Chemical composition of different season and varieties of tea shoot
(two leaves & one bud).

年度 Year	季 節 Season	品 種 Variety	可 溶 分 Soluble solids (%DW)	多 元 酚 Polyphenol (%DW)	兒茶素類 Catechins (%DW)	可 溶 糖 Soluble sugars (%DW)	咖 啡 因 Caffeine (%DW)	胺 基 酸 Amino acid (O.D)
1993	早春茶 Early Spring	台茶17號 TTES NO.17	28.29 ^b	5.37 ^a	5.14 ^b	2.86 ^d	4.38 ^b	0.177 ^c
		台茶12號 TTES NO.12	28.19 ^b	4.10 ^a	4.99 ^c	4.01 ^b	3.51 ^c	0.269 ^b
		青心大冇 Chinshin Dapang	27.77 ^c	4.65 ^a	4.09 ^d	3.24 ^c	4.71 ^a	0.241 ^b
		青心烏龍 Chinshin Oolong	31.99 ^a	5.48 ^a	5.78 ^a	4.44 ^a	4.72 ^a	0.250 ^b
	春 茶 Spring	台茶17號 TTES NO.17	37.75 ^a	10.52 ^a	9.98 ^a	2.98 ^b	4.97 ^b	0.196 ^d
		台茶12號 TTES NO.12	31.69 ^c	6.96 ^b	6.23 ^c	2.93 ^b	5.39 ^a	0.256 ^b
		青心大冇 Chinshin Dapang	32.84 ^b	6.54 ^c	6.16 ^c	3.39 ^a	5.32 ^a	0.326 ^a
		青心烏龍 Chinshin Oolong	32.57 ^c	7.21 ^b	6.95 ^b	3.48 ^a	4.67 ^c	0.242 ^c
	夏 茶 Summer	台茶17號 TTES NO.17	35.07 ^a	8.01 ^a	7.53 ^a	2.07 ^c	4.59 ^a	0.264 ^c
		台茶12號 TTES NO.12	30.91 ^c	4.91 ^c	4.85 ^c	2.72 ^b	3.54 ^b	0.357 ^a
		青心大冇 Chinshin Dapang	30.81 ^c	5.01 ^c	5.99 ^b	2.65 ^b	3.36 ^c	0.295 ^b
		青心烏龍 Chinshin Oolong	33.82 ^b	5.31 ^b	7.55 ^a	4.27 ^a	3.13 ^d	0.267 ^c
	秋 茶 Autumn	台茶17號 TTES NO.17	28.58 ^c	6.92 ^a	6.24 ^b	2.86 ^d	4.13 ^b	0.195 ^b
		台茶12號 TTES NO.12	25.02 ^d	4.64 ^c	4.33 ^d	3.64 ^b	3.18 ^d	0.250 ^a
		青心大冇 Chinshin Dapang	29.83 ^b	5.45 ^b	5.39 ^c	3.38 ^c	4.39 ^a	0.250 ^a
		青心烏龍 Chinshin Oolong	32.88 ^a	6.91 ^a	7.84 ^a	4.02 ^a	3.60 ^c	0.163 ^c
	冬 茶 Winter	台茶17號 TTES NO.17	31.19 ^a	8.90 ^a	4.90 ^b	2.75 ^b	3.50 ^c	0.203 ^a
		台茶12號 TTES NO.12	31.00 ^a	5.49 ^d	4.61 ^c	3.20 ^a	3.70 ^b	0.151 ^b
		青心大冇 Chinshin Dapang	28.52 ^b	5.89 ^c	4.30 ^d	2.80 ^b	3.73 ^b	0.156 ^b
		青心烏龍 Chinshin Oolong	31.20 ^a	6.36 ^b	5.39 ^a	3.20 ^a	4.45 ^a	0.147 ^b
1994	早春茶 Early Spring	台茶17號 TTES NO.17	33.05 ^a	7.62 ^a	6.22 ^a	2.71 ^d	3.86 ^a	0.159 ^a
		台茶12號 TTES NO.12	32.34 ^a	6.76 ^b	5.57 ^b	3.68 ^b	2.47 ^c	0.108 ^c
		青心大冇 Chinshin Dapang	31.31 ^b	6.28 ^c	5.07 ^c	3.37 ^c	3.17 ^b	0.132 ^b
		青心烏龍 Chinshin Oolong	29.85 ^c	5.64 ^d	5.14 ^c	4.19 ^a	1.84 ^d	0.120 ^{bc}
	春 茶 Spring	台茶17號 TTES NO.17	34.24 ^a	8.24 ^a	8.25 ^a	2.83 ^a	3.89 ^b	0.288 ^d
		台茶12號 TTES NO.12	30.73 ^c	6.96 ^d	6.54 ^d	2.47 ^c	3.77 ^c	0.302 ^c
		青心大冇 Chinshin Dapang	33.51 ^b	7.49 ^c	6.87 ^c	2.58 ^b	4.34 ^a	0.386 ^a
		青心烏龍 Chinshin Oolong	33.51 ^b	7.79 ^b	7.46 ^b	2.79 ^a	3.67 ^c	0.349 ^b

註：表中直行平均值後之英文字母相同者表示未達鄧肯氏多變域分析5%顯著差異。

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

表 7. 不同季節及品種茶樹芽葉成茶（一心二葉）之重要化學成分
Table 7. Chemical composition of different season and varieties of made tea shoot (two leaves & one bud).

年度 Year	季 節 Season	品 種 Variety	可 溶 分 Soluble solids (%DW)	多 元 酚 Polyphenol (%DW)	兒茶素類 Catechins (%DW)	可 溶 糖 Soluble sugars (%DW)	咖 啡 因 Caffeine (%DW)	胺 基 酸 Amino acid (O.D)
1993	早春茶 Early Spring	台茶17號 TTES NO.17	34.57 ^c	9.27 ^a	11.60 ^b	2.29 ^b	4.43 ^b	0.307 ^a
		台茶12號 TTES NO.12	34.91 ^b	8.35 ^b	11.32 ^{bc}	3.09 ^a	3.34 ^c	0.161 ^d
		青心大有 Chinshin Dapang	37.36 ^d	9.18 ^a	12.21 ^a	3.04 ^a	4.04 ^b	0.288 ^b
		青心烏龍 Chinshin Oolong	33.95 ^a	7.45 ^c	11.18 ^c	2.29 ^b	3.13 ^d	0.195 ^c
	春 茶 Spring	台茶17號 TTES NO.17	38.40 ^b	11.77 ^a	14.16 ^a	2.65 ^c	4.73 ^a	0.418 ^a
		台茶12號 TTES NO.12	34.80 ^d	8.57 ^d	11.11 ^c	2.88 ^b	3.54 ^d	0.258 ^c
		青心大有 Chinshin Dapang	39.50 ^a	10.27 ^b	13.86 ^a	3.19 ^a	4.50 ^b	0.238 ^c
		青心烏龍 Chinshin Oolong	37.70 ^c	9.42 ^c	12.10 ^b	2.99 ^b	4.22 ^c	0.308 ^b
	夏 茶 Summer	台茶17號 TTES NO.17	38.40 ^a	11.77 ^a	11.48 ^a	2.63 ^a	4.26 ^a	0.250 ^b
		台茶12號 TTES NO.12	32.30 ^d	6.35 ^c	8.55 ^d	2.07 ^b	3.47 ^b	0.323 ^a
		青心大有 Chinshin Dapang	34.50 ^c	5.95 ^d	10.27 ^b	2.77 ^a	2.97 ^c	0.326 ^a
		青心烏龍 Chinshin Oolong	36.50 ^b	6.77 ^b	9.42 ^c	2.71 ^a	2.88 ^d	0.334 ^a
	秋 茶 Autumn	台茶17號 TTES NO.17	31.20 ^c	8.90 ^a	9.81 ^c	2.74 ^b	3.91 ^b	0.203 ^d
		台茶12號 TTES NO.12	27.90 ^d	6.35 ^c	7.65 ^d	3.36 ^a	3.04 ^d	0.299 ^b
		青心大有 Chinshin Dapang	34.90 ^b	8.11 ^b	11.05 ^b	2.81 ^b	4.15 ^a	0.260 ^c
		青心烏龍 Chinshin Oolong	36.30 ^a	8.95 ^a	12.38 ^a	3.20 ^a	3.55 ^c	0.340 ^a
	冬 茶 Winter	台茶17號 TTES NO.17	36.70 ^a	8.95 ^a	10.95 ^a	2.00 ^d	4.32 ^a	0.171 ^b
		台茶12號 TTES NO.12	34.50 ^c	7.48 ^b	8.96 ^d	2.47 ^b	3.56 ^c	0.160 ^b
		青心大有 Chinshin Dapang	24.50 ^c	7.39 ^b	9.31 ^c	2.26 ^c	3.94 ^b	0.211 ^a
		青心烏龍 Chinshin Oolong	36.00 ^b	8.20 ^{ab}	9.75 ^d	2.77 ^a	3.48 ^d	0.197 ^a
	早春茶 Early Spring	台茶17號 TTES NO.17	38.10 ^a	10.29 ^a	9.90 ^a	1.93 ^d	3.79 ^a	0.079 ^d
		台茶12號 TTES NO.12	32.90 ^a	6.80 ^a	8.84 ^c	3.00 ^b	2.37 ^c	0.117 ^b
		青心大有 Chinshin Dapang	35.60 ^b	9.03 ^b	9.47 ^{ab}	2.62 ^c	3.18 ^b	0.183 ^a
		青心烏龍 Chinshin Oolong	33.10 ^c	7.23 ^c	9.28 ^{bc}	3.30 ^a	2.05 ^d	0.100 ^c
	春 茶 Spring	台茶17號 TTES NO.17	37.70 ^a	11.29 ^a	13.97 ^a	2.18 ^b	3.97 ^a	0.317 ^b
		台茶12號 TTES NO.12	37.30 ^a	9.99 ^b	11.31 ^c	2.05 ^c	3.94 ^a	0.253 ^c
		青心大有 Chinshin Dapang	36.10 ^a	9.69 ^b	12.06 ^b	2.37 ^a	3.92 ^a	0.240 ^d
		青心烏龍 Chinshin Oolong	36.40 ^a	9.48 ^b	11.82 ^a	2.45 ^a	3.77 ^a	0.396 ^a

註：表中直行平均值後之英文字母相同者表示未達鄧肯氏多變域分析5%顯著差異。

表 8. 不同萌芽期品種製茶品質比較表 (1994)

Table 8. Comparison on the tea quality among the differet sprouting varieties.

季 節 Season	品 種 Variety	包 種 茶 品 質 Quality of pauchung tea				
		形狀(10%) Appearance	色澤(10%) Color	水 色(20%) Color of liquor	香味(60%) Flavor	總成績 Total
早春茶 Early Spring	台茶17號 TTES NO.17	8.0	7.0	16.0	33.0	64.0
	台茶12號 TTES NO.12	8.0	8.0	16.0	39.0	71.0
	青心大冇 Chinshin Dapang	8.0	7.5	15.0	36.0	66.5
	青心烏龍 Chinshin Oolong	7.0	6.5	15.0	37.0	66.5
春 茶 Spring	台茶17號 TTES NO.17	6.0	7.0	12.0	32.0	57.0
	台茶12號 TTES NO.12	8.0	7.0	14.0	40.0	69.0
	青心大冇 Chinshin Dapang	7.5	7.0	16.0	38.0	68.5
	青心烏龍 Chinshin Oolong	7.0	7.0	14.0	35.0	63.0
夏 茶 Summer	台茶17號 TTES NO.17	7.0	6.0	14.0	35.0	62.0
	台茶12號 TTES NO.12	7.0	6.5	15.0	40.0	68.5
	青心大冇 Chinshin Dapang	7.0	7.0	17.0	38.0	69.0
	青心烏龍 Chinshin Oolong	6.5	7.5	15.0	34.0	63.0
秋 茶 Autumn	台茶17號 TTES NO.17	6.5	6.0	15.0	34.0	61.5
	台茶12號 TTES NO.12	7.5	7.5	17.0	38.0	70.0
	青心大冇 Chinshin Dapang	7.4	7.5	17.0	42.0	73.9
	青心烏龍 Chinshin Oolong	7.7	7.5	17.0	39.0	71.2
冬 茶 Winter	台茶17號 TTES NO.17	8.0	5.0	12.0	32.0	57.0
	台茶12號 TTES NO.12	8.0	6.0	14.0	34.0	62.0
	青心大冇 Chinshin Dapang	6.0	7.0	16.0	40.0	69.0
	青心烏龍 Chinshin Oolong	7.0	8.0	16.0	38.0	69.0

結 論

東部茶區種植晚生青心烏龍為主，造成春茶產期最晚且集中，導致採摘及製茶人工缺乏，增加成本。冬季北部茶樹為休眠期，此時東部地區日照長，氣候仍溫和，茶樹全年萌芽可採摘七次，尤其產製早春及晚冬茶收益高，茶農最重視，種植普遍之晚生青心烏龍種茶農利用剪枝，施肥及灌溉等栽培法促進春茶提早產期，但效果仍受氣候因子的限制，增加生產成本，茶樹的萌芽期及採摘期的控制，視氣候環境及栽培管理而定，品種間亦表現不同的生長因此種植早生品種茶樹為解決採茶及製茶缺工最根本之方法，不但降低成本，且較利用栽培法調節產期經濟有效。

台茶12號早春茶較青心烏龍種產期提早17日，且不論早春或晚冬茶產量高，台茶12號樹勢強、產量高、萌芽期早、採摘期長、抗旱及抗枝枯病強的品種，提供東部茶區選擇種植品之參考。

誌 謝

本試驗承蒙中正農業科技社會公益基金會補助試驗經費，鄭混元先生化學分析及李淑美小姐、徐福聲、張德旺、張籌才及柯憲達諸先生，協助調查、製茶、評茶及統計等工作，謹誌謝意。

參考文獻

1. 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. 台北. 台灣。
2. 吳振鐸、馮鑑淮. 1984. 七十二年度命名茶樹新品種台茶十四—十七號的育成. 台灣省茶業改良場研究特刊第一號。
3. 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. 台灣茶業研究彙報 3: 81—90。
4. 陳國任、謝邦昌、蔡文福. 1989. 水分、溫度對茶樹生育及茶芽特性之影響. 台灣地區農業氣象資源應用研討會P.73—94。
5. 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. 台灣茶業研究彙報 11: 31—44。
6. 陳國任、蔡文福. 1992. 缺水及不同溫度處理對茶樹芽葉化學成分及製茶品質之影響. 台灣茶業研究彙報11: 45—46。
7. 陳右人、蔡俊明. 1990. 不同淺剪枝時期對茶菁生產週期調整與品質之影響. 台灣省茶業改良場79年年報P.16—20。
8. 陳右人. 1991. 氰胺對冬茶產量與生長之影響. 台灣茶業研究彙報10: 23—32。
9. 馮鑑淮. 1987. 栽培法促進春茶萌芽方法之研究. 茶業改良場75年年報P.6—7。
10. 馮鑑淮. 1988. 茶樹育種提早選種指標的研究(1)品種芽葉農藝性狀與產量及部份發酵茶品質的路徑分析. 台灣茶業研究彙報 7: 79—90。

11. 馮鑑淮. 1991. 剪枝時期配合遮蓋與灌溉對春茶萌芽及產量之影響. 茶業改良場年報P. 171-174。
12. 蔡右任、阮逸明. 1987. 茶葉中咖啡因快速簡便測定法之研究. 台灣茶業研究彙報 6: 1-6。
13. 蔡永生、區少梅、張如華. 1990. 不同品種包種茶官能品質與化學成分之特徵與判別分析 台灣茶業研究彙報 9: 79-97。
14. Somogyi, M. 1945. A new reagent for the determination of Sugars. J. Biol. Chem. 160:61-68.
15. Bokuchava, M.A. and Skobeleva, N.I. 1969. The chemistry and biochemistry of tea and tea manufacture. Advances in Food Research 17:215-229.
16. Mwakha, E. 1985. Tea shoot growth of different altitudes in western Kenya. Tea 6(2):19-24.
17. Nakagaya, M. and Ishima, N. 1971. Evaluation of green tea liquor. Study of Tea 41:41-44.
18. Sakar, S.K. and Howarth, R.E. 1976. Specificity of the vanillin in test for flavanols. J. Agric. Food Chem. 24:317-320.
19. Tanton, T.W. 1982. Environmental factor affecting the yield of tea (Camellia sinensis L.) I. Effects of air temperature. Expt. Agric. 18:47-52.

Study on the Harvest Date, Yield, Chemical Composition and Pouchong Tea Quality among the Varieties in the Eastern Taiwan

Chian-Hoai Fong¹ Kuo-Renn Chen²

Summary

The experimental investigation on the shoot growth , harvest date, yield, chemical composition and Pouchong tea quality were studied among the different sprouting date variety in the eastern Taiwan. Results obtained were summarized as follow:

Harvest date of TTES No.17 was earliest, TTES No.12 was earlier, Chinshin Oolong was latest on the early spring tea or late winter tea . The plucking period and growth day was longer on the variety of latest sprouting date. Planting different variety is the method that shortered worker of plucking and manufactured tea in order to obtain lower cost and higher economic advantage and to regulate harvest date.

Late winter season was drought period or suffer cold current in the eastern tea district. The shoot growth of Chinshin Oolong was inhibited so that caused decreasing of yield, thinness and shorter of the internode diameter, smaller leaf area and lowered the weights of 100 shoots.

Soluble solid and catechin content was higher on the TTES No.17 and Chinshin Oolong. The soluble sugar content of TTES No.12 and Chinshin Dapang were higher and suited to manufacture Pouchong tea variety.

The record on the aroma and taste of Pouchong tea of TTES No.12 was best, Chinshin Oolong was better and TTES No.17 was worse in the early spring and spring seasons.

1.Associate Agronomist and the Head of Department of Agronomy of Taiwan Tea Experiment Station Taitung Sudstation, Luyeh, Taitung, Taiwan.

2.Director , Taitung Substation of Taiwan Tea Experiment Station.

東部茶區氣象條件對茶樹 芽葉生育之影響¹

鄭 混 元²

摘 要

本試驗於1992及1993年在台東縣低海拔之卑南鄉美農高台(285m)、鹿野鄉永安高台(325m)及中海拔之太麻里鄉金針山(1000m)進行茶樹(*Camellia sinensis* (L.) Kuntze)芽葉生長調查及氣象因子觀測。探討不同海拔茶區氣象條件對茶樹芽葉生育之影響，以做為茶區輔導與規劃之參考。結果如下：

- 一、不同海拔茶區溫度、相對濕度及風速均有差異，中低海拔茶區之年平均溫度相差約2.8℃，最高溫度相差2.1—2.8℃，最低溫度相差1.2—2.5℃。相對濕度則以最低相對濕度在中低海拔茶區差異較明顯，中低海拔茶區分別為70%及50%以上。由年平均風速來看，中海拔茶區風速較小，為1.2 m/s；低海拔茶區較大，為1.7—2.0 m/s。
- 二、不同海拔茶區茶樹年生長期以中海拔茶區較短，為260天，只採收4—5次。低海拔茶區較長，為310—340天，可採收6—7次。
- 三、不同海拔茶區茶樹芽葉農藝性狀呈顯著或極顯著差異。在海拔285至1000m之範圍，芽長隨海拔之增高而減短，葉厚反而較厚，葉面積在海拔間表現較不一致。
- 四、兩品種芽葉產量與海拔高度呈負相關，不同海拔茶區萌芽密度及百芽重也有明顯差異，整體而言，兩品種均以中海拔茶區較低海拔茶區疏而低，萌芽密度與海拔高度達顯著或極顯著負相關。
- 五、不同海拔茶區相對濕度與葉的厚度有顯著正相關，但與萌芽密度則呈顯著負相關，萌芽密度為影響中海拔茶區芽葉產量之重要因子。

關鍵字：茶樹、東部茶區、氣象條件

1.本研究承農委會(81農建-2.1-林-28(2)及82農建-2.1-林-05(2))補助。

2.台灣省茶業改良場台東分場助理研究員。

前 言

本省茶區爲配合市場需求，近年有向東部及高山地區延伸發展之現象（邱、1992，陳、1992），究其原因，一者爲希延長春、冬優良茶季產期，故向平均氣溫較高之東部發展；一者爲希提高全期茶葉品質，故向平均氣溫較低之高海拔山區發展。前者在產期上雖佔優勢，但茶區夏季高溫、冬季乾旱，不良氣候頻繁，如颱風、焚風等（曾等、1984，魏、1990），茶葉產量變異指數大；後者在品質上雖較有利，但茶區氣溫隨海拔高度增加而遞減，茶樹年生長期短，採摘次數及產量偏低（陳、1991，陳等、1991，馮等、1993），故二者在對茶葉生產上均有其不利之氣象條件。茶樹種植本應遵循其氣象條件上之自然限制，然以往由於有關此種限制之資料缺乏，茶農盲目墾植投資，往往造成人力、財力及自然資源之重大浪費與破壞，實屬可惜。因此對東部茶區茶園環境條件之認識亦愈趨重要。本試驗擬探討不同海拔茶區氣象條件對茶樹芽葉生育之影響，以做爲茶區輔導與規劃之依據。

材料與方法

本試驗於1992及1993年在台東縣低海拔之卑南鄉美農高台（北緯22° 51'、東經121° 06'、285m）、鹿野鄉永安高台（北緯22° 54'、東經121° 07'、325m）及太麻里鄉金針山（北緯22° 38'、東經120° 58'、1000m）進行氣象因子觀測及茶樹芽葉生長調查，調查兩個栽培面積大的茶樹品種，早生種台茶12號（TTES No.12）及晚生種青心烏龍（Chin-Shin Oolong）。探討不同海拔茶區氣象條件對茶樹芽葉生育及產量因子之影響，以做爲茶區輔導與規劃之依據。

一、氣象因子觀測

於不同海拔茶區設置氣象觀測點，觀測並蒐集有關溫度、相對濕度、風速等氣象因子週年變化資料，以瞭解茶區環境條件。

二、芽葉性狀調查

於上述不同海拔茶區選擇具代表性之茶園，追蹤調查各季節之茶樹萌芽期、採摘期、芽葉產量、萌芽密度、百芽重及茶芽性狀，包括芽長、節間徑、節間長與葉長、寬、厚及面積，每重複取五芽，四重複共廿芽調查。

三、統計分析

計算各季節萌芽期至採摘期的平均溫度及相對濕度。將不同海拔茶區之平均溫度及相對濕度與芽葉產量及農藝性狀求相關。另將三個茶區、四個季節及二個品種之各種芽葉農藝性狀進行合併變方分析。

結果與討論

一、不同海拔茶區氣象環境差異

於台東茶區美農、永安及太麻里不同海拔茶區連續二年之氣象觀測結果，八十一年三個茶區之年平均溫度分別爲 22.3、22.1及19.4 °C，中低海拔茶區相差 2.8 °C，最高溫度分別爲 27.4、26.7 及 24.6 °C，中低海拔茶區相差 2.1—2.8 °C，最低溫度分別爲 18.8、17.5及16.3 °C，中低海拔茶區相差 1.2—2.5 °C。三個茶區年平均相對濕度分別爲 80.0、

83.0 及 86.8%，最高相對濕度分別為 92.5、93.8及93.6%，最低相對濕度分別為57.6、65.0及72.6%。中低海拔茶區以最低相對濕度差異較明顯，中低海拔茶區相差7.6—15%。由年平均風速可看出，中海拔茶區風速較小，為1.2m/s；低海拔茶區風速較大，為1.7-2.0 m/s。由表1可看出八十二年不同海拔茶區氣象觀測結果與八十一年有相同之趨勢，也以最低相對濕度在海拔間差異較大(表 1)。圖 1及圖 2為八十一及八十二年之月平均、最高及最低溫度與相對濕度之週年變化情形。

表 1. 不同海拔茶區年平均、最高及最低溫度與相對濕度及風速之差異
Table 1. Difference of annual mean, max. and min. air temperature, relative humidity and wind speed at different altitude tea districts.

年度 Year	地區 Location	海拔 Altitude	溫度 Temperature			相對濕度 Relative humidity			風速 Wind speed
			平均 mean	最高 max.	最低 min.	平均 mean	最高 max.	最低 min.	
		m	---°C---			--- %---			m/s
1992	美農 Meinong	285	22.3	27.4	18.8	80.0	92.5	57.6	1.7
	永安 Yungan	325	22.1	26.7	17.5	83.0	93.8	65.0	2.0
	太麻里 Taimali	1000	19.4	24.6	16.3	86.8	93.6	72.6	1.2
1993	美農 Meinong	285	22.7	27.9	19.3	76.4	89.4	56.1	1.7
	永安 Yungan	325	22.1	27.5	17.7	79.0	93.3	58.1	1.8
	太麻里 Taimali	1000	19.9	24.0	16.6	83.8	93.1	67.7	1.1

表 2 為不同海拔茶區台茶12號及青心烏龍各季節芽葉生育期之氣象環境條件，八十一年台茶12號之春茶、夏茶一、夏茶二、秋茶一及秋茶二芽葉生育期之平均溫度在中低海拔茶區相差分別為 3.7、3.1、6.1、1.0、2.8 °C。最高溫度在中低海拔茶區相差分別為 3.4、2.8、5.8、1.2、3.0 °C，最低溫度分別為1.6、2.3、3.8、0.9、1.8 °C，以夏茶二在兩海拔茶區差異最明顯，秋茶一差異較小。平均相對濕度在中低海拔茶區相差分別為5.6、7.9、4.2、3.5、7.7 %，最高相對濕度相差 1.0、2.1、0.3、0.3、1.2%，最低相對濕度相差18.0、11.1、11.4、7.5、15.3%，相對濕度以春茶、夏茶一、秋茶二在兩海拔茶區差異明顯，而以最低相對濕度差異最明顯。青心烏龍之春茶、夏茶二、秋茶一及秋茶二之平均溫度在中低海拔茶區相差分別為2.3、3.0、0.8、1.8 °C，平均相對濕度分別為5.8、4.2、2.3、7.5 %，最低相對濕度分別為15.7、9.2、7.8、14.3%，與台茶12號趨勢相同(表 2)。不同季節海拔間風速差異，由表二可看出在秋茶一差異最明顯，兩品種有同樣的趨勢。八十二年台茶12號及青心烏龍芽葉生育期之溫度在海拔間之差異以春茶最明顯，相對濕度以秋茶差異較大，風速以夏茶二差異最明顯(表 2)。由年度間不同海拔茶區氣象變化幅度，可看出八十一年中低海拔茶區差異比較明顯。

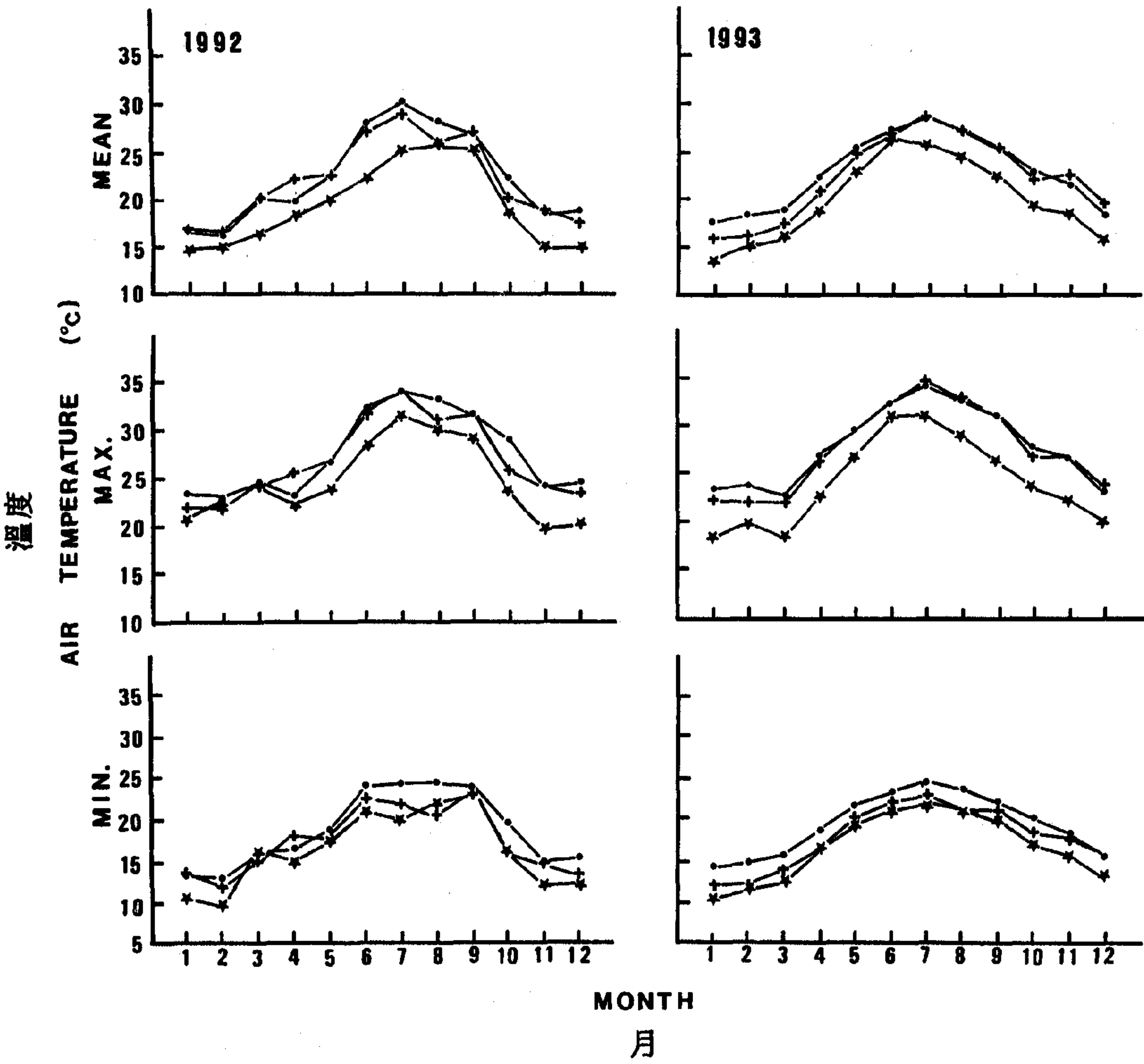


圖 1. 1992至1993年三個海拔茶區之月平均、最高及最低溫度週年變化

Fig 1. Monthly mean, maximum and minimum air temperature at three altitude tea districts from 1992 to 1993.

美農(Meinong) - · - · - · -
永安(Yungan) - + - + - + -
太麻里(Taimali) - * - * - * -

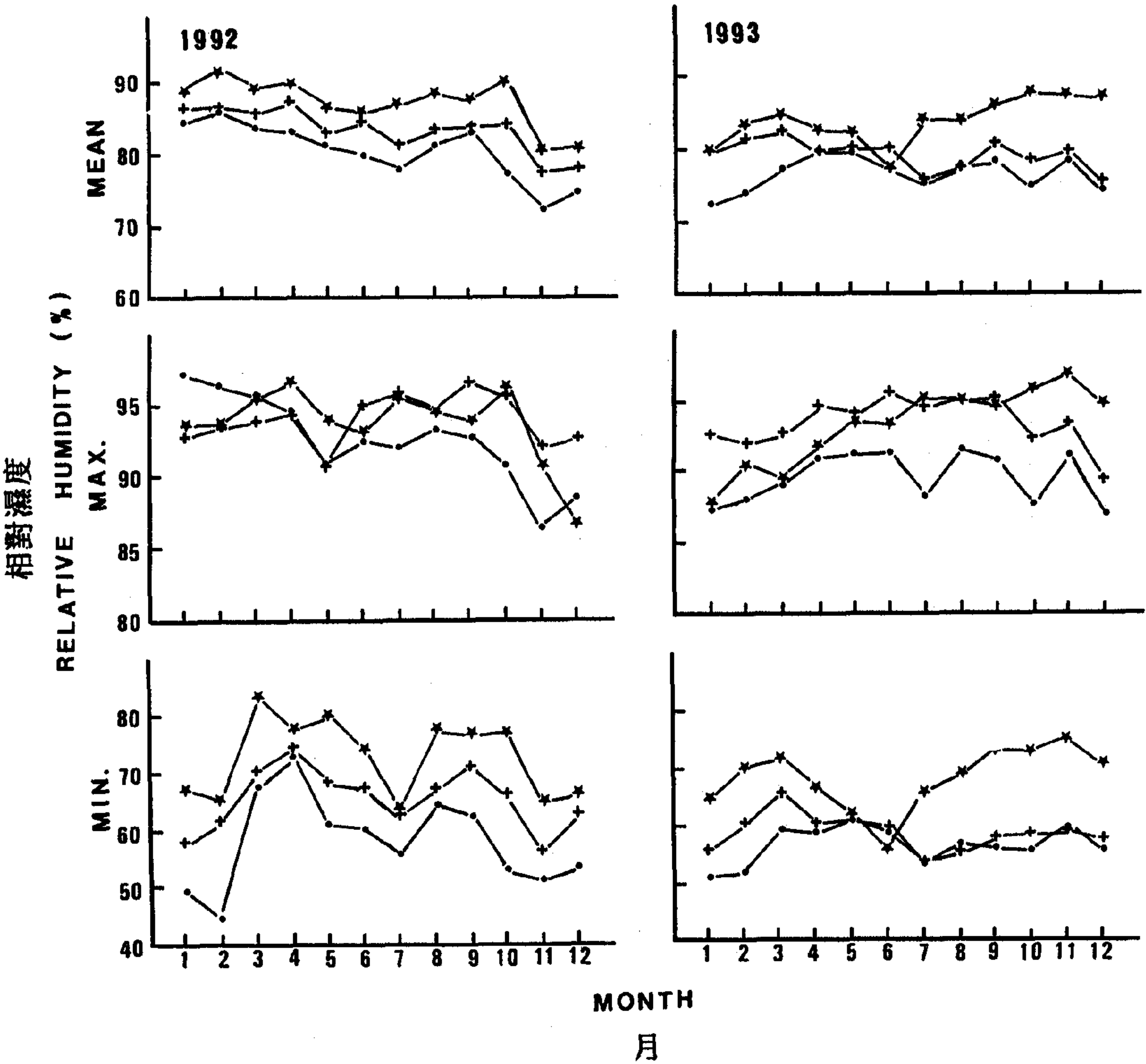


圖 2. 1992至1993年三個海拔茶區之月平均、最高及最低相對濕度週年變化

Fig 2. Monthly mean, maximum and minimum relative humidity at three altitude tea districts from 1992 to 1993.

美農(Meinong) - . - . - . -
永安(Yungan) - + - + - + -
太麻里(Taimali) - * - * - * -

表 2. 不同海拔茶區台茶12號及青心烏龍芽葉生育期氣象資料
Table 2. Climate properties of shoot growth period on the TTES No.12 and Chin-Shin Oolong at different altitude tea districts.

年度	季節	地區	台茶12號 TTES No. 12							青心烏龍 Chin-Shin Oolong						
			溫度			相對濕度			風速	溫度			相對濕度			風速
			平均	最高	最低	平均	最高	最低		平均	最高	最低	平均	最高	最低	
Year	Season	Location	mean	max.	min.	mean	max.	min.	speed	mean	max.	min.	mean	max.	min.	speed
			----- °C -----			----- % -----			m/s	----- °C -----			----- % -----			m/s
1992	春茶 Spring	美農	17.7	21.8	14.3	85.2	94.8	64.2	1.63	18.7	22.8	14.6	84.7	95.1	63.9	1.67
		永安	17.9	22.4	13.7	86.9	93.4	71.9	—	18.5	23.0	14.1	86.1	93.4	71.5	—
		太麻里	14.1	18.7	12.4	91.7	95.1	86.1	0.75	16.3	19.7	13.8	91.2	95.5	83.4	0.81
	夏茶一 1st Summer	美農	21.9	25.7	18.8	77.5	94.6	63.0	1.46	21.5	25.2	18.4	83.4	94.7	65.0	1.44
		永安	23.7	27.8	18.5	83.0	92.4	68.3	—	22.7	26.6	17.9	83.7	93.0	69.2	—
		太麻里	19.7	23.9	16.3	88.2	95.6	76.8	0.93	—	—	—	—	—	—	—
	夏茶二 2nd Summer	美農	28.3	33.1	24.7	79.2	92.0	59.1	1.49	27.0	31.8	23.3	78.6	91.9	58.4	1.45
		永安	27.6	32.1	22.7	82.5	94.9	66.8	1.14	25.6	29.9	21.2	82.6	93.5	67.0	1.01
		太麻里	21.8	26.8	19.9	85.1	93.1	74.4	0.88	23.3	28.4	20.6	84.8	93.1	71.9	1.10
	秋茶一 1st Autumn	美農	28.2	33.9	24.5	80.8	93.1	63.0	1.55	28.3	33.0	24.5	80.6	93.0	61.9	1.57
		永安	25.2	29.3	20.5	86.3	95.3	72.6	1.36	24.8	29.1	20.4	87.0	95.5	73.0	1.35
		太麻里	25.7	30.4	21.6	87.1	94.5	75.3	0.34	25.7	30.4	21.6	86.1	94.5	75.3	0.36
	秋茶二 2nd Autumn	美農	25.4	31.6	22.6	78.4	92.3	56.5	1.89	25.3	31.6	22.5	78.0	92.3	55.9	1.97
		永安	21.7	27.0	17.5	85.6	96.2	68.3	2.35	22.4	28.1	17.9	85.7	96.6	67.8	2.14
		太麻里	20.7	26.3	18.2	89.7	95.5	77.7	2.67	22.0	26.4	18.3	89.4	95.1	76.2	2.47
	冬茶 Winter	美農	18.3	24.0	15.3	73.2	87.1	51.8	1.78	18.2	23.6	15.1	73.8	88.0	52.8	1.76
		永安	18.2	23.2	14.4	80.2	92.2	60.0	1.99	18.4	23.5	14.3	79.5	92.2	58.5	2.00
		太麻里	15.1	19.8	12.3	80.3	88.7	65.4	1.85	—	—	—	—	—	—	—
1993	春茶 Spring	美農	18.8	23.2	14.9	76.7	89.5	55.6	1.76	19.2	23.4	15.5	76.0	89.1	56.5	1.74
		永安	15.5	21.0	11.8	80.9	92.0	60.7	1.26	18.6	23.5	14.9	80.8	92.4	64.7	1.65
		太麻里	14.5	18.5	9.2	82.3	89.6	69.7	1.49	16.3	19.6	13.1	84.9	94.1	71.4	0.96
	夏茶一 1st Summer	美農	22.8	27.5	19.3	79.3	90.7	58.6	1.62	24.0	28.9	20.2	78.9	90.9	58.0	1.60
		永安	20.7	26.0	16.5	80.3	93.9	57.5	1.56	—	—	—	—	—	—	—
		太麻里	22.4	26.1	18.8	80.1	91.7	58.9	0.45	23.7	27.0	19.4	81.0	92.9	60.0	0.56
	夏茶二 2nd Summer	美農	27.6	33.2	23.5	76.4	91.3	56.5	1.55	26.2	30.8	22.4	76.8	90.6	59.3	1.47
		永安	25.8	31.3	21.3	80.4	95.5	60.6	1.00	24.9	29.9	20.6	80.1	94.5	60.9	1.13
		太麻里	25.9	31.6	21.6	79.1	93.3	57.1	0.50	25.3	30.5	21.6	84.1	94.9	67.3	0.23
	秋茶 Autumn	美農	25.4	31.2	22.2	77.4	90.7	54.8	1.52	24.9	30.5	21.8	76.6	89.6	55.2	1.68
		永安	25.7	31.6	20.6	78.3	94.8	55.2	1.23	24.7	30.3	20.7	79.8	94.2	57.7	1.49
		太麻里	23.8	27.8	20.6	83.9	94.3	69.4	0.70	22.2	26.0	19.5	85.5	94.0	72.3	1.56
	冬茶 Winter	美農	21.2	26.6	18.1	76.9	89.9	57.3	1.70	20.0	25.4	16.8	75.3	88.8	55.8	1.86
		永安	22.2	27.4	18.0	79.4	93.4	57.2	1.64	20.9	26.4	16.8	79.4	93.0	57.0	1.53
		太麻里	16.9	21.0	14.3	87.3	95.7	72.4	2.15	—	—	—	—	—	—	—

太麻里冬茶為11-12月之平均值

二氣象條件對茶樹年生長期及採摘次數之影響

茶樹每年新梢萌發次數通常為4－6次，因品種、氣象條件及栽培管理措施而異。在東部茶區由於較高溫日照長，有早春及晚冬茶可採收，全年採收次數可增加到7－8次，茶農為維持茶樹的樹勢，並不是每一茶季均行採摘。由本試驗在三個海拔茶區調查結果顯示，不同海拔茶區茶樹之年生長期及採收次數均有明顯的差異，品種間表現也不一致。在低海拔茶區台茶12號之年生長期自一月下旬至十二月下旬，總計生長日數為310－330天，可採收6－7次；但在中海拔茶區由於溫度較低(圖 1)，年生長期自一月下旬至十月下旬，生長期較短，只有270天，採收次數也相對減少，只可採收 5次。青心烏龍之年生長期在低海拔茶區自二月中旬至十二月下旬，生長日數為310天，可採收6－7次，但中海拔茶區為二月上旬至十月下旬，只能採收 4次(表 3)。在中海拔茶區由於氣候的影響，春冬茶季茶樹萌芽易受限制或已萌芽但芽葉生長不佳，因此生長期受影響，採收次數相對減少(表3、6)。品種間的採摘次數在低海拔茶區沒有明顯差異，但在中海拔茶區已有明顯差異，晚生種青心烏龍比早生種少收一次。在西部茶區，馮等(1993)分別調查桃、竹、苗及中部茶區茶樹生長期，其採收次數，年生長期也與東部茶區相異。陳(1992)也指出在海拔愈低之茶區茶樹採摘次數則隨年生長期增加而增加，本試驗也有相同的結果。

表 3. 不同海拔茶區台茶12號及青心烏龍年生長期之差異
Table 3. Difference of annual growth period on the TTES No.12 and Chin-Shin Oolong at different altitude tea districts.

品種 Variety	地區 Location	海拔 Altitude	年生長期 Annual growth period			採摘次數 Plucking times
			開始 Beginning	結束 End	日 Days	
台茶12號 TTES No.12	美農 Meinong	285	Feb.1-10	Dec.11-20	310	7
	永安 Yungan	325	Jan.21-31	Dec.21-31	330	6
	太麻里 Taimali	1000	Jan.21-31	Oct.21-31	270	5
青心烏龍 Chin-Shin Oolong	美農 Meinong	285	Feb.11-20	Dec.21-31	310	7
	永安 Yungan	325	Feb.11-20	Dec.21-31	310	6
	太麻里 Taimali	1000	Feb.1-10	Oct.21-31	260	4

三氣象條件對茶樹芽葉採摘期之影響

茶樹芽葉萌芽期、採摘期除了受氣象條件影響外，剪枝、修剪時期、土壤、施肥、灌溉及覆蓋等栽培管理措施均會造成採摘期的差異(馮等，1994)。在本試驗調查的三個不同海拔茶區之萌芽期及採摘期均沒有比較明顯的差別 (表 4)，可能是三個茶區海拔高度均在1000公尺以下，因此獲得的結果較為一致。由此可知，在東部茶區的太麻里、美農及永安三個茶區應如何來作產期調節，以錯開採收期，適當的分配勞力及降低採茶、製茶之生產成本，為

目前茶園經營管理相當重要的課題。調查各季節芽葉之生長日數，兩品種沒有同樣之趨勢。以春茶來看，青心烏龍在中海拔茶區生長日數較長，為78天；比低海拔茶區之50-55 天，多23-29 天，可看出中海拔茶區芽葉生長較為緩慢，台茶12號就沒有明顯差異(表四)。其他季節海拔間芽葉生長日數差異小，可能是茶農為顧及製茶品質與天候上之良好製茶條件，因而使得某些季節芽葉生長日數較低海拔茶區短，但整體來看還是以低海拔茶區芽葉生長日數較短。可知不同海拔茶區氣象條件之差異亦影響芽葉萌發至採摘之時間。

表 4. 不同海拔茶區台茶12號及青心烏龍萌芽期、採摘期及芽葉生長日數之差異
Table 4. Difference of bud burst date,plucking date and shoot growth day on the TTES No.12 and Chin-Shin Oolong at different altitude tea districts.

品種 Variety	季節 Crop season	萌芽期 Bud burst date						採摘期 Plucking date						生長日數 Shoot growth day					
		美濃 Meinong		永安 Yungan		太麻里 Taimali		美濃 Meinong		永安 Yungan		太麻里 Taimali		美濃 Meinong		永安 Yungan		太麻里 Taimali	
		I		I		I		I		I		I		I		I		I	
		II		II		II		II		II		II		II		II		II	
台茶12號 TTES No.12	春茶 Spring	Feb.16	Feb.6	Feb.1	Jan.28	Feb.10	Jan.28	Mar.18	Mar.7	Mar.18	Mar.10	Mar.24	Mar.11	32	30	47	42	44	43
	夏茶一 1st Summer	Apr.13	Mar.27	Apr.17	Mar.24	Apr.10	Apr.22	May.13	May.12	May.13	May.5	May.14	May.19	31	47	27	43	35	28
	夏茶二 2nd Summer	Jun.7	Jun.5	Jun.1	May.22	May.29	Jun.8	Jul.9	Jun.30	Jul.9	Jun.30	Jun.28	Jul.8	33	26	39	40	31	31
	秋茶一 1st Autumn	Aug.5	Aug.28	Aug.10	Aug.21	Jul.25	Aug.8	Sep.27	Sep.29	Sep.7	Sep.24	Aug.26	Sep.6	29	33	29	35	33	30
	秋茶二 2nd Autumn	Sep.12	—	Sep.17	—	Sep.17	Sep.24	Oct.12	—	Oct.21	—	Oct.24	Oct.22	31	—	35	—	38	29
	冬茶 Winter	Nov.1	Oct.22	Nov.7	Oct.11	—	—	Dec.16	Dec.1	Dec.30	Nov.10	Nov.25	—	46	41	54	31	—	—
青心烏龍 Chin-Shin Oolong	春茶 Spring	Feb.16	Feb.3	Feb.11	Mar.1	Feb.4	Feb.4	Mar.28	Mar.31	Mar.31	Apr.24	Apr.22	Apr.22	42	57	50	55	79	78
	夏茶一 1st Summer	Apr.6	Apr.10	Apr.10	—	—	May.2	May.13	May.12	May.13	—	—	Jun.14	38	33	34	—	—	44
	夏茶二 2nd Summer	May.27	May.20	May.20	May.3	Jun.1	Jul.8	Jul.1	Jun.23	Jul.2	Jun.16	Jul.14	Aug.14	36	35	44	45	44	38
	秋茶一 1st Autumn	Aug.1	—	Aug.12	—	Jul.24	—	Sep.2	—	Sep.7	—	Aug.26	—	33	—	27	—	34	—
	秋茶二 2nd Autumn	Sep.14	Aug.26	Sep.16	Sep.1	Sep.13	Aug.30	Oct.15	Oct.12	Oct.15	Oct.4	Oct.24	Oct.6	32	48	30	34	42	38
	冬茶 Winter	Nov.7	Nov.12	Nov.18	Oct.22	—	—	Dec.23	Dec.12	Dec.30	Nov.24	—	—	47	31	43	34	—	—

I :1992 II :1993

四氣象條件對茶樹芽葉性狀之影響

包括三個不同海拔茶區、四個季節及二個品種田間調查之有關芽葉農藝性狀，經綜合變方分析顯示，八十一年茶樹芽葉長度、第一節間徑、第一、二節間長、第二葉厚、第三葉長、寬、厚、面積及八十二年之芽葉長度、第一、二節間徑、第二葉厚、第三葉長、寬、厚、面積在海拔間有顯著或極顯著差異。季節間不論年度，第一、二節間徑或節間長及第二、三葉性狀均有極顯著差異，而且海拔與季節、海拔與品種、季節與品種芽葉大部分性狀也有顯著或極顯著交感(表 5)。

(一)春作海拔間茶樹芽葉性狀之差異

春作三個海拔茶區芽葉長度沒有明顯差異，中海拔茶區芽葉長度與低海拔茶區相當或較短，年度、品種呈現不一致之趨勢 (表 6、 7)。由海拔高度與芽長之相關來看，兩者皆未達顯著相關，但有負相關之趨勢。海拔間溫濕度與芽長也沒有顯著相關，顯示在海拔1000公尺以下，海拔間溫濕度對春作芽葉長度影響較小。八十一年海拔高度與兩品種葉的厚度達顯著或極顯著相關，八十二年則未達顯著(表 8)。葉的厚度與相對濕度則有極顯著

正相關為 +0.946 ($P < 0.01$) (表 9)，兩品種有同樣的趨勢，由上述結果顯示，中海拔茶區由於溫度較低，相對濕度較高，有利於葉片厚度的生長，馮等(1993)分析葉厚與製茶品質之關係指出葉片愈厚，製茶品質較佳，也指出高海拔茶區比低海拔茶區葉厚較厚，本試驗也有相同的結果。中海拔茶區芽葉面積大小介於二個低海拔茶區之間或較小，年度間表現不一致(表6、7)，由相關結果顯示不論品種，八十一年均有顯著或極顯著負相關，八十二年則有正相關，但未達顯著(表 8)，海拔間溫濕度與葉面積也均未達顯著相關(表 9)。

表 5. 三個不同海拔茶區茶樹芽葉農藝性狀之合併變方分析
Table 5. Combined analysis of variance (F-value) for agronomic characteristics of tea tree at different altitude tea districts.

變因 Source of variation	自由度 df	芽長 Shoot length	節間徑 Internode diameter		節間長 Internode length		第二葉 2nd leaf				第三葉 3rd leaf			
			第一 1st	第二 2nd	第一 1st	第二 2nd	長 Length	寬 Width	厚 Thickness	面積 Area	長 Length	寬 Width	厚 Thickness	面積 Area
1992														
地區 Location (L)	2	133**	10*	4	8*	8*	2	4	6*	2	5*	7*	8*	6*
季節 Crop season (C)	3	63**	50**	35**	79**	53**	92**	67**	10**	99**	52**	39**	16**	54**
地區×季節 L × C	6	6**	9**	4**	4**	4**	9**	5**	33**	7**	5**	1	12**	2
品種 Variety (V)	1	67**	0	2	12**	64**	1	164**	33**	61**	20**	266**	69**	122**
地區×品種 L × V	2	12**	2	1	9**	10**	6**	6**	6**	7**	1	1	10**	0
季節×品種 C × V	3	1	4*	5**	2	8**	9**	1	1	2	7**	3	6**	5**
地區×季節×品種 L × C × V	6	8**	5**	5**	8**	5**	7**	5**	5**	6**	4*	8**	7**	6**
1993														
地區 Location (L)	2	35**	19**	12**	0	1	3	4	19**	4	11**	14**	14**	13**
季節 Crop season (C)	3	59**	24**	29**	16**	13**	12**	13**	12**	12**	14**	14**	8**	12**
地區×季節 L × C	6	7**	2	1	4**	3*	2	6*	9*	4*	3*	3*	7**	2
品種 Variety (V)	1	102**	10**	7*	56**	99**	16**	157**	78**	83**	0	144**	124**	37**
地區×品種 L × V	2	33**	12**	7**	5*	9**	13**	10**	10**	12**	10**	10**	2	9**
季節×品種 C × V	3	32**	13**	13**	2	9**	13**	7**	77**	9**	33**	10**	4*	19**
地區×季節×品種 L × C × V	6	14**	3*	5**	1	3*	3*	2	4**	2	5**	3*	2	4**

* and **: $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

(二)夏作海拔間茶樹芽葉性狀之差異

由夏作海拔間芽葉長度來看，整體而言，以中海拔茶區較低海拔茶區為短(表6、7)。與海拔高度均為負相關，而且在八十一年台茶12號達極顯著負相關，為-0.999 ($P < 0.01$)，與溫濕度沒有顯著相關。顯示在夏作芽長有隨海拔高度減短之趨勢，溫濕度之影響和春作之結果相似。

海拔高度與葉的厚度，八十二年結果與春作相同，但八十一年則因品種而異，台茶12號之夏茶一呈負相關，夏茶二為正相關，其與溫濕度也沒有顯著相關，但青心烏龍葉厚與溫度呈極顯著負相關為-0.856 ($P < 0.01$)，與相對濕度呈正相關，但未達顯著。海拔高度與青心烏龍葉厚也有極顯著正相關，為+0.999($P < 0.01$) (表 8、9)。可以看出青心烏龍在夏茶二較易受環境影響。葉面積在海拔間之趨勢與春作有同樣之結果。

表 6. 不同海拔茶區台茶12號及青心烏龍芽葉農藝性狀之差異(1992)
Table 6. Difference of shoot agronomic characteristics on the TTES No.12 and Chin-Shin Oolong at different altitude tea districts.(1992)

品種 Variety	季節 Crop season	地區 Location	芽長 Shoot length	節間徑 Internode diameter		節間長 Internode length		第二葉 2nd leaf				第三葉 3rd leaf			
				第一 1st	第二 2nd	第一 1st	第二 2nd	長 Length	寬 Width	厚 Thick- ness	面積 Area	長 Length	寬 Width	厚 Thick- ness	面積 Area
台茶12號 TTES No. 12	春茶 Spring	美農	cm 17.8b	-- mm -- 2.0a	-- 2.3a	-- cm -- 2.2b	-- 2.6b	cm 8.1a	cm 3.2a	mm 0.24a	cm ² 18.6a	cm 7.7a	cm 3.4a	mm 0.29a	cm ² 18.9a
		永安	23.6a	2.0a	2.2a	2.8a	4.1a	7.5a	3.2a	0.23a	17.0a	8.2a	3.7a	0.29a	22.0a
		Yungan 太麻里 Taimali	14.6c	1.7b	2.0b	1.7c	2.4b	5.2b	1.9b	0.25a	7.2b	6.4b	2.5b	0.30a	11.6b
	夏茶一 1st Summer	美農	33.8a	2.1a	2.2a	2.4a	3.4b	6.9a	2.8a	0.24a	14.1a	7.8b	3.3b	0.31a	18.8b
		永安	32.8a	2.1a	2.4a	2.9a	4.6a	6.8a	2.8a	0.25a	13.7a	8.6a	3.8a	0.29ab	23.3a
		Yungan 太麻里 Taimali	22.3b	1.8b	2.3a	2.5a	4.3a	6.6a	2.6a	0.22b	12.6a	8.5a	3.4b	0.28b	20.7ab
	夏茶二 2nd Summer	美農	41.0a	2.1a	2.5a	1.6a	2.8a	5.8a	2.4a	0.24a	10.1a	7.7a	3.1a	0.29a	17.0a
		永安	42.3a	1.9b	2.3b	1.7a	2.6ab	6.1a	2.6a	0.21b	11.3a	7.4ab	3.1a	0.25b	16.4a
		Yungan 太麻里 Taimali	25.7b	1.8b	2.1c	1.6a	3.3b	5.1b	2.0b	0.23ab	7.4b	6.6b	2.7b	0.28a	13.1b
	秋茶一 1st Autumn	美農	26.2a	1.9a	2.3a	2.6a	4.8a	6.3a	2.5a	0.23a	11.1a	7.8a	3.2a	0.29a	17.6a
		永安	27.4a	2.0a	2.2a	1.7b	3.6b	5.2b	2.1b	0.23a	7.8b	7.2a	3.2a	0.27a	16.2a
		Yungan 太麻里 Taimali	27.7a	2.0a	2.3a	1.6b	3.5b	5.1b	2.0b	0.25a	6.9b	7.1a	2.8b	0.28a	14.1b
	秋茶二 2nd Autumn	美農	27.6a	1.7a	2.0a	1.2a	2.5a	6.0a	2.4a	0.23a	10.3a	7.2a	3.2a	0.28a	16.3a
		永安	23.0ab	1.7a	2.0a	1.1a	2.4a	5.0b	2.1a	0.20b	7.4b	5.7b	2.6b	0.23b	10.4ab
		Yungan 太麻里 Taimali	20.0b	1.6a	1.9a	0.9a	2.5a	5.4b	2.1a	0.23a	8.1b	6.7a	2.9b	0.26a	13.3b
	冬茶 Winter	美農	13.8b	1.5b	1.8b	0.8a	1.6b	5.4a	2.2b	0.22b	8.7b	6.3a	2.8a	0.27b	12.6a
		永安	19.7a	1.8a	2.1a	1.0a	2.0a	5.8a	2.5b	0.24a	10.4a	5.9a	2.9a	0.28b	12.3a
		Yungan 太麻里 Taimali	10.8c	1.8a	2.1a	0.5b	1.2c	4.9b	2.1a	0.24a	7.3b	4.9b	2.2b	0.32a	7.2b
青心烏龍 Chin-Shin Oolong	春茶 Spring	美農	22.8a	2.1a	2.3a	3.1a	3.7a	8.0a	2.9a	0.25a	16.7a	8.3a	3.3a	0.31a	19.8a
		永安	15.7b	1.9b	2.2b	1.9b	2.5b	6.6b	2.5b	0.25a	12.1b	6.9b	2.8b	0.31a	13.6b
		Yungan 太麻里 Taimali	21.4a	1.9b	2.2b	1.7b	2.9b	7.3ab	2.2c	0.26a	11.7b	8.0a	2.6b	0.32a	15.1b
	夏茶一 1st Summer	美農	32.6a	2.1a	2.3a	3.4a	4.2a	7.1a	2.6a	0.26a	13.1a	7.8a	3.2a	0.33a	18.1a
		永安 Yungan	20.5b	1.7b	2.1b	1.8b	3.5b	5.7b	1.9b	0.24a	7.7b	7.1a	2.6b	0.29b	13.1b
	夏茶二 2nd Summer	美農	33.6a	2.0a	2.4a	1.5ab	2.4ab	6.0a	1.8a	0.23b	7.9a	7.7a	2.5a	0.28b	14.0a
		永安	29.6b	2.0a	2.4a	1.8a	2.8a	6.5a	2.0a	0.22b	9.4a	7.7a	2.5a	0.28b	13.7a
		Yungan 太麻里 Taimali	29.5b	2.1a	2.3a	1.3b	2.2b	6.3a	2.0a	0.29a	9.2a	7.0a	2.4a	0.36a	12.2a
	秋茶一 1st Autumn	美農	27.5a	1.8b	2.0b	1.6a	2.9a	5.5a	1.9a	0.23b	7.1a	7.0a	2.3a	0.28b	11.3a
		永安	20.8b	2.1a	2.4a	1.7a	2.8a	5.2a	1.8a	0.26a	6.5a	6.4b	2.3a	0.33a	10.1ab
		Yungan 太麻里 Taimali	24.9a	1.8b	2.0b	0.7b	1.8b	4.5b	1.6b	0.25a	5.3b	5.8c	2.2a	0.29b	8.8b
	秋茶二 2nd Autumn	美農	18.0b	2.0a	2.2a	1.0a	1.8b	5.5a	1.9a	0.26a	7.5a	6.3ab	2.2ab	0.32a	9.8ab
		永安	21.4a	1.8b	2.1ab	1.0a	2.3a	5.2a	1.8a	0.25a	6.7a	6.5a	2.4a	0.30a	10.8a
		Yungan 太麻里 Taimali	13.9c	1.8b	2.0b	0.7a	1.6b	5.0a	1.7a	0.25a	6.1a	5.9b	2.2b	0.31a	9.0b
	冬茶 Winter	美農	14.1a	1.6a	1.9a	0.9a	1.7a	5.0a	2.0a	0.22a	7.2a	5.5a	2.4a	0.26b	9.2a
		永安 Yungan	13.2a	1.6a	1.9a	0.8a	1.8a	5.0a	1.8b	0.24a	6.5a	5.8a	2.4a	0.29a	9.0a

Values followed by the same letter are not significantly different at $\alpha=0.05$

東部茶區氣象條件對茶樹芽葉生育之影響

表 7. 不同海拔茶區台茶12號及青心烏龍芽葉農藝性狀之差異(1993)
Table 7. Difference of shoot agronomic characteristics on the TTES No.12 and Chin-Shin Oolong at different altitude tea districts.(1993)

品種 Variety	季節 Crop season	地區 Location	芽長 Shoot length	節間徑 Internode diameter		節間長 Internode length		第二葉 2nd leaf				第三葉 3rd leaf			
				第一 1st	第二 2nd	第一 1st	第二 2nd	長 Length	寬 Width	厚 Thick- ness	面積 Area	長 Length	寬 Width	厚 Thick- ness	面積 Area
台茶12號 TTES No. 12	春茶 Spring	美農 Meinong	cm 15.0a	-- mm -- 1.6a	-- 2.0a	-- 1.5a	-- 2.8a	cm 5.2b	cm 2.2a	mm 0.20b	cm ² 8.2b	cm 5.2b	cm 2.7a	mm 0.24b	cm ² 9.8b
		永安 Yungan	18.2a	1.7a	2.0a	1.8a	3.1a	6.0a	2.5a	0.22a	10.6a	6.4a	3.0a	0.26a	13.7a
		太麻里 Taimali	16.3a	1.7a	2.2a	1.9a	3.0a	5.6ab	2.4a	0.22a	9.6ab	5.7ab	3.0a	0.27a	11.9ab
	夏茶一 1st Summer	美農 Meinong	24.9a	1.9a	2.2a	2.2a	3.7a	6.3a	2.3ab	0.21b	10.2a	7.9a	3.2a	0.26b	17.6b
		永安 Yungan	22.0a	1.7b	2.0b	1.4b	2.5b	5.0b	2.0a	0.26a	7.3b	6.7b	3.0a	0.30a	14.1b
		太麻里 Taimali	22.9a	1.9a	2.3a	1.9a	3.7a	6.3a	2.4b	0.22b	11.0a	8.6a	3.5a	0.29a	21.4a
	夏茶二 2nd Summer	美農 Meinong	20.4c	1.8b	2.1b	1.9a	3.2a	5.7b	2.4b	0.21a	9.7b	6.6b	3.0b	0.26b	13.9b
		永安 Yungan	30.4a	2.1a	2.4a	2.1a	3.4a	6.5a	2.8a	0.22a	12.6a	7.6a	3.5a	0.28a	18.6a
		太麻里 Taimali	26.2b	2.1a	2.5a	1.7a	3.3a	5.6b	2.1c	0.22a	8.3b	7.9a	3.2b	0.26ab	17.8a
	秋茶 Autumn	美農 Meinong	26.9a	1.7b	2.1b	1.5a	3.6a	4.9b	2.2ab	0.24b	7.6ab	6.0b	2.8b	0.26b	11.9b
		永安 Yungan	25.3a	2.0a	2.3a	1.6a	3.2a	5.4a	2.3a	0.20c	8.7a	6.7a	3.0a	0.23c	14.5a
		太麻里 Taimali	21.0b	1.8b	2.0b	1.7a	3.2a	4.6b	2.1b	0.26a	6.7b	5.5c	2.6c	0.28a	9.9c
	冬茶 Winter	美農 Meinong	14.8b	1.7a	2.0b	1.2b	2.2b	5.2a	1.9b	0.22a	7.2b	5.8b	2.4b	0.27a	10.1b
		永安 Yungan	24.4a	1.7a	2.1b	1.6a	3.1a	5.4a	2.3a	0.23a	8.9a	6.7a	3.1a	0.27a	14.9a
青心烏龍 Chin-Shin Oolong	春茶 Spring	美農 Meinong	16.6b	1.8a	2.2a	1.3a	2.7a	5.3b	1.8b	0.24a	6.8b	6.7b	2.5a	0.29a	12.0a
		永安 Yungan	21.5a	1.8a	2.2a	1.6a	3.2a	6.0a	2.1a	0.25a	9.0a	7.7a	2.7a	0.30a	15.4a
		太麻里 Taimali	16.9b	1.9a	2.3a	1.7a	2.8a	6.0a	2.2a	0.24a	9.4a	7.3b	2.7a	0.31a	13.9a
	夏茶一 1st Summer	美農 Meinong	24.2a	1.7b	2.2b	1.9a	3.5a	5.5a	1.7b	0.21b	6.4b	7.4a	2.3b	0.26b	12.3b
		太麻里 Taimali	22.3a	2.0a	2.4a	1.8a	3.6a	5.7a	2.1a	0.26a	8.6a	7.9a	2.9a	0.31a	16.2a
	夏茶二 2nd Summer	美農 Meinong	21.0a	1.8b	2.2a	1.8a	3.1a	5.1a	1.7a	0.23a	6.0a	6.4a	2.3a	0.27b	10.6a
		永安 Yungan	19.4a	1.8b	2.2a	1.4b	2.2b	4.9a	1.6a	0.24a	5.7a	6.1a	2.3a	0.29a	9.5a
		太麻里 Taimali	19.7a	1.9a	2.2a	1.3b	2.4b	5.0a	1.7a	0.24a	6.0a	6.5a	2.4a	0.28ab	11.0a
	秋茶 Autumn	美農 Meinong	22.6a	1.6b	2.0b	1.5a	2.8a	5.2a	1.7b	0.23b	6.2b	6.5b	2.3b	0.28b	10.4b
		永安 Yungan	16.9b	1.5c	1.8c	0.9b	1.8b	4.4b	1.5c	0.22c	4.7c	5.4c	1.9c	0.27b	7.3c
		太麻里 Taimali	22.9a	1.8a	2.1a	1.5a	2.7a	5.5a	2.0a	0.26a	7.8a	7.0a	2.7a	0.30a	13.2a
	冬茶 Winter	美農 Meinong	12.6a	1.6a	1.8a	0.9a	2.0a	4.8a	1.7a	0.24b	5.8a	5.2a	2.0b	0.28b	7.2b
		永安 Yungan	12.9a	1.7a	1.9a	1.0a	1.8a	4.9a	1.8a	0.28a	6.3a	5.6a	2.3a	0.32a	9.1a

Values followed by the same letter are not significantly different at $\alpha=0.05$

(三)秋作海拔間茶樹芽葉性狀之差異

秋作芽葉長度與海拔高度之相關，以八十二年台茶12號達顯著負相關，溫濕度與芽長均未達顯著相關。葉厚與海拔高度呈顯著或極顯著正相關，為+0.999 (P<0.01)及+0.958 (P<0.05)，葉厚度與溫濕度之相關兩品種均未達顯著相關。海拔間葉面積之差異，由相關來看，普遍都呈負相關，八十一年達顯著或極顯著負相關，兩品種趨勢相同。八十二年青

心烏龍則有正相關，台茶12號二、三葉面積沒有顯著相關。在秋茶一台茶12號二、三葉面積與溫度有顯著或極顯著正相關，為+0.899 (P<0.01) 及+0.820 (P<0.05) (表8、9)。

由上述春、夏、秋作之結果可知，不同海拔茶區茶樹芽葉性狀呈顯著或極顯著差異。芽葉農藝性狀在各季節海拔間表現並不儘相同，但整體來看，在海拔 285至1000m 之範圍，芽長隨海拔之增高而減短，葉厚反而較厚，葉面積在海拔間表現較不一致。季節及品種間農藝性狀也呈顯著或極顯著差異，溫濕度對芽長及葉厚有較大的影響。

表 8. 海拔高度與台茶12號及青心烏龍芽葉農藝性狀之相關
Table 8. Correlation coefficients for altitude height and shoot agronomic characteristics of tea tree on the TTES No.12 and Chin-Shin Oolong.

年度 Year	農藝性狀 Agronomic characteristics	台茶12號 TTES No.12					青心烏龍 Chin-Shin Oolong			
		春茶 Spring	夏茶一 1st Summer	夏茶二 2nd summer	秋茶一 1st Autumn	秋茶二 2nd Autumn	春茶 Spring	夏茶二 2nd Summer	秋茶一 1st Autumn	秋茶二 2nd Autumn
1992	芽長 Shoot length	-0.743	-0.999**	-0.993**	0.673	-0.822	0.278	-0.564	0.077	-0.870
	第一節間徑 Internode diameter 1st	-0.990**	-0.960**	-0.795	0.682	-0.999**	-0.478	0.998**	-0.482	-0.678
	第二節間徑 Internode diameter 2nd	-0.974**	-0.087	-0.934*	0.616	-0.890*	-0.702	-0.960**	-0.474	-0.955*
	第一節間長 Internode length 1st	-0.843	-0.280	-0.456	-0.596	-0.984**	-0.630	-0.851	-0.989**	-0.991**
	第二節間長 Internode length 2nd	-0.537	0.331	0.948*	-0.625	0.324	-0.220	0.791	-0.999**	-0.678
	第二葉長 2nd leaf length	-0.989**	-0.960**	-0.941*	-0.592	-0.148	-0.050	0.164	-0.974**	-0.870
	第二葉寬 2nd leaf width	-0.999**	-0.999**	-0.927*	-0.750	-0.542	-0.849	0.542	-0.951*	-0.915*
	第二葉厚 2nd leaf thickness	0.840	-0.927*	0.140	0.999**	0.456	0.999**	0.983**	0.238	-0.542
	第二葉面積 2nd leaf area	-0.997**	-0.987**	-0.933*	-0.693	-0.355	-0.596	0.428	-0.952*	-0.840
	第三葉長 3rd leaf length	-0.949*	0.443	-0.977**	-0.649	0.140	0.266	-0.999**	-0.890*	-0.927*
	第三葉寬 3rd leaf width	-0.958*	-0.280	-0.999**	-0.999**	-0.050	-0.754	-0.999**	-0.999**	-0.456
	第三葉厚 3rd leaf thickness	0.999**	-0.788	0.229	0.050	0.065	0.999**	0.999**	-0.280	-0.840
	第三葉面積 3rd leaf area	0.941*	-0.054	-0.996**	-0.941*	-0.069	-0.341	-0.994**	-0.899*	-0.820
1993	芽長 Shoot length	-0.045	-0.277	0.146	-0.975*	—	-0.401	-0.357	—	0.492
	第一節間徑 Internode diameter 1st	-0.093	0.535	0.635	-0.176	—	0.927*	0.999**	—	0.830
	第二節間徑 Internode diameter 2nd	0.971**	0.694	0.688	-0.565	—	0.927*	-0.958*	—	0.804
	第一節間長 Internode length 1st	0.610	0.074	-0.902*	0.929*	—	0.752	-0.739	—	0.485
	第二節間長 Internode length 2nd	0.419	0.469	-0.078	-0.524	—	-0.161	-0.333	—	0.373
	第二葉長 2nd leaf length	0.008	0.445	-0.572	-0.687	—	0.501	0.106	—	0.691
	第二葉寬 2nd leaf width	0.411	0.768	-0.821	-0.941*	—	0.698	0.456	—	0.925*
	第二葉厚 2nd leaf thickness	0.639	-0.234	0.352	0.770	—	-0.192	0.427	—	0.939*
	第二葉面積 2nd leaf area	0.166	0.646	-0.716	-0.817	—	0.647	0.616	—	0.858
	第三葉長 3rd leaf length	0.016	0.750	0.728	-0.759	—	0.083	0.695	—	0.688
	第三葉寬 3rd leaf width	0.431	0.930*	-0.229	-0.859	—	0.736	0.999**	—	0.873
	第三葉厚 3rd leaf thickness	0.823	0.220	-0.321	0.741	—	0.855	0.282	—	0.958*
	第三葉面積 3rd leaf area	0.104	0.854	0.389	-0.798	—	0.151	0.647	—	0.830

* and **: P<0.05 and P<0.01 , respectively. n=3

表 9. 海拔間氣象因子與台茶12號及青心烏龍芽葉農藝性狀之相關
Table 9. Correlation coefficients for among altitude climatic factor and shoot agronomic characteristics of tea tree on the TTES No.12 and Chin-Shin Oolong.

品種 Variety	農藝性狀 Agronomic characteristics	溫度 Temperature			相對濕度 Relative humidity		
		春茶 Spring	夏茶 Summer	秋茶 Autumn	春茶 Spring	夏茶 Summer	秋茶 Autumn
台茶12號 TTES No.12	芽長 Shoot length	0.381	0.589	0.505	0.164	-0.331	0.069
	第一節間徑 Internode diameter 1st	0.452	0.733*	0.224	0.353	-0.189	0.598
	第二節間徑 Internode diameter 2nd	0.355	0.524	0.677	0.131	0.378	0.348
	第一節間長 Internode length 1st	0.349	0.375	0.754*	0.349	0.384	0.044
	第二節間長 Internode length 2nd	0.302	0.332	0.867**	-0.008	0.582	-0.040
	第二葉厚 2nd leaf thickness	-0.496	-0.035	-0.337	0.946**	-0.106	0.558
	第二葉面積 2nd leaf area	0.509	0.293	0.899**	0.175	0.188	-0.376
	第三葉厚 3rd leaf thickness	-0.351	-0.160	0.162	0.961**	-0.256	0.528
	第三葉面積 3rd leaf area	0.389	0.425	0.820*	0.372	0.400	0.101
青心烏龍 Chin-Shin Oolong	芽長 Shoot length	-0.049	0.145	0.016	0.287	0.093	-0.297
	第一節間徑 Internode diameter 1st	-0.094	-0.456	-0.163	0.428	0.754*	0.185
	第二節間徑 Internode diameter 2nd	-0.214	0.200	-0.244	0.090	0.038	0.182
	第一節間長 Internode length 1st	0.142	0.596	0.130	0.304	-0.611	-0.400
	第二節間長 Internode length 2nd	0.089	0.556	-0.056	0.120	-0.558	-0.236
	第二葉厚 2nd leaf thickness	-0.362	-0.857**	-0.417	0.756*	0.578	0.428
	第二葉面積 2nd leaf area	-0.020	-0.245	-0.259	0.571	0.446	0.150
	第三葉厚 3rd leaf thickness	-0.672	-0.867**	-0.347	0.994**	0.657	0.423
	第三葉面積 3rd leaf area	0.051	0.306	-0.447	0.336	0.128	0.226

* and **:P<0.05 and P<0.01 , respectively. n=6

五氣象條件對芽葉產量因子之影響

海拔高度對芽葉產量的影響程度除了與品種有關外，亦受到環境條件的影響，這些環境因子包括日照強度、日照時數、氣溫、相對濕度、土溫、雨量、肥力及土壤水分等，主要是影響萌芽率、萌芽密度及萌芽後之生長速率 (Carr 等，1987、Squire等，1993、Tanton, 1982)，這些因子中以溫度影響最大。以不同茶區溫量指數及雨量係數探討茶樹最適氣候條

件，青心烏龍適栽範圍TI 值為140－200，RQ值為7.5－15，配合茶葉品質評審結果，建議將茶樹適栽範圍訂為100－1500公尺（陳等，1991、陳，1992）。也指出茶葉單位面積產量以高溫低濕較為有利，台東為適合此種氣候條件之茶區，製茶品質則以低溫高濕較為有利。以下分別探討海拔及氣象因子對茶樹產量因子之影響。

(一)海拔間芽葉產量因子之差異

芽葉產量是由採收下來的嫩梢重量與數量所構成的。在同一面積上，全年採收下來的嫩梢多而重，產量就高。芽葉產量在海拔間及季節間也有明顯差異。整體而言，海拔愈高，產量有減少之趨勢。由八十二年春作結果顯示，中海拔之太麻里茶區台茶12號茶樹芽葉產量每m²只有522 g；比低海拔之美農及永安茶區之1344 g及1867 g分別減產60.8%及71.8%，青心烏龍也有相同之趨勢(表 10)。由表11也可看出八十一年台茶12號春茶、夏茶、秋茶，青心烏龍之春茶在海拔間有顯著或極顯著負相關。就產量因子之百芽重及萌芽密度而言，結果顯示海拔愈高，百芽重及萌芽密度也有減低之趨勢，尤以萌芽密度較明顯(表 10)。在八十一年兩品種各季節之百芽重均與海拔呈負相關，台茶12號之春茶、秋茶二及青心烏龍之春茶、夏茶及秋茶二均達極顯著相關(表 11)。但在八十二年除台茶12號之秋茶為負相關，其他季節均呈正相關，但未達顯著。此結果顯示海拔愈高百芽重還是有降低之趨勢。萌芽密度在八十一及八十二年調查結果顯示，兩品種各季節之萌芽密度均與海拔高度呈負相關，且達顯著或極顯著，由此可知萌芽密度為影響產量之重要因子。Obaga 等(1989)指出品種對海拔有不同的反應，有些品種對溫度敏感，也有對溫度較不敏感的品種，本試驗兩個品種萌芽密度均隨海拔高度而降低，顯示可能均為溫度敏感性品種。

表 10. 不同海拔茶區台茶12號及青心烏龍芽葉產量、百芽重及萌芽密度之差異
Table 10. Difference of shoot yields,100 shoot weight and shoot density on the TTES No.12 and Chin-Shin Olong at different altitude districts.

品種 Variety	季節 Crop season	芽葉產量 Shoot yield						百芽重 100 shoot weight						萌芽密度 Shoot density					
		美農 Meinong		永安 Yungan		太麻里 Taimali		美農 Meinong		永安 Yungan		太麻里 Taimali		美農 Meinong		永安 Yungan		太麻里 Taimali	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
台茶12號 TTES No.12	春茶 Spring	1344	622	----- g/m ² -----				149	67	----- g -----				81	83	----- bud no./900cm ² -----			
	夏茶一 1st Summer	1189	922	1089	889	444	956	179	128	138	102	143	127	60	65	71	78	28	68
	夏茶二 2nd Summer	422	844	378	900	544	1100	134	110	131	144	112	134	28	69	26	56	44	74
	秋茶一 1st Autumn	733	567	744	711	478	489	146	90	101	106	96	90	45	57	66	60	45	49
	秋茶二 2nd Autumn	611	—	767	—	667	411	85	—	84	—	84	92	65	—	82	—	72	40
	冬茶 Winter	422	578	789	589	377	—	76	79	104	99	79	—	50	56	69	54	43	—
青心烏龍 Chin-shin Oolong	春茶 Spring	1656	711	1300	678	767	556	160	88	130	97	129	111	93	73	90	63	53	45
	夏茶一 1st Summer	767	900	533	—	—	667	145	104	104	—	—	119	48	78	46	—	—	50
	夏茶二 2nd Summer	778	711	578	422	278	500	132	90	136	88	106	89	53	72	38	43	24	50
	秋茶一 1st Autumn	656	—	589	—	389	—	90	—	92	—	71	—	66	—	57	—	49	—
	秋茶二 2nd Autumn	633	511	744	367	411	544	84	76	92	58	82	96	68	61	73	58	45	51
	冬茶 Winter	677	378	500	533	—	—	72	59	74	67	—	—	85	59	61	73	—	—

表 11. 海拔高度與台茶12號及青心烏龍芽葉產量因子之相關
Table 11. Correlation coefficients for altitude height and shoot yield factors of tea tree on the TTES No.12 and Chin-Shin Oolong.

年度 Year	產量因子 Yield factors	台茶12號 TTES No.12					青心烏龍 Chin-Shin Oolong			
		春茶 Spring	夏茶一 1st Summer	夏茶二 2nd Summer	秋茶一 1st Autumn	秋茶二 2nd Autumn	春茶 Spring	夏茶二 2nd Summer	秋茶一 1st Autumn	秋茶二 2nd Autumn
1992	芽葉產量 Shoot yield	-0.900*	-0.997**	0.966**	0.995**	-0.105	-0.630	-0.932*	-0.975**	-0.933*
	百芽重 100 shoot wt.	-0.983**	-0.434	-0.999**	-0.621	-0.950*	-0.559	-0.987**	-0.990**	-0.628
	萌芽密度 Shoot density	-0.846	-0.956*	0.989**	-0.456	-0.052	-0.999**	-0.881*	-0.874	-0.976**
1993	芽葉產量 Shoot yield	-0.429	0.800	0.990**	-0.752	—	-0.988**	-0.317	—	0.608
	百芽重 100 shoot wt.	0.524	0.413	0.259	-0.444	—	0.935*	0.176	—	0.850
	萌芽密度 Shoot density	-0.994**	-0.249	0.679	-0.958*	—	-0.952*	-0.333	—	-0.970**

*and **:P<0.05 and P<0.01 , respectively. n=3

(二)海拔間氣象因子對芽葉產量因子之影響

海拔間溫濕度、風速之氣象條件也影響產量因子，由海拔間平均溫度、相對濕度與產量因子之相關來看，整體而言，海拔間溫度與產量因子均呈正相關。台茶12號之春茶萌芽密度、夏茶收量、秋茶百芽重及青心烏龍春茶萌芽密度、夏茶收量、萌芽密度達顯著或極顯著正相關。海拔間相對濕度與台茶12號之夏茶收量、萌芽密度皆呈顯著負相關，青心烏龍也有相同的趨勢(表12)。由上述結果顯示，低海拔茶區溫度較高、相對濕度較低，有利於茶芽生長，尤其對萌芽密度有較明顯的影響。

表 12. 海拔間氣象因子與台茶12號及青心烏龍芽葉產量因子之相關
Table 12. Correlation coefficients for among altitude climatic factor and shoot yield factor of tea tree on the TTES No.12 and Chin-Shin Oolong.

品種 Variety	產量因子 Yield factors	溫度 Temperature			相對濕度 Relative humidity		
		春茶 Spring	夏茶 Summer	秋茶 Autumn	春茶 Spring	夏茶 Summer	秋茶 Autumn
台茶12號 TTES No.12	芽葉產量 Shoot yield	0.521	0.758*	0.553	0.206	-0.828*	-0.262
	百芽重 100 shoot wt.	0.298	0.103	0.913**	0.367	-0.096	-0.170
	萌芽密度 Shoot density	0.772*	0.597	-0.319	-0.219	-0.723*	-0.159
青心烏龍 Chin-Shin Oolong	芽葉產量 Shoot yield	0.425	0.973**	-0.095	0.204	-0.770*	-0.007
	百芽重 100 shoot wt.	-0.128	0.335	-0.603	0.653	0.045	0.481
	萌芽密度 Shoot density	0.763*	0.765*	0.424	-0.177	-0.816*	-0.469

* and **:P<0.05 and P<0.01 , respectively. n=6

在中海拔茶區春冬季氣溫較低且濕度高，較不利於茶芽之萌發，造成萌芽密度降低，以致影響芽葉產量，而且年生長期短，採收次數減少，經營上之利益也未必高於低海拔茶區。再者由於日氣溫變化大，濕氣重，雲霧籠罩均會造成製茶上之困擾，因此需要投入更多勞力及技術來克服不佳的製茶環境。太麻里為新興茶區，以海拔高度來規劃是屬於中海拔茶區，春冬茶季較易受氣候條件限制，有時無冬茶可採收或低產，但一年尚有4—5次茶可採收，由茶樹生長及芽葉生育情形來看，為茶樹適栽範圍。唯對於茶園水土保持則需加強覆蓋工作，重視自然資源保育，在春冬季需預防低溫寒害。低海拔茶區可利用產期調節來控制各採收期，適當的分配勞力及降低生產成本。

誌 謝

本計畫承蒙行政院農業委員會經費支助，執行期間並獲台東分場同仁陳秀慧小姐、潘虹町小姐鼎力協助，特此致謝。

參考文獻

1. 邱再發. 1992. 台灣茶葉產製銷現況. 茶葉產製技術研討會專刊. pp.1-14。
2. 陳玄. 1992. 氣象因子對茶樹生長之影響. 茶葉產製技術研討會專刊. pp. 85-113。
3. 陳玄、林木連、陳右人、曾信光. 1991. 氣象因子對青心烏龍種茶樹生長週期與茶菁品質之影響調查. 台灣地區農業氣象災害調查與資源應用研究報告專輯. pp.1-22。
4. 陳玄. 1991. 氣象因子對本省茶園分布之影響. 土壤及農業氣象資源應用研討會專刊第三號. pp.105-133。
5. 曾文柄、朱鈞、郭文鑠、楊之遠. 1984. 台灣農作安全栽培期限之釐定. 台灣地區農業氣象資源應用之研究. pp.5-42. 中央氣象局。
6. 馮鑑准、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. 台灣茶業研究彙報 12: 47-64。
7. 馮鑑准、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. 台灣茶業研究彙報 13: 9-26。
8. 楊之遠. 1991. 作物氣象及農業氣象災害之防治. 台灣地區農業氣象災害預防及農業氣象資源應用講習會專輯. pp.85-96. 中央氣象局。
9. 魏德祥. 1990. 焚風對茶樹生育及製茶品質之災害調查. 茶業改良場79年年報. pp.171-176。
10. Carr, M.K.V., M.O. Dale, and W. Stephens. 1987. Yield distribution in irrigated tea (*Camellia sinensis*) at two sites in eastern africa. Expt. Agric. 23:75-85
11. Obaga, S.M.O., C.O. Othieno, and J.K. Lang'at. 1989. Observation on the effect of altitude on yield attributes of some tea clones - growth and density of shoots. Tea 10(2):73-79.
12. Squire, G.R., S.M.O. Obaga, and C.O. Othieno. 1993. Altitude, temperature and shoot production of tea in the Kenyan highlands. Expt. Agric. 29:107-120.

13. Tanton, T.W. 1982. Environmental factor affecting the yield of tea (*Camellia sinensis* L.) I. Effect of air temperature. Expt. Agric. 18:47-52.
14. Tanton, T.W. 1982. Environmental factor affecting the yield of tea (*Camellia sinensis* L.) II Effect of soil temperature, day length, and dry air. Expt. Agric. 18:53-63.

Effect of Climatic Factors on Shoot Growth of Tea Tree in Eastern Taiwan

Hun-Yuan Cheng¹

Summary

The experiments were conducted to study the climatic effects on the shoot growth of tea tree (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) among altitude in the three tea districts, Meinong (285 m), Yungan (325 m) and Taimali (1000 m), in Taitung. The results were summarized as follow:

1. Temperature, relative humidity and wind speed were significantly different at different altitude tea districts. Difference of the two altitude of annual average, maximum and minimum temperature were 2.8, 2.1-2.8 and 1.2-2.5 °C. Annual minimum relative humidity of the middle and lower altitude were above of 70% and 50%. Wind speed were 1.2 and 1.7-2.0 m/s.
2. The tea shoot plucking times of Taimali district of the middle altitude was onely 4-5 times, its annual growth period was shorter, 260 days. Meinong and Yungan districts of the lower altitude was 6-7 times, was longer, 310-340 days.
3. The shoot length was shorter as altitude increase from 285 to 1000m. On the contrary, leaf thickness was increase. But the leaf area wasn't consistent response among altitude tea districts. Most of shoot agronomic characteristics were significantly or highly significantly different at different altitude tea districts.
4. The shoot density, 100 shoot weight and yield were significantly different at the different altitude. The shoot density and 100 shoot weight of the middle altitude was thinness and lower than that of the lower altitude. The tea shoot yield and shoot density were negatively correlated with altitude height among tea districts. Two varieties had same result.
5. The relative humidity were highly positively correlated with leaf thickness among altitude tea districts. The shoot density was positively correlated with air temperature and negatively correlated with relative humidity among altitude tea districts. The shoot density was an important factor for tea shoot yield at middle altitude tea districts.

Key words: Tea tree, Eastern tea districts, Climatic factor

1. Assistant Agronomist, Taitung Substation, Taiwan Tea Experiment Station

中部茶園生產條件與產製情形調查¹

賴文龍 何信鳳²

摘 要

爲瞭解本省中部茶園之氣候、土壤自然條件與茶葉產製經營現況，自民國八十年七月至民國八十二年六月在南投、雲林、嘉義縣十三個主要產茶鄉鎮市調查60處青心烏龍及台茶12號品種茶園之茶葉產製情形，並進行土壤、葉片分析及成茶品質鑑定。結果顯示各茶區台茶12號茶菁產量均較青心烏龍爲高，海拔愈低品種間產量差異愈大。茶葉產製受經營方式影響明顯，而可依海拔高度大致予以劃分：海拔550公尺以下之台茶12號茶園及海拔450公尺以下之青心烏龍茶園普遍實行機採，施肥量及茶菁產量較高；海拔550公尺以上茶園以手採爲主，兩品種茶菁產量差異明顯減小，其平均產量在海拔600—1200公尺之間隨海拔增加而增加，主要原因爲夏茶採收比率隨海拔增加而增加，使全年採摘次數隨之增加所致；海拔超過1200公尺以上茶園茶菁產量隨海拔增加而減少，其原因係生產條件受到氣候所限，使茶菁年採摘次數減少所致。茶園土壤調查結果顯示平均土壤pH值僅3.88，較高海拔茶園土壤有機質及交換性鉀含量較高，有效性磷則以施肥量多之低海拔茶園較高。茶樹葉片無機成分含量比較，春茶氮含量平均較秋茶爲低，部份茶區氮含量春秋兩季均低於4.00%，葉片鈣含量也普遍低於0.38%，有檢討的必要。包種茶品質綜合比較若以茶季分，春、冬茶明顯優於夏茶；若以海拔高度分，海拔1000公尺以上者平均優於海拔600—1000公尺者，二者又均優於海拔600公尺以下者，但海拔超過1200公尺以上茶區，茶葉之品質並無隨海拔增加而繼續提高之現象。

關鍵字：茶樹、海拔高度、土壤特性、葉片成分

前 言

本省中部茶園主要分布於南投、雲林、嘉義三縣轄內山坡地，根據民國八十三年調查結果，三縣茶園面積爲10640公頃，佔全台灣地區茶園面積50.1%。而三縣1~3年生更新及新闢茶園面積高達2276公頃，佔全省同齡茶園面積79.7%，新闢茶園且有往高海拔增加的現象，未來茶

1.本計畫承行政院農業委員會經費補助，謹此申謝。

2.臺灣省茶業改良場魚池分場助理、分場長。

產業重心往本區漸移的趨勢頗為明顯。就種植品種而言，三縣青心烏龍種植面積佔63.3%，台茶12號種植面積佔18.4%，分居第一、二位，是本區最主要的茶樹種植品種；台茶13號佔7.3%、四季春佔 6.1%，栽培面積居次；其他包括阿薩姆系大葉種在內之品種則栽培面積逐漸減少。因各茶區之地理條件複雜，致茶樹栽培與生長深受地形、海拔、氣候、土壤特性等環境因素，及肥培管理、病蟲害防治、採收方式等管理因子所限制，影響茶樹於各茶季萌芽生長、茶菁收量及製茶品質至鉅。本調查工作係利用現有各山坡地土壤調查報告，植物營養診斷及茶葉品質鑑定等資料（王和林，1969；朱，1986；陳，1979；臺灣省政府農林廳山地農牧局，1986；蔡和張，1986），配合實地調查結果，綜合討論中部茶園不同茶區之生產條件，以期瞭解及發揮茶園生產潛力，促使本區山坡地茶園之經營管理朝向適地適作之合理開發利用方向發展。

材料與方法

本調查期間自1991年7月至1993年6月，分別就南投、雲林及嘉義三縣主要茶區青心烏龍與臺茶12號品種茶園之栽培管理情形進行取樣調查，共調查茶園 60處（南投縣35處，雲林縣6處，嘉義縣19處），其中青心烏龍42處，臺茶12號18處。調查點之選擇以當地栽培面積較多之栽培品種，具有地區代表性，栽培面積在0.5公頃以上者。調查項目包括土壤性質、排水狀況、地理環境、氣候因素、肥培管理、茶菁收量、茶葉品質及其他自然因素。

土壤理化性質及營養狀況分析，土壤反應係用玻璃電極法測定水土比為1：1之土壤懸液pH值；有機質含量以重鉻酸鉀比色法測定；有效性磷用Bray-I method(21)抽出，用UV測定；交換性鉀、鈣、鎂以冰醋酸和氨水為抽出液，鉀用火焰分光光度計測定(Rage, 1982)，鈣、鎂用原子吸光光度計(AA)測定；有效性銅、錳、鋅、鐵用0.1N HCl抽出液振盪過濾後用 AA 測定(張，1981)。茶葉成分樣品分析係將茶葉經70°C熱風乾燥箱乾燥12小時後磨細供測，N之測定採硫酸鉀、硫酸銅、硒(50：10：1)配成之催化劑以濃硫酸分解後稀釋定量，用微量擴散法測定；磷、鉀、鈣、鎂用三酸混合液(HNO_3 ： HClO_4 ： H_2SO_4 =4：1：1)分解後稀釋定量，磷用鉬鉬法顯色後以UV測定，鉀用火焰分光光度計，鈣、鎂用AA測定；銅、錳、鋅、鐵含量係將葉片以1N HCl浸24小時後過濾抽出液，用AA測定(張，1981)。

結果與討論

60處調查茶園之分布及其平均茶菁年收量與採摘次數示如表 1。年收量及採摘次數之計算，係以1991年7月至1992年6月為第一調查年，1992年7月至1993年6月為第二調查年。因限於人力及時間，各調查茶園僅進行一年之調查。第一調查年共調查青心烏龍茶園23處，台茶12號茶園12處，第二調查年共調查青心烏龍茶園19處，台茶12號茶園6處。調查結果顯示平均茶菁年收量比較，台茶12號普遍高於青心烏龍，機採茶園普遍高於手採茶園；地區間比較，部份茶區如嘉義縣番路鄉及梅山鄉之手採茶園茶菁產量甚高，係與年採摘次數較高有關，而南投縣之南投市、中寮鄉、名間鄉、鹿谷鄉年採摘次數普遍較少。

影響茶樹生育的因素可大別為遺傳因素（品種特性）、環境因素（氣候、土壤等）及管理因素（施肥、灌溉、保護、修剪、採摘方式等）。本調查以青心烏龍及台茶12號品種為限，可減少遺傳因子的影響；但環境因素及管理因素之影響，由於涉及不同茶區自然條件與人為經營

方式的考量，甚難將個別因子之影響區分出來討論。本報告以綜論方式，將氣象條件以海拔高度差異做為比較基準，將土壤條件以肥力差異做為比較基準，將管理條件以肥料用量做為比較基準，分別與茶菁產量、葉片無機成分及包種茶品質進行比較如下：

一、海拔高度與茶菁產量：

不同海拔高度與茶菁產量之關係如圖 1。青心烏龍品種茶菁產量以海拔400公尺以下茶園最高，在海拔800公尺以下茶園隨海拔增加而減少，值得注意者為海拔600公尺以上茶園之平均年產量與海拔之關係呈鐘形分布，以海拔 1000－1200公尺茶園茶菁產量較高，高度超過與不及之茶園茶菁產量均有減少的現象。台茶12號品種茶菁產量也有類似變化，亦即以海拔400公尺以下茶園茶菁產量最高，但海拔1000公尺以下茶園隨海拔增加而減少，而在海拔800公尺以上茶園之平均年產量與海拔之關係呈鐘形分布，亦以海拔1000－1200公尺茶園茶菁產量較高。

表 1. 不同茶區茶菁年收量與採摘次數比較
Table 1. Comparison on the annual fresh tea yield and plucking round on different Regions of tea garden.

		茶菁年收量／採摘次數 Annual fresh tea yield/plucking round (kg/ha/yr.) / (rounds of plucking)					
調查地點	海拔	青心烏龍 Chin-shin Oolong			台茶12號 TTES No.12		
Region	Altitude	1991-1992	1992-1993	Average	1991-1992	1992-1993	Average
南投縣							
南投	190- 450	—	7938/3.0(5)**	7938/3.0(5)**	—	—	—
中寮	435- 335	—	3070/3.0(2)	3070/3.0(2)	—	8320/4.0(1)	8320/4.0(1)
名間	240- 970	—	13440/3.0(1)**	13440/3.0(1)	—	14484/4.0(4)**	14484/4.0(4)**
竹山	220- 410	7965/4.7(3)*	—	7965/4.7(3)*	8670/4.0(2)**	—	8670/4.0(2)**
鹿谷	380- 750	—	3081/3.6(5)	3081/3.6(5)	—	—	—
信義	600-1450	5960/4.3(4)	—	5960/4.3(4)	8070/5.0(2)	—	8070/5.0(2)
仁愛	910-1540	4868/4.0(4)	—	4868/4.0(4)	5525/4.5(2)	—	5525/4.5(2)
雲林縣							
林內	330- 360	10872/4.0(3)**	—	10872/4.0(3)**	20300/5.0(1)**	—	20300/5.0(1)**
古坑	550- 630	6598/4.0(1)	—	6598/4.0(1)	11266/5.0(1)**	—	11266/5.0(1)**
嘉義縣							
番路	780-1400	8300/5.0(1)	—	8300/5.0(1)	8478/5.0(2)	—	8478/5.0(2)
梅山	750-1380	11297/5.0(3)	5658/5.0(4)	8074/5.0(7)	9240/4.0(1)	7355/5.0(1)	8298/4.5(2)
竹崎	1300-1350	4712/4.0(1)	7080/4.0(1)	5896/4.0(2)	—	—	—
阿里山	970-1320	5648/4.3(3)	7850/4.0(1)	6199/4.3(4)	7390/5.0(1)	—	7390/5.0(1)

()內為調查點數 number of location investigated
* 部份機採 partially plucking with machine
** 全部機採 all plucking with machine

上述不同海拔茶園茶菁產量之差異，必須將經營方式和氣候條件同時考量才能解釋。圖 1 中同時顯示不同海拔茶園平均年採摘次數及採摘方式，青心烏龍品種年採摘次數以海拔 400—600公尺最少，且機採茶園只限於600公尺以下，顯示低海拔茶園因茶葉售價較低，因此茶農多採行選擇有利茶季配合機採產製的經營方式，期以高產量、低成本來增加收益；海拔600公尺至1000公尺茶園為手採精製茶葉之主要產帶，因產製成本較高及市場競爭導致之價格波動幅度大，因此茶農多棄採較低價值之夏茶，利用夏茶季調節產期，而採行手採精製優良茶季茶葉的經營策略，期以提高品質，爭取市場先機來增加收益，由於海拔愈高對夏茶品質的影響愈小，造成本海拔範圍內海拔愈高，夏茶採收率愈高，採摘次數愈多，茶菁產量也愈高之現象。至於海拔1200公尺以上茶園茶葉以「高山茶」為名，全年均可維持高售價，茶農在經營上多採行嫩採多採的方式，儘量提高產量來增加收益，但因氣候條件已不足茶菁完成五次生長週期所需，因此海拔愈高，採摘次數愈少，茶菁產量也明顯減少。台茶12號茶菁產量也有相似的變化，比較不同的是最低產量出現在海拔800公尺至1000公尺茶園，且海拔1000公尺以上採摘次數即可能受氣候條件影響，以及無法調查到海拔超過1400公尺之茶園。過去文獻指出溫度高低影響茶菁收量最大(Mwakha, 1985; Obaga, 1988; Tanton, 1982)；馮等(1993)調查臺中縣武陵農場海拔2,100公尺茶園時也指出海拔過高會因霜期較長且氣溫偏低使茶芽生育緩慢，年採收次數減至三次，導致生產成本偏高，因此建議中部地區茶樹適栽海拔勿超過1500公尺。本調查結果顯示，海拔超過1,400公尺以上茶園產製條件已明顯降低，茶菁產量已較800~1,000公尺茶園減產約1/4，勉強栽培茶樹並不經濟。

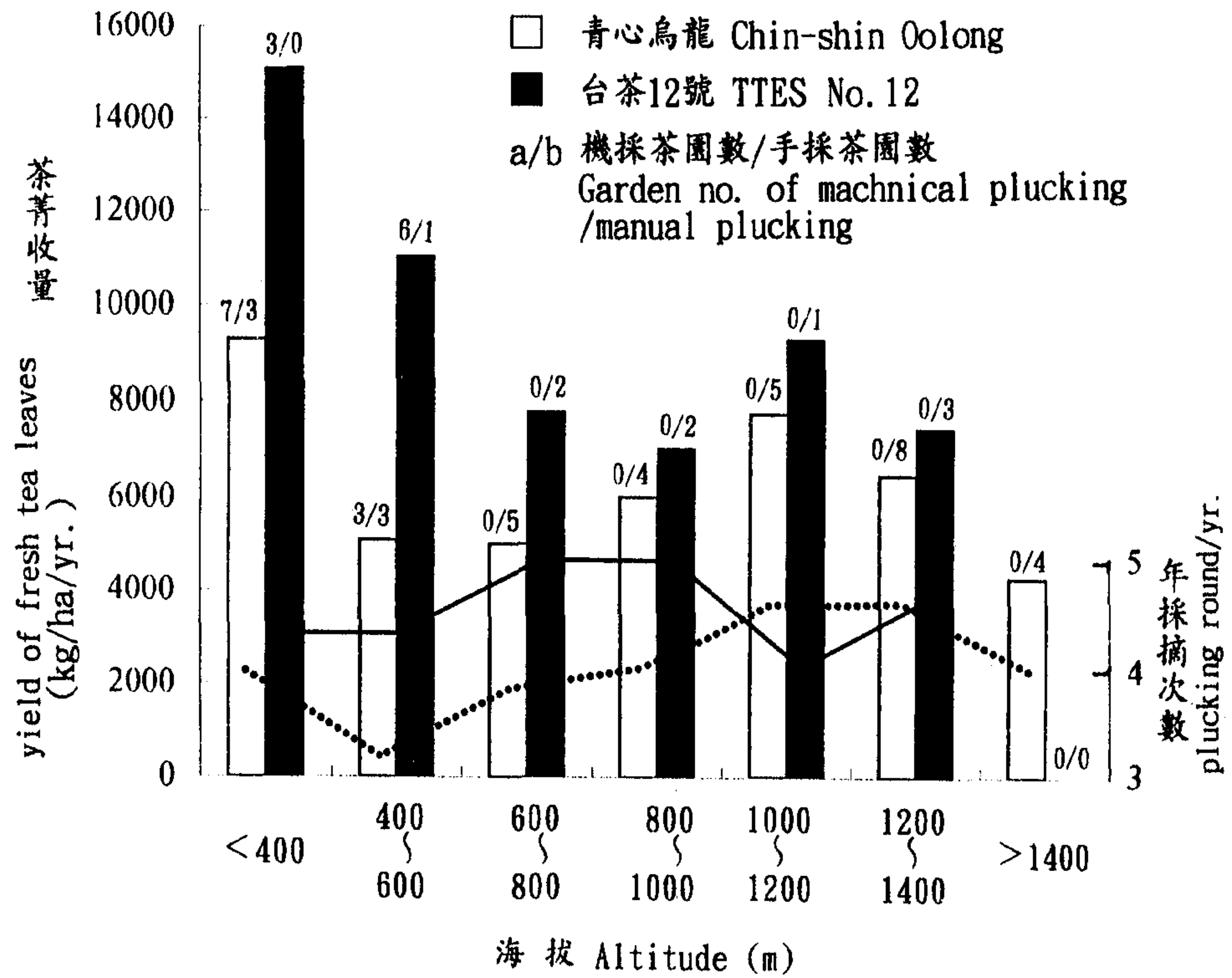


圖 1. 海拔高度對茶菁收量之關係
Fig 1. Relationships between altitude and fresh tea yields

二土壤肥力比較

南投、雲林及嘉義三縣十三個產茶鄉鎮茶區土壤理化性質分析結果如表 2。全區茶園土壤酸鹼度平均 pH 為 3.88，以雲林縣平均 3.22 最低，南投縣平均 3.95 次之，嘉義縣平均 4.10 較高；鄉鎮間比較，茶園土壤 pH 值低於 3.50 以下者有竹山、林內及古坑地區茶園，pH 值超過 4.00 者有中寮、仁愛、番路、竹崎及阿里山地區茶園。全區茶園土壤有機質平均含量為 4.19%，以嘉義縣含量平均為 5.89% 較高，南投縣平均含量 3.56% 次之，雲林縣平均含量 2.98% 較低；鄉鎮間比較，茶園土壤有機質含量低於 3.50% 者有南投、中寮、名間、竹山、鹿谷及林內茶區，含量超過 5.0% 者有信義、仁愛、番路及阿里山茶區；新開闢茶區土壤有機質含量在 3.68%~9.00% 之間，含量普遍較高，而老茶園土壤有機質含量在 1.48%~2.48% 之間，已普遍缺乏有機質，應加強茶園更新、施用石灰及有機質資材改善。

表 2. 調查區茶園土壤一般化學性質
Table 2. Average soil properties of tea plantations investigated

地點及 點 數 Regions & No. of locations	pH*	Available Exchangeable cation					Extractable metal			
		OM	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
		%	ppm							
南投縣(35)	3.95	3.56	289	257	511	56.0	3.16	28.65	5.15	257.6
南投 5	3.79	2.24	625	385	380	122.2	4.68	13.37	5.48	216.8
中寮 3	4.86	1.48	102	233	900	58.1	2.39	73.25	5.02	275.1
名間 5	3.88	2.27	501	217	372	23.4	3.06	23.66	4.44	262.4
竹山 5	3.37	1.79	161	102	171	32.6	1.77	5.22	1.09	301.5
鹿谷 5	3.58	2.48	257	139	137	59.9	2.37	14.10	1.86	437.8
信義 6	3.95	5.68	260	435	824	70.8	4.24	34.35	10.74	225.3
仁愛 6	4.23	9.00	120	286	794	25.3	3.64	36.62	7.40	84.3
雲林縣 (6)	3.22	2.98	553	371	226	69.7	3.56	11.93	1.94	358.6
林內 4	3.18	1.85	501	406	290	18.0	3.13	7.23	1.39	442.3
古坑 2	3.25	4.10	605	335	162	121.4	3.98	16.63	2.48	274.9
嘉義縣(19)	4.10	5.89	309	399	691	74.3	1.91	33.22	5.38	196.1
番路 3	4.32	9.00	401	539	342	46.5	1.61	40.69	8.45	198.6
梅山 9	3.75	3.68	118	338	252	105.4	1.43	20.39	2.13	199.7
竹崎 2	4.04	4.80	318	349	621	72.1	2.82	46.99	5.26	174.5
阿里山5	4.30	6.09	398	371	1,547	73.1	1.79	24.81	5.66	211.6

* soil:H₂O=1:1

全區土壤中以 Bray-I 法抽出之有效性磷平均含量為 336ppm，以雲林縣平均含量 553ppm (501~605ppm) 較高，嘉義縣平均含量 309ppm (118~401ppm) 次之，而以南投縣平均含量 289ppm (102~625ppm) 較低；土壤有效性磷含量低於 200ppm 者有中寮、竹山、仁愛及梅山地區，超過 300ppm 者有南投、名間、林內、古坑及番路地區，各茶區土壤有效性磷含量均足夠供給茶樹營養所需。

全區土壤交換性鉀平均含量為 318ppm，以嘉義縣平均含量 399ppm (338~539ppm) 較高，

雲林縣平均含量371ppm(335~406ppm)次之，而以南投縣平均含量257ppm(102~435ppm)較低；土壤交換性鉀含量低於200ppm者有竹山及鹿谷茶區，高於400ppm者有信義、林內及番路茶區。在低海拔茶區土壤交換性鉀含量平均較低為260ppm(102~406ppm)，高海拔茶區平均含量較高為373ppm(286~539ppm)，似表示本區內茶葉品質與土壤鉀含量及海拔高度間有密切關係，值得詳加探討。

全區土壤交換性鈣平均含量為522ppm，以嘉義縣平均含量691ppm(252~1,547ppm)較高，南投縣平均含量511ppm(137~900ppm)次之，而以雲林縣平均含量226ppm(162~290ppm)較低；土壤交換性鈣含量低於400ppm者有竹山、鹿谷、南投、名間、梅山、番路、林內及古坑茶區，交換性鈣含量超過800ppm者有中寮、信義、阿里山茶區。

全區土壤交換性鎂含量平均為73.1ppm，以嘉義縣平均含量74.3ppm(46.5~105.4ppm)較高，南投縣平均含量56.0ppm(23.4~122.2ppm)次之，而以雲林縣平均含量69.7ppm(18.0~121.4ppm)較低。

土壤中用0.1N HCl抽出之有效性銅含量全區平均為2.84ppm，以雲林縣平均含量3.56ppm(3.13~3.98ppm)較高，南投縣平均含量3.16ppm(1.77~4.68ppm)次之，嘉義縣平均含量1.91ppm(1.43~2.82ppm)較低。

土壤中用0.1N HCl抽出之有效性錳含量平均為27.49ppm，以嘉義縣平均含量33.22ppm(20.39~46.99ppm)較高，南投縣平均含量28.65ppm(5.22~73.25ppm)次之，雲林縣平均含量11.93ppm(7.23~16.63ppm)較低。茶菁收量與土壤錳含量呈負相關關係，顯示本區強酸性土壤所含之高濃度錳，可能是影響本區茶園生產力主要原因之一(郭，1990)。

土壤中用0.1N HCl抽出之有效性鋅含量全區平均為4.72ppm，以嘉義、南投縣平均含量超過5.00ppm較高，而以雲林縣平均含量1.94ppm較低。

土壤中用0.1N HCl抽出之有效性鐵含量以雲林縣平均含量358.6ppm(274.9~442.3ppm)較高，嘉義縣平均含量196.1ppm(174.5~211.6ppm)較低。土壤鐵含量與土壤pH值之相關為負值，顯示本區鐵之溶解度頗易隨pH之增高而減低(郭，1990)。

三肥料用量與茶菁產量：

前述茶菁產量受到不同海拔條件下茶園經營策略的影響極為明顯，屬於管理因素之肥料用量更能反映出茶農對經濟收益上的優先考量，而有極大的差異。

表3係將60處調查點肥料三要素用量各劃分為四等級後將茶菁產量進行綜合分析的結果。茶農施用氮肥情形由點數來看可歸納為兩種主要用量；超過700公斤/公頃之施重氮茶園(佔35.0%)及300-500公斤/公頃之施中氮茶園(佔31.7%)，兩者氮肥用量差異達到一倍，茶菁平均年產量的差異也達到近一倍之顯著水準。調查資料顯示茶菁產量高之施重氮茶園多屬較低海拔以機採為主者(可由圖1中看出)，可見經營方式是本區氮肥施用量的基本考慮因素。在施低至中氮之手採茶園中，氮肥用量在茶菁平均年產量之差異上並不顯著，顯示平均茶園氮肥用量實已足夠。磷肥用量在本區以施用磷酐100-200公斤/公頃為主，鉀肥用量在本區以施用氧化鉀100-300公斤/公頃為主，實際上磷、鉀兩種要素的施用多係配合氮肥以複合肥料的形式施用，譬如施氮800公斤/公頃之茶園，若全數肥料均採以三要素含量為20-5-10之1號複肥施用，則磷酐用量為200公斤/公頃，氧化鉀用量為400公斤/公頃，均屬茶菁產量最高的等級，因此在解讀磷、鉀肥用量不同造成茶菁產量上之差異時應將氮肥合併考慮。但值得注意的是表3中茶菁產量隨著鉀肥用量增加而增加的現象頗為穩定，與

上節中所提到本區土壤鉀含量隨海拔高度增加而增加之現象同時考慮，鉀肥對中部茶園生產力的重要性應予檢討重視。

表 3. 坡地茶園土壤生產力調查施肥用量與茶菁收量之關係

Table 3. Comparison on the yield of fresh tea leaves with fertilizers application

Application of fertilizers	No. of locations investigated	Average yield (kg/ha/yr.)	Index of yield (%)
Nitrogen fertilizer (N kg/ha)			
<300	12	6,330b *	100.0
300-500	19	5,806b	91.7
500-700	8	7,364b	116.3
>700	21	10,505a	166.0
Phosphorus fertilizer (P ₂ O ₅ kg/ha)			
<100	13	6,892b	100.0
100-200	29	6,666b	96.7
200-300	11	10,658a	154.6
>300	7	9,379a	136.1
Potassium fertilizer (K ₂ O kg/ha)			
<100	6	5,983b	100.0
100-200	22	6,202b	103.7
200-300	18	7,758b	129.7
>300	14	10,986a	183.6

* different alphabet indicates significantly different at 5% level.

四葉片無機成分比較

不同調查地點以1991年秋、1992年春、秋與1993年春共四季取一心三葉茶芽分析其無機成分，分析結果如表 4及表 5。春茶季葉氮含量平均較低為3.68%，秋茶季葉氮含量平均較高為4.01%。縣際比較春茶季葉氮含量以南投縣4.14%較高，嘉義縣3.77%次之，雲林縣3.13%較低；鄉鎮間以南投、名間、竹山、林內、古坑、番路及竹崎等茶區春茶葉氮低於4.00%以下，有含量偏低的現象。秋茶季葉氮以嘉義縣4.18%較高，南投、雲林縣含量分別為3.91及3.94%較低；鄉鎮間秋茶葉氮低於4.00%以下者有鹿谷、竹山、林內、番路及竹崎地區，其中鹿谷茶區葉氮含量僅2.97%，是所有茶區中最低者。

春、秋茶季葉磷含量平均為0.38%及0.35%，皆超過正常標準值0.26%。葉鉀含量春茶平均 1.85%，秋茶平均1.98%，皆高於鉀標準值1.5%，但中寮及竹崎兩地區秋茶鉀含量分別為1.40%及1.47%，有含量偏低的現象。葉鈣含量標準值林家棻氏（1967，1966）訂為0.38%，本調查結果顯示春、秋茶季葉鈣平均含量僅為0.21%及0.32%，各縣間春茶季均遠低於標準值，其中鹿谷地區葉鈣含量只有0.07%；秋茶季以南投縣葉鈣含量0.39%較高，雲林、嘉義縣均低於標準值；鄉鎮間以古坑、番路、林內、梅山、信義、仁愛及竹崎等地區含量介於0.22%~0.36%間，似有重新檢討標準值的必要。葉鎂含量春茶季平均0.31%，秋茶季平均0.25%，均達標準值0.20% 以上，各縣春茶季以雲林縣含量0.35% 較高，嘉義縣含量0.31% 次之，南投

縣0.27% 較低；鄉鎮間以鹿谷及阿里山地區葉鎂含量0.40% 較高，南投市含量0.20% 較低；秋茶季以雲林、南投縣含量0.26% 較高，嘉義縣含量0.24% 較低；鄉鎮間以竹山含量0.30% 較高，名間含量0.21% 較低。葉銅含量春茶季平均為6.59ppm (2.77~8.33ppm)，秋茶季平均為7.40ppm (1.30~9.54ppm)，其中以竹崎茶區葉銅含量9.54ppm較高，梅山茶區葉銅含量1.30ppm較低。葉錳含量春茶季平均值為640ppm，以中寮茶區812ppm較高，竹山茶區387ppm較低；秋茶季平均為845ppm，以竹崎茶區1,248ppm較高，鹿谷茶區528ppm較低；葉錳含量與葉片粗老程度有關，而往往與包種茶品質有負相關關係(張，1993)。葉鋅含量春茶季平均為25.7ppm，以信義茶區32.4ppm較高，林內茶區19.2ppm較低；秋茶季葉鋅含量平均為25.6ppm，以中寮茶區含量39.7ppm較高，林內茶區含量15.8ppm較低。葉鐵含量春茶季平均為76.4ppm，以鹿谷茶區含量257.6ppm較高，番路茶區含量33.5ppm較低；秋茶季平均為44.0ppm，以阿里山茶區含量59.3ppm較高，仁愛茶區含量34.9ppm 較低。

茶葉三要素含量比值之關係示於表 6，比較植體N/K比值春茶季信義、仁愛、阿里山茶區與秋茶季中寮、竹崎茶區介於適宜比值2.5~3.0之間，其餘茶區皆有偏低現象。P/K比值比較，秋茶季除竹山、林內及古坑等茶區外，餘均介於適宜比值0.175~0.225之間。

五包種茶品質比較

調查期間蒐集各調查點各茶季所製凍頂型包種茶進行茶葉品質鑑定，利用非介量檢定法 "Kruskal-Wallis" 等級檢定法分析評分，平均名次如表 7，各茶季品質間有顯著性差異。以冬茶品質73.7分最佳，其次春茶72.1分，夏茶68.5分品質較差，春夏茶及多夏茶間品質差異均達到顯著水準。

表 4. 調查區茶樹春茶葉片無機成分比較(1992、1993年二季平均值)
Table 4. Element contents of spring crop tea leaves from different regions
(Average of 1992 & 1993)

地 點 Regions	N	P	K %	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn ppm	Fe
南投縣	4.14	0.41	2.00	0.19	0.27	6.94	630	26.1	79.8
南投	3.64	0.39	2.00	0.22	0.20	7.28	774	20.4	45.5
中寮	4.60	0.44	2.24	0.14	0.22	8.33	812	26.5	57.4
名間	3.18	0.36	2.02	0.18	0.24	6.71	801	23.5	65.8
竹山	3.87	0.41	2.05	0.27	0.37	6.88	387	30.0	41.6
鹿谷	4.09	0.36	2.01	0.07	0.40	2.77	407	24.0	257.6
信義	4.77	0.49	1.86	0.17	0.26	8.50	574	32.4	55.0
仁愛	4.83	0.44	1.81	0.27	0.23	8.11	655	25.6	35.4
雲林縣	3.13	0.37	1.74	0.27	0.35	6.88	661	21.5	39.2
林內	3.26	0.33	1.57	0.26	0.33	6.88	673	19.2	42.2
古坑	3.00	0.40	1.91	0.28	0.36	6.88	650	23.6	36.2
嘉義縣	3.77	0.36	1.81	0.18	0.31	5.95	630	29.5	110.2
番路	3.44	0.35	1.75	0.22	0.36	6.21	765	29.5	33.5
梅山	4.26	0.40	1.94	0.17	0.25	6.68	694	28.2	137.4
竹崎	3.32	0.40	1.97	0.17	0.23	5.88	514	29.7	128.2
阿里山	4.04	0.30	1.58	0.15	0.40	5.04	545	30.5	141.5

中部茶園生產條件與產製情形調查

表 5. 調查區茶樹秋茶葉片無機成分比較(1991、1992年二季平均值)

Table 5. Element contents of autumn crop tea leaves from different regions (Average of 1992 & 1993)

地 點 Regions	N	P	K %	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn ppm	Fe
南投縣	3.91	0.36	1.71	0.39	0.26	8.10	827	26.6	42.7
南投	4.22	0.40	1.76	0.42	0.26	7.54	821	22.7	51.9
中寮	4.21	0.29	1.40	0.40	0.24	7.81	838	39.7	36.9
名間	4.39	0.39	1.90	0.40	0.21	8.19	1,068	28.1	45.5
竹山	3.52	0.31	1.97	0.39	0.30	6.61	609	17.6	41.7
鹿谷	2.97	0.35	1.53	0.44	0.23	9.10	528	26.9	43.6
信義	4.05	0.38	1.79	0.31	0.24	8.55	920	26.7	44.2
仁愛	4.00	0.40	1.65	0.34	0.24	8.89	1,005	24.3	34.9
雲林縣	3.94	0.33	2.45	0.25	0.26	7.02	657	20.5	41.9
林內	3.69	0.30	2.15	0.27	0.27	6.39	597	15.8	38.6
古坑	4.19	0.35	2.74	0.22	0.25	7.64	717	25.0	45.1
嘉義縣	4.18	0.37	1.77	0.32	0.24	7.09	1,051	29.8	47.3
番路	3.79	0.37	1.79	0.25	0.22	9.10	962	26.3	45.3
梅山	4.44	0.40	1.89	0.27	0.24	1.30	1,071	31.8	43.7
竹崎	3.93	0.32	1.47	0.36	0.25	9.54	1,248	27.1	40.7
阿里山	4.51	0.37	1.91	0.39	0.24	8.41	924	34.1	59.3

表 6. 調查區茶葉N、P、K營養體比值之關係

Table 6. Comparison on the nutrient ratios of tea leaves from different regions

地 點 Regions	春茶季 Spring crop	秋茶季 Autumn crop
	N/K P/K	N/K P/K
南投	1.82 0.20	2.40 0.23
中寮	2.05 0.20	3.01 0.21
名間	1.57 0.18	2.31 0.21
竹山	1.89 0.20	1.79 0.16
鹿谷	2.03 0.18	1.94 0.23
信義	2.56 0.26	2.27 0.21
仁愛	2.67 0.24	2.42 0.24
林內	2.08 0.21	1.72 0.14
古坑	1.57 0.21	1.53 0.13
番路	1.97 0.20	2.12 0.21
梅山	2.20 0.21	2.35 0.21
竹崎	1.69 0.21	2.67 0.22
阿里山	2.56 0.19	2.36 0.19

適宜比值：Range of proper ratio N/K 2.50~3.00, P/K 0.175~0.225。(6)

表 7. 調查區各茶季所製包種茶品質及等級之比較
Table 7. Comparison on the Pouchung tea qualities and grades from different regions and crops

地 點		海 拔(m)		春 茶 Spring crop		夏 茶 Summer crop		秋 茶 Autumn crop		冬 茶 Winter Crop	
Regions		Altitude		分數*	等級**	分數	等級	分數	等級	分數	等級
				Score	Grade	Score	Grade	Score	Grade	Score	Grade
南投	190~	450		68.9a ***	13	60.0b	1	66.2ab	3	68.4a	10
中寮	435~	995		68.8bc	12	66.6c	4	72.9ab	31	74.2a	41
名間	240~	470		67.7b	8	67.4b	6	69.1ab	15	71.5a	25
竹山	220~	410		67.6ab	7	60.4b	2	68.3a	9	71.7a	27
鹿谷	380~	750		70.7b	23	71.7b	27	73.8ab	37	75.2a	45
信義	620~1,450			72.8a	30	69.2a	17	70.7a	23	73.0a	33
仁愛	910~1,540			73.6a	35	66.9a	5	69.2a	17	73.0a	33
林內	330~	360		69.7a	19	70.1a	20	70.7a	23	69.2a	14
古坑	550~	630		74.2a	41	68.7a	11	71.1a	24	72.1a	29
番路	780~1,400			76.9ab	48	69.6b	18	74.0ab	38	78.1a	52
梅山	750~1,380			76.2ab	47	73.7b	36	74.4b	43	78.0a	51
竹崎	1,300~1,350			75.8a	46	74.2a	41	73.3a	34	77.0a	50
阿里山	970~1,320			74.7ab	44	72.0b	28	74.3ab	42	77.0a	50
平 均				72.1a		68.5b		71.4ab		73.7a	

* 總品質分數為100分，係茶葉官能評審標準以形狀10分，色澤10分，水色20分，滋味30分，香氣30分。
** 利用非介量檢定法 "Kruskal-Wallis" 等級檢定法。
*** different alphabet indicates significantly different at 5% level.

不同海拔高度各季茶葉品質間之比較示於表 8，海拔400公尺以下各茶季以冬茶最佳，秋茶次之，夏茶較差；海拔 400~600公尺則以冬茶最佳，春茶次之，夏茶較差；海拔600~800公尺茶季比較結果與 400~600公尺呈相同順序；海拔 800~1,000公尺以春茶最佳，冬茶次之，夏茶略低；海拔 1,000~1,200公尺以冬茶最佳，春、秋茶次之，夏茶較差；海拔 1,200~1,400公尺以冬茶最佳，春茶次之，秋、夏茶較差；海拔1,400公尺以上茶季比較結果與1,200~1,400公尺呈相同順序。

不同海拔間總品質分數統計結果（表 8），不同海拔高度間之包種茶茶葉品質有顯著性差異，以海拔1,000公尺以上茶園茶葉品質最佳，600~1,000公尺次之，而海拔600公尺以下茶葉品質較差。值得注意的是海拔 1000公尺以上茶區品質評分比較顯示，茶葉品質在海拔 1000~1200公尺評分最高，更高海拔的茶園茶葉品質並無提高的趨勢，反而在夏秋茶有略為降低的現象。馮等(1993)檢討了不同海拔下各茶季包種茶品質和茶芽農藝性狀之相關指出，海拔高度與包種茶外觀、水色及品質之相關係數為正，但均未達顯著標準，而以海拔1300公尺左右茶園品質最優，海拔2100公尺茶園茶葉品質則有趨低之現象。本調查結果顯示各茶季茶葉品質受海拔高度之影響亦有相同趨勢。

表 8. 不同海拔高度所製包種茶品質、變異及等級之比較
Table 8. Comparison on the Pouchung tea qualities and grades from different altitudes

海拔(m) Altitude			春 茶 Spring crop	夏 茶 Summer crop	秋 茶 Autumn crop	冬 茶 Winter crop	平 均 Average
>400	分	數	72.6c *	69.9c	74.0cd	75.6bc	73.0cd
	變	係	10.5	9.8	8.7	7.6	9.5
	等	級**	5	2	9	12	7.0
400 }	分	數	71.7c	69.5c	71.0d	73.1c	71.3d
	變	係	6.3	3.8	7.1	7.7	6.7
	等	級	4	1	3	6	3.5
600 }	分	數	75.3bc	73.5bc	74.7bcd	76.8bc	75.1bcd
	變	係	8.1	3.7	4.7	4.5	5.6
	等	級	11	7	10	13	10.3
800 }	分	數	78.2ab	73.7bc	77.5abc	77.8b	76.8abc
	變	係	8.4	7.8	4.8	2.9	7.0
	等	級	19	8	16	18	15.3
1,000 }	分	數	80.7a	77.0ab	80.7a	83.6a	80.5a
	變	係	4.0	7.6	1.4	3.7	5.6
	等	級	25	15	25	28	23.3
1,200 }	分	數	80.5a	78.6a	78.6ab	82.6a	80.1a
	變	係	6.1	5.3	5.1	5.2	5.7
	等	級	23	21	21	26	22.8
1,400 }	分	數	80.4a	77.7a	77.0abc	82.9a	79.5ab
	變	係	6.2	1.3	7.8	7.4	6.4
	等	級	22	17	15	27	20.3

* different alphabet indicates significantly different at 5% level.
** 利用非介量檢定法 "Kruskal-Wallis" 等級檢定法。

結 論

一、中部不同海拔茶園茶菁產量均以台茶12號較青心烏龍為高，海拔愈低差異愈大。茶葉產製受經營方式影響明顯。青心烏龍品種在海拔450公尺及台茶12號品種在海拔550公尺以下茶園，茶菁產量最高，普遍採行高施肥量及機採，而以提高產量，降低成本為經營方式；青心烏龍品種在海拔450~1200公尺範圍內，台茶12號品種在海拔800~1200公尺範圍內茶菁產量隨海拔增加而增加，主要原因為中海拔茶區茶農普遍利用收益較低之夏茶季進行產期調節，而於不同海拔夏茶之採收與否影響全年採摘次數所致；二品種在超過海拔1200公尺以上之茶園茶菁產量均隨海拔增加而減少，主要原因為生產條件已受到氣候所限。

二、不同茶區土壤條件調查結果，全區酸鹼度平均僅pH3.88，以雲林縣平均pH 3.22酸化情形最為明顯；有機質含量以較高海拔新墾茶園含量普遍較高；有效性磷含量與施肥量有關，以較低海拔茶園含量較高；交換性鉀則以較高海拔茶園較高；交換性鈣、鎂含量各茶區間差異明顯，平均含量以嘉義縣較高，雲林縣較低；土壤有效性銅、錳、鋅、鐵含量比較，雲林縣茶

區銅、鐵含量較高，嘉義縣茶區錳、鋅含量較高，南投縣均居中。

三肥料用量依經營方式可歸納為施重氮肥之低海拔機採茶園及施中氮肥之中高海拔手採茶園，前者以增加茶菁收量為經營上之主要考慮，後者以提高茶葉品質為經營上之主要考慮，磷、鉀肥之施用則以配合氮肥施用為主。

四葉片無機成分含量分析結果，春茶氮含量平均較秋茶低，竹山、林內、番路、竹崎茶區葉片氮含量春秋兩季均低於4.00%；磷、鉀、鎂含量各茶區普遍正常，而鈣含量則變異幅度頗大，且普遍低於過去所訂之標準值，有重新檢討的必要；葉片銅、錳、鋅、鐵含量與土壤有效性含量並無明顯相關。

五包種茶品質比較除夏茶明顯較差外，春、冬茶品質評分互有領先，不同海拔間之綜合比較顯示，海拔1000公尺以上茶園茶葉品質平均較佳，海拔600~1000公尺者次之，海拔600公尺以下茶園茶葉品質平均較差，但海拔超過1200公尺以上茶區茶葉品質並無隨海拔增加而繼續提高之趨勢。

誌 謝

本報告書之資料整理承總場茶作課陳副研究員玄、陳助理研究員月裡及王其欣小姐大力協助，謹致謝忱。

參考文獻

1. 王新傳、林登鴻. 1969. 臺灣坡地主要土壤之沖蝕性. 臺灣省政府農林廳山地農牧局編印。
2. 朱惠民. 1986. 「診斷體系」在茶樹葉片營養診斷之應用. 臺灣茶業研究彙報 5:145-152。
3. 邱再發. 1990. 影響臺灣半發酵茶生產與品質之關係. 臺灣茶業研究彙報 9:141-148。
4. 邱再發、張鳳屏. 1987. 茶樹營養與施肥. 茶業技術訓練講義. 臺灣省茶業改良場編印 p.133-144。
5. 林家棻. 1967. 植物分析與施肥(5)：利用葉片分析檢定本省主要茶區 NPK 需要狀況. 中華農學會報 新60:81-93。
6. 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. 中華農學會報新 56:62-74。
7. 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。
8. 陳正祥. 1961. 山區與高山族—臺灣地誌. 敷明產業地理研究所研究報告 94:76-895。
9. 陳正祥. 1960. 地理區域—臺灣地誌. 敷明產業地理研究所研究報告 94:909-1055。
10. 陳正祥. 1959. 天然環境及其限制—臺灣地誌. 敷明產業地理研究所研究報告 94:45-170。
11. 陳春泉. 1979. 土壤調查手冊. 臺灣省政府農林廳山地農牧局編印。
12. 郭魁士. 1990. 土壤學. 中國出版社 p.216-237。
13. 張鳳屏. 1993. 茶園土壤特性對新品種茶樹產量與品質之影響. 臺灣茶業研究彙報 12:

93-102。

14. 張淑賢. 1981. 本省現行植物分析法. 作物需肥診斷技術. 臺灣省農業試驗所特刊 13: 53-59。
15. 張愛華. 1981. 本省現行土壤測定法. 作物需肥診斷技術. 臺灣省農業試驗所特刊 13: 9-26。
16. 臺灣省政府農林廳. 1987. 作物施肥手冊。
17. 臺灣省政府農林廳山地農牧局. 1984. 南投、彰化縣山坡地土壤調查報告。
18. 臺灣省政府農林廳山地農牧局. 1986. 嘉義、雲林縣山坡地土壤調查報告。
19. 蔡永生、區少梅、張如華. 1990. 不同品種包種茶官能品質與成分之特徵與判別分析. 臺灣茶業研究彙報 9:79-97。
20. 蔡永生、張如華. 1986. 茶葉品質鑑定科學化之研究 I. 烏龍茶化學成分與茶湯滋味之關係. 臺灣茶業研究彙報 5:127-134。
21. Handbook on Reference Methods for Soil Testing (Revised Edition). The Council on Soil Testing and Plant Analysis. University of Georgia. Athens. Georgia. p. 37-51(1980).
22. Mwakha, E. 1985. Tea shoot growth of different altitudes in western Kenya. Tea 6(2):19-24.
23. Nakayama, A., T. Kang and H. Sana. 1966. Studies on the effect of temperature upon the growth of tea plant (II): Tea effect of low temperature at night upon the growth of young tea plant. Tea Research 25:1-9.
24. Obaga, M.O; G.R. Squie and J.K. Lang'at. 1988. Altitude, temperature and the growth rate of tea shoots. Tea 9:28-33.
25. Rage, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney(ed). 1982. "Methods of Soil Analysis Part 2", 2nd edition, American Society of Agronomy.
26. Tanton, T.W. 1982. Environmental factors affecting the yield of tea (*Camellia Sinensis* L.) I. Effects of air temperature. Expt. Agric. 18:47-52.

A Survey on the Natural Conditions and Practical Productivities of Tea Plantations in Middle Taiwan¹

Wen-Lung Lai Hsin-Feng Ho²

Summary

A general survey on the tea production, its related altitude, soil property, and manipulative management status of totally 60 tea plantations in Nantou, Yunlin and Chiayi counties around middle Taiwan was conducted during July 1991 to June 1993. Results showed the fresh tea yields from var. TTES No.12 gardens were always higher than that from var. Chin-shin Oolong at the same location, and the yield gap decreased as the altitude increasing. Practical tea productions were highly affected by the management methods and could be roughly divided into 3 zones according to the altitude of the plantations. In the lower zone, mechanized plucking has been widely used in TTES No.12 tea gardens lower than 550 m and in Chin-shin Oolong tea gardens lower than 450 m, both practices were closely connected to high fertilizer application rates and high yield. In the middle zone, hand plucking was the main harvest method used in the tea gardens above the altitude of 550 m, as yield gap between the 2 varieties gradually diminishing, the average yield were used in analysis and a positive relation between yield and altitude from 600 to 1200 m had been observed. An explanation for the relation is that the summer crop harvest rates increased as the altitude increasing, that makes the annual plucking round changeable and affects to the yield. On the higher zone at which tea gardens located higher than 1200 m, however, a negative relation of which tea yield decreasing as the altitude increasing had been found due to the unsatisfactory climatic condition. Result from soil investigation indicated average soil pH was 3.88 in the area. Higher content of organic matter as well as exchangeable potassium in tea gardens with higher altitude, and higher content of the available phosphorus in lower altitude with higher fertilization were found. As to the inorganic elements' content of tea shoots, nitrogen content of spring crops appeared to be lower than that of autumn crops, in some locations data less than 4.00% had been found in both spring and autumn crops, which might be induced by unbalanced nutrient application. It was also noted that the calcium content of tea shoots generally less than 0.38%, a criterion being used to considered as insufficiency. A combine analysis of made-tea's quality using "Kruskal-Wallis" test had been applied. Result indicated that spring and winter crops always get better scores than summer crops, and average scores of the tea from gardens higher than 1000 m significantly superior than that from 600-1000 meter's, and then alternatively superior than that from under 600 meter's. But result also showed that tea qualities derived from tea gardens in altitude above 1200 m did not get any additional improvement effect.

Key words: Tea tree, Altitude, soil properties, leaf inorganic elements.

1. This project was granted by the Council of Agriculture, Executive Yuan.

2. Assistant soil scientist and Director, Yuchi Substation of Taiwan Tea Experiment Station.

微波加熱炒菁及乾燥對 包種茶品質之影響¹

邱 瑞 騰²

摘 要

本試驗利用西屋 KM938L 密閉型微波爐，探討微波加熱應用於包種茶製程中之炒菁、初乾及乾燥之可行性，結果如下：

- 1.利用微波加熱的方式替代炒菁，可使葉溫迅速提高，比圓筒式炒菁法高出10℃左右，對破壞炒菁葉之酵素活性，應該更有效果，微波加熱炒菁之製茶品質，均帶悶味，乃是因密閉型微波爐，水氣不能順利排出之故。
- 2.利用微波加熱於包種茶初乾，乾燥茶葉水分含量至適合布球揉捻，650 瓦微波照射需時 6～7分鐘，520瓦需時8～10分鐘，而 90℃熱風乾燥需時12～16分鐘；熱風乾燥時葉溫為54℃，而微波加熱處理均能達到80℃以上，對更進一步破壞茶葉酵素活性有效。
- 3.利用微波加熱乾燥茶葉速率良好，650 瓦微波加熱之乾燥時間為熱風乾燥的1/2.5～1/3，520瓦為1/2；微波加熱乾燥茶葉之葉溫上升及幅度和茶葉水分含量高低關係密切，水分含量愈低，葉溫上升幅度愈大，以全功率（650 瓦）之微波全程乾燥茶葉，由於葉溫過高，對茶葉品質不利，此可隨著茶葉乾燥之時程與茶葉含水量遞減降低微波之輸出功率改善之。
- 4.利用微波加熱於包種茶製程之初乾及乾燥之前期，均能有良好的效率，乾燥後期，可考慮用熱風或其他熱源方式，至於利用於炒菁之製程，因設備之限制，尚不能據以定論。

關鍵字：包種茶、微波加熱、品質

1.行政院農業委員會經費補助。

2.台灣省茶業改良場魚池分場助理研究員。

前 言

微波加熱技術，近年來廣泛應用於食品工業，其具有迅速加熱的特色，利用微波加熱結合不同乾燥方式的加工機械，也不斷地開發使用（Schiffmann, 1986）。茶葉加工製程中，利用微波加熱，而開發的機械有結合微波和紅外線的輸送帶式乾燥機，其已應用於煎茶粗、精製之乾燥工程（新日本無線NJE-6010，近代技術研發NJC-6004等）微波加熱應用於煎茶之精揉葉乾燥非常適合（袴田等，1990），利用於煎茶之蒸菁製程亦是可考慮選擇之方法（袴田，1991），本試驗擬探討微波加熱技術應用在包種茶之製茶工程中炒菁，初乾及乾燥等之可行性。

材料與方法

- 一、微波設備：西屋KM 938L微波爐密閉型，容積39公升，周波數 2450 ± 50 MHz，微波輸出功率650瓦，具可變輸出功率選擇。
- 二、試驗材料：小葉種製造之萎凋菁，炒菁及揉捻後半乾燥茶葉材料，及條型包種茶及半球型包種待乾之半成品等。
- 三、試驗方法：依不同之供試材料，進行後序之製茶工序，以慣行法為對照處理，並同時參試不同之微波加熱處理，比較其對包種茶品質之影響。
- 四、調查分析項目：
 1. 測定葉溫變化（紅外線測溫計）茶葉水份含量變化（重量瓶）。
 2. 茶葉品質官能鑑定。
 3. 化學分析等。

結果與討論

一、微波加熱對包種茶炒菁之效果比較：

表 1所示，傳統之圓筒炒菁機以出風口溫度 280°C 炒菁5分鐘後，炒菁葉的葉溫為 74.4°C ，如果以650瓦微波照射3分鐘後葉溫即上升至 83.4°C ，520瓦微波照射 3分鐘葉溫達到 77°C ，照射 5分鐘達 84.5°C ，利用圓筒炒菁機炒菁後如葉溫要能夠達到 84°C 之溫度，則出風口之溫度需達 $350 \sim 400^{\circ}\text{C}$ 方有可能，但在如此高溫下炒菁，炒焦的風險很高，炒菁之作用主要為破壞茶葉內之酵素活性， 80°C 以上才能完全破壞酵素活性（陳，1983），故蒸菁容易達到此溫度要求，而炒菁則較困難，據最近調查農戶炒菁後之葉溫，多數只能達到 70°C 左右，因此利用微波照射加熱能迅速提高葉溫，對完全破壞茶葉酵素之活性應該有幫助。

包種茶於炒菁後即進行揉捻之工程，而揉捻葉之水分含量和適揉性關係密切，因此利用微波加熱代替炒菁，必須考慮水分含量是否適中，一般包種茶炒菁後葉重約為原茶菁之60%（甘，1987），以此標準，對照表 2之重量減少調查，因萎凋菁已蒸散部份水含量，實測其水分含量為72%，如依揉捻葉重為原茶菁之60% 換算，應該減少30~40% 左右其適揉性佳，則650瓦微波加熱約3~4分鐘，520瓦 5分鐘均能符合標準；各處理茶葉品質，以對照處理（圓筒炒菁機）最佳，另650瓦微波加熱 3分鐘之處理其品質尚能接受，超過3分鐘時品質色澤褐化，水色加深，另微有焦味產生，時間過短時，菁味去除不良；低功率微波加熱除了菁味去

微波加熱炒菁及乾燥對包種茶品質之影響

除不良外，滋味淡薄為最大之缺點；由於本試驗為利用密閉型之微波爐，對水氣之排放較難達到理想，故其品質多少均有悶味之產生。

表 1. 萎凋菁圓筒炒菁機及微波加熱下葉面溫度之變化
Table 1. Changes in leaf temperature by microwave heating and rotary panner. (單位℃)

處 理 Treatment	時 間 (分) Time (min)				
	1	2	3	4	5
650 瓦微波照射	70.0	76.0	83.4	79.0	—
520 瓦微波照射	70.1	71.0	77.0	80.3	84.5
390 瓦微波照射	65.2	69.7	74.3	—	76.2
圓筒炒菁機出口 溫度280℃	—	—	—	—	74.4

註：1.萎凋菁水分含量為72.0%
2.微波照射萎凋菁重量200公克，圓筒炒菁機炒菁則以慣行法實施。
3.葉面溫度以紅外線測溫計測定。

表 2. 微波加熱下萎凋菁之重量減少及茶葉品質
Table 2. The weight loss of tea leaf and qualities of made tea by microwave heating.

處 理 Treatment	重 量 減 少 (%) Weight loss (%)	官 能 評 審 Sensory quality			
		外 觀 Appearance	水 色 Liquor color	香 味 Aroma Taste	合 計 Overall quality
對照	30	16.0	17.0	48.0	81.0
650瓦照射1分鐘	10	16.0	16.0	45.5	77.5
650瓦照射3分鐘	25	15.5	16.5	47.0	79.0
650瓦照射5分鐘	45	15.0	16.0	44.5	75.5
520瓦照射5分鐘	35	15.0	16.0	43.5	74.5
390瓦照射5分鐘	20	15.0	16.0	43.0	74.0

二微波加熱應用於包種茶初乾之效果比較：

“初乾”為半球型包種茶之製程，將炒菁及揉捻後之茶葉以熱風乾燥至水分含量約35～40% 左右，以利爾後之布球揉捻（甘，1989）。表 3顯示水分含量62.9% 之揉捻葉，以不同微波功率及熱風處理時，要達到布球揉捻之適揉的葉中水分含量，650瓦微波需照射 6～7分鐘，520瓦需8～10分鐘，而390瓦需16分鐘，而90℃熱風則需12～16分鐘，由茶葉水分含量之遞減速率，可知微波加熱處理，水分含量降低初期緩慢，而末期降低幅度加大，與熱風之

乾燥模式截然不同；以90℃熱風乾燥至40分鐘時可完全乾燥茶葉，而其葉溫最高達70℃，如果降至布球揉捻適揉之40% 水含量時其葉溫為54℃，而以微波加熱之葉溫，則均高出熱風乾燥處理甚多（另表敘述）。至於包種茶品質之比較，如表 4所示：650瓦微波照射比520瓦及390瓦對品質較有利而照射4分鐘之品質均比2分鐘差；經微波處理之品質均不能勝過對照處理，可能是密閉型微波爐使包種茶呈悶雜味之故。

表 3. 不同微波功率處理下茶葉水分含量之變化 (%)
Table 3. Changes in moisture content of tea leaf by microwave heating (%).

處 理 Treatment	時 間 (分) Time (min)											
	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	40	60
微波功率輸出650瓦	58.9	47.6	41.3	21.7	9.5	5.0	—	—	—	—	—	—
微波功率輸出520瓦	—	55.0	—	40.6	—	21.9	7.3	—	—	—	—	—
微波功率輸出390瓦	—	61.6	—	53.6	—	45.0	35.5	21.9	12.7	9.5	—	—
熱風乾燥（對照）	—	—	—	—	46.6	—	—	28.8	—	—	3.9	1.7

註：1.供試材料水分含量為62.9%。
2.供試材料重量為200公克。
3.熱風溫度90℃。

表 4. 不同微波功率處理下茶葉之官能品質
Table 4. Sensory evaluation of treated by microwave heating at various output power.

處理代號 No. of Treatment	微波功率 Microwave power	照射時間 (分鐘) Exposure time(min)	重量減少 (%) Loss of weight(%)	茶 葉 品 質 Sensory quality			
				外 觀 Appearance	水 色 Liquor color	香 味 Aroma taste	合 計 Overall quality
對 照				16.0	17.0	48.0	81.0
1	650瓦	2	15	16.0	17.0	47.5	80.5
2	650瓦	4	28	15.0	15.0	43.0	73.0
3	520瓦	2	13	15.5	16.5	45.0	77.0
4	520瓦	4	25	15.0	16.0	44.0	75.0
5	390瓦	2	10	15.5	16.5	43.5	75.5
6	390瓦	4	22	15.5	16.5	42.0	74.0

註：1.供試材料為炒菁後並未經初乾製程，其水含量為58.5%。
2.供試材料重量為200公克。
3.對照處理以90℃熱風將供試材料直接乾燥，其他經微波處理後，再以90℃熱風乾燥。
4.官能評審外觀20%，水色20%，香味60%合計100%。

三不同含水量和不同微波加熱時間對茶葉葉溫之影響：

表 5所示，茶葉隨著微波加熱時間加長而葉溫亦上升，高水含量的茶葉其葉溫升高的幅度較緩，茶葉水含量愈低，葉溫上升的幅度愈大，顯示微波加熱後水分為溫度上升的一項限

制因子，Wang and Toledo (1987) 在黃豆水含量與微波加熱試驗結果，亦有相同之結果，因為水的蒸發溫度在100℃以下，所以高含水量之茶葉，以微波加熱時最初時程溫度均會低於100℃，除非是後期因水分逐漸蒸散，才有可能上升超過100℃，參照微波在初乾之效果，以熱風（90℃）乾燥茶葉（揉捻葉）至適合布球揉捻之情況，其葉溫約只 53~55℃，而乾燥至水分含量3.9% 時葉溫也僅達70℃左右，因此如果以微波照射揉捻葉至適合布球揉捻時其葉溫約可達80~85℃，對破壞茶葉之酵素活性，效果會更好，至於乾燥後期，水分含量低，使得葉溫急速上升，和受熱茶葉中水分少（熱比值較高），而和其他熱比值低之物質有關係（Schiffmann, 1986; Pour-EL, et al, 1981）；過高的溫度並不利於包種茶品質的保持。

表 5. 微波加熱對不同水分含量茶葉葉溫與茶葉失重之影響
Table 5. Effect of microwave heating on temperature and weight loss of tea leaf with different moisture.

微波加熱時間 Microwave exposure time	茶 葉 含 水 量 (%) Moisture content of tea									
	53.9%		50.1%		43.3%		37.7%		16.9%	
	葉溫℃ Tempe- rature	失重% Weight loss	葉溫℃ Tempe- rature	失重% Weight loss	葉溫℃ Tempe- rature	失重% Weight loss	葉溫℃ Tempe- rature	失重% Weight loss	葉溫℃ Tempe- rature	失重% Weight loss
1 分鐘	55.2	2.5	75.5	6.7	80.3	8.0	83.0	8.0	91.5	4.0
2 分鐘	72.3	10.0	78.5	13.3	83.5	16.0	88.7	12.0	110.7	8.0
3 分鐘	74.8	17.5	82.3	22.0	91.5	24.0	103.7	20.0	130.7	8.0
4 分鐘	83.8	25.0	94.5	28.7	100.0	28.0	114.5	24.0	145.7	12.0
5 分鐘	84.2	30.0	94.5	33.3	110.0	32.0	124.0	28.0	155.0	12.0

註：1.微波功率650瓦。
2.每處理茶葉重量200公克。

四不同重量茶葉及不同微波輸出功率加熱對葉溫之影響：

表 6. 不同重量茶葉微波加熱後之葉面溫度
Table 6. Changes in temperature of tea leaf with different weight after microwave heating.

茶 葉 重 量 (公 克) Weight of tea (g)	加 熱 時 間 (分) Exposure time (min)		
	1 分 鐘	3 分 鐘	5 分 鐘
100 公 克	78.0℃	98.7℃	120.0℃
200 公 克	73.0℃	102.5℃	119.0℃
300 公 克	70.0℃	105.0℃	124.0℃

註：1.微波功率650瓦。
2.茶葉含水量11.1%。

表 6 所示，不同重量之茶葉以微波加熱，加熱之初葉溫隨茶葉愈多葉溫較低，此乃是因微波被分散吸收的關係，然加熱時間至 5分鐘後，葉溫之變化差異即不明顯；表 7 所示，降低微波輸出功率，能夠降低葉溫，故在茶葉乾燥的時程內，可分段降低微波功率，以避免葉溫過高導致茶葉的品質不良。

表 7. 不同輸出功率微波加熱後之葉面溫度
Table 7. Temperature of tea leaf treated by microwave heating at various output power.

微波功率 Microwave power	加 熱 時 間 (分) Exposure time (min)		
	1 分 鐘	3 分 鐘	5 分 鐘
650瓦 (100%)	78.0℃	98.7℃	120.0℃
390瓦 (60%)	67.0℃	85.6℃	102.0℃
130瓦 (20%)	41.1℃	53.1℃	63.3℃

註： 1.供試材料茶葉重量100公克。
2.茶葉水含量11.1%。

五微波乾燥翻拌對葉溫及含水量之影響：

表 8 所示之結果，再參照表 5，顯示茶葉在微波乾燥時，每分鐘翻拌一次因停止微波照射，所以葉溫上升降低甚多，另外翻拌處理可使茶葉受熱較為均勻，這也是將來微波加熱實用上必須注意的重點；微波照射10分鐘後之包種茶品質，經官能品評，尙無焦味產生，但微有油耗味之現象，可能是因為終溫(111℃)太高，而促進茶葉內之油脂氧化，(孫，1994)。
〔在微波加熱對梅納反應的影響的報導中，提到可能是微波加熱造成不同的反應機制，而分解反應以及氧化反應的趨勢可能比梅納反應更強〕。

表 8. 微波加熱中茶葉翻拌中葉面溫度與茶葉水分含量之影響
Table 8. Effect of stirring treatment on temperature and moisture of tea leaf in microwave heating period.

時間 (分鐘) Time (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
溫度 (°C) Temperature	65	71	79	80	84	87	92	107	110	111
水含量 (%) Moisture content	9.9	8.6	7.2	6.0	5.2	4.4	4 0	3.0	3.0	3.0

註： 1.供試材料茶葉重量300公克。
2.茶葉水含量11.1%。
3.微波輸出功率650瓦。

六不同乾燥處理對包種茶品質之影響：

表 9 顯示，不同乾燥處理比較茶葉品質之優劣順序，由表可知全程微波加熱乾燥對半球形包種茶品質不利，先以微波加熱初乾後再行熱風乾燥比先熱風初乾再行微波乾燥之品質優良，而微波加熱初乾時以 390瓦（60%）優於520瓦（80%）優於650瓦（100%）。

表 9. 不同乾燥處理茶葉之品質

Table 9. Quality of made tea prepared by various drying treatment.

處理代號 NO. of Treatment	處理內容 Treatment	茶葉品質 Sensory quality					色差值 Total Color difference			
		外觀 Appearance	水色 Liquor color	滋味 Taste	香氣 Aroma	合計 Overell quality	△L	△a	△b	△E
A	90℃熱風全程乾燥	14.0	13.8	17.5	17.0	62.3	-5.59	-1.63	17.81	18.74
B	650瓦微波全程乾燥	13.0	13.6	17.0	16.5	60.1	-6.91	-1.88	24.54	25.56
C	520瓦微波全程乾燥	13.0	13.8	17.0	16.7	60.5	-6.54	-1.68	20.97	22.03
D	90℃熱風20分鐘,650瓦微波5分鐘乾燥	13.0	13.3	17.2	17.0	60.5	-7.07	-1.58	21.81	22.98
E	650瓦微波2分鐘後90℃熱風乾燥	14.0	13.5	17.2	17.2	61.9	-6.55	-1.45	19.25	20.39
F	520瓦微波4分鐘後90℃熱風乾燥	13.5	14.8	17.5	17.5	63.3	-5.42	-1.50	17.27	18.16
G	390瓦微波乾燥8分鐘後90℃熱風乾燥	13.5	14.6	17.6	17.6	63.3	-5.50	-1.78	18.74	18.82

結論與建議

應用微波加熱於包種茶製程，在殺菁階段替代炒菁，可使萎凋菁之溫度上升至足以完全破壞酵素的活性，然因限於密閉型之微波爐設備，對茶葉品質並不能有明確之影響依據，微波加熱應用在初乾階段，效率較佳，但如應用在乾燥茶葉時，必須視茶葉水分含量之遞減或乾燥時程內利用分段降低微波輸出功率，即能避免葉溫過高，而對包種茶品質產生不良之影響，如果利用微波加熱結合熱風於包種茶乾燥時，先行以微波加熱達到茶葉部份乾燥的效果後，再行熱風乾燥，這樣的乾燥組合方式對包種茶品質之保持最為有利；在微波加熱結合各種不同乾燥能源型式的食品加工機械，陸續被開發與利用，並且效率顯著，寄望國內能源工業界能積極從事此類加工機械之研發工作，降低設備成本，以造福食品加工業者。

參考文獻

1. 孫智斌. 1994. 微波加熱對梅納反應的影響. 食品工業. 26(6):34~41。
2. 李佳蓉. 1990. 微波殺菌之特性及利用技術. 食品工業. 22(2):52~56。
3. 楊清木. 1989. 利用微波減壓乾燥法開發高品質乾燥蔬菜. 食品工業. 21(12):50~55。
4. 甘子能. 林義恆. 1989. 認識台灣的包種茶. 台灣省茶業改良場文山分場。
5. 王家仁. 1988. 微波加熱與食品加工. 食品工業. 20(5):6~14。
6. 甘子能. 1987. 製茶原理的生化觀. 台灣省茶業改良場文山分場。
7. 陳椽. 1983. 製茶技術理論. 安徽農學院。
8. 袴田勝弘. 中田典男. 向井俊博. 山口 良. 橋三達二. 伊東正晃. 1990. 精揉葉乾燥工程へのマイクロ波加熱の利用. 茶研報. 72:19~25。
9. 袴田勝弘. 中田典男. 向井俊博. 山口 良. 橋三達二. 伊東正晃. 1991. 荒茶製造における蒸熱處理の代替としてのマイクロ波加熱. 茶研報. 73:23-29。
10. Wang, S. H. and Toledo, M. C. F. 1987. Inactivation of Soybean Lipxygenase by Microwave Heating: Effect of Moisture Content and Exposure Time. J. Food Sci. 52:1344~1347.
11. Muneharu Esaka. 1986. Inactivation of Lipxygenase and Trypsin Inhibitor in Soybeans on Microwave Irradiation. Agric. Biol. Chem. 50 (9) 2395~2396.
12. Schiffmann, R. F. 1986. Food Product Development for Microwave Processing, Food Technology (June) 94-98.
13. A. Pour-EL, S. O. Nelson, E. E. Peck, B. TJHIO, and L. E. STETSON. 1981. Biological Properties of VHF-and Microwave Heated Soybeans. Journal of Food sci. 46:880-885.

Effect of Microwave Panning and Drying on the Quality of Pouchung Tea

Ruey-Tung Chiou¹

Summary

Application of microwave heating to as an substituted energy source and evaluated the effects for panning, predrying and drying process in Pouchung tea manufacture was studied by using a microwave oven (White-Westing house, KM 938L). The results was summarized as follows:

The temperature of panned leaf by microwave heat was raised rapidly, which may have 10°C higher than the conventional process (hot air). Thus was benefitable effect for inactivated the enzyme activity. Because the microwave heat in this studies used a closed microwave oven, so that the Pouchung tea quality generally brought about some stewed defection.

Microwave heat was applied to the predrying process and removed some moisture content of tea leaf which was suitable for ball rolling process of Pouchung tea manufacture, the irradiating time must require 6~7 minuts at 650W microwave power, and 8~10 minutes at 520W microwave power, Predrying by conventional process (hot air) must required 12~16 minutes. After microwave heat, the temperature of predried leaf may achieved above 80°C, while the temperature of predried leaf only achieved to about 54°C, by the conventional process so as a further effects to inactivate the enzyme activity.

Microwave heat was applied to drying process of Pouchung tea manufacture can brought a good drying rate. Since microwave heated, for the same period of time, the temperature elevated depending on the initial moisture of tea leaf, the lower moisture content, the higher temperature increased. Because of excessive temperature was an unfavorable effect to Pouchung tea qualities, so that controlled by varying the microwave power output depending on the moisture loss of tea leaf in whole drying period was considered.

Key word: Pouchung tea, microwave heating, quality

1. Assistant Agronomist, Yuchih Substation of TTES.

水質對茶湯水色之影響

吳聲舜 陳國任 莊瓊昌¹

摘 要

本試驗以五種不同水質，包括蒸餾水、自來水、泉水及兩種不同混合水沖泡包種茶，在一小時內每隔十分鐘利用色差計觀察茶湯水色L、a、b、 ΔE 值變化。試驗結果顯示，各處理間L值在一小時內變化程度不同，其中自來水由86.1降為69變化劇烈，混合水次之、蒸餾水及泉水變化小。官能品評則以蒸餾水、泉水其水色成績較自來水和混合水為佳，蒸餾水沖泡的茶湯水色較為明亮，自來水及混合水水色較暗且在短時間內呈混濁狀。

將茶湯調整成不同的pH值和添加不同濃度的鐵離子，綠茶、包種茶及紅茶水色L值隨著pH值的昇高和鐵離子濃度的增加而降低，水色由亮變暗，鐵離子濃度達到5ppm時紅茶水色呈暗紅，包種茶及綠茶呈黃褐色。紅茶茶湯b值隨pH值的增加而降低，而綠茶和包種茶茶湯b值則隨其昇高而增加，顯示茶湯pH值變化對水色b值之效應因茶葉發酵程度不同而異。另外，三種茶類b值隨著鐵離子濃度增加而昇高，其趨勢一致。

關鍵字：水質、包種茶、綠茶、紅茶、pH值、鐵離子濃度、水色。

前 言

對於茶與水的關係，自古以來就是許多文人雅士、茶葉專家所討論的對象，甚至著書專論各地水質與泡茶的關係，在“茶神”陸羽所著茶經三卷、第五節就談論到各地水質的品第，明朝許次紓所著『茶疏』中說到「茶滋於水、水藉乎器、湯成於火、四者相須缺一則廢」又田藝蘅撰寫煮泉小品談及「茶南方嘉木、日用之不可少者、品固有微惡、若不得其水、且煮之不得其宜、雖佳弗佳也」。而歷史上有名的蘇軾與蔡襄鬥茶，大文豪蘇軾就是以水質取勝，由此可見水質不好，即使是品質佳的茶葉也泡不出好茶。足見前人對沖泡茶葉水質選定之重視，實不輸科學文明之今日。

而近年來有關研究水質與泡茶之文獻非常少尤其是包種茶部分，而在紅茶、綠茶則有少量的篇數，尤(1993)曾摘要報告不同水質與金屬離子及酵素處理等；對茶抽出液成分、色澤及滋

1.茶業改良場台東分場助理研究員、分場長、助理。

味的影響，吳(1991)研究罐裝果茶製作方法，認為以泉水萃取果茶較經濟，蒸餾水雖好但成本高，自來水則滋味差，鄭(1992)比較去離子水、蒸餾水、自來水對茶飲料混濁沉澱之影響，發現去離子水沉澱情形最少，張(1994)指出自來水沖泡的茶湯較蒸餾水沖泡的深暗，而蒸餾水茶湯水色較明亮、滋味鮮醇，自來水沖泡新鮮度較差，王(1992)著「清茶文化」謂上海有品茶人士，以杭州虎跑泉、蒸餾水、井水、自來水泡茶，結果評第虎跑泉第一，井水第二、蒸餾水第三、而自來水則最差。

Chakraborty和Baruah(1971) 研究不同水質沖泡茶葉對其品質之影響，指出較適宜泡茶水質pH值為 6.7~7.2，pH 6.2茶湯水色較pH 7.2為明亮、鐵的含量超過2ppm以上會影響茶湯品質，Chang 和 Gudnason (1982) 認為添加適量鋁鹽會增加紅茶抽出液的明亮度及紅色度，且滋味也會改善，而茶黃質會因鋁鹽的添加而減少。Basu 和 Uhlla (1974) 指出水質好壞主要決定於pH值和可溶性固形物，pH 值的高低會影響茶湯水色，pH 高於5 時茶湯水色會變深、並認為蒸餾水是最佳萃取的水質、但 Pangborn 和 Trabue (1971) 發現蒸餾水使茶湯有很強的苦澀味，Owuor 和 Gone (1988) 在紅茶萃取液發現茶黃質會隨鋁的添加量而減少，同時萃取時間及pH值大小也會影響茶黃質含量。在茶葉官能品評中香氣、滋味、茶湯水色為重要鑑定項目，茶湯水色良窳為直接影響品評及消費者評價之第一印象，亦是優質茶必備條件之一。

本試驗乃以不同水質包括蒸餾水、自來水、泉水及不同混合比例水質沖泡茶葉後，利用色差計分析其茶湯水色之變化以做為官能品評及選定沖泡茶葉水質之參考，並以綠茶、包種茶及紅茶三種不同發酵程度之茶葉，將沖泡後之茶湯分別調整成不同的pH值和添加不同濃度的鐵離子，觀察茶湯水色之變化，以了解不同pH值和鐵離子濃度對茶湯水色之影響。

材料及方法

一試驗材料：

- 1.不同沖泡水質選用蒸餾水、自來水、泉水三種和蒸餾水與自來水以1:1及1:2不同的比例混合而成的兩種水，做為五種不同水質的用水。
- 2.供試茶樣為機採台茶12號半球型包種茶、紅茶（台茶8號）及綠茶（碧螺春）。
- 3.供試藥劑 0.1N HCl，0.01N NaOH（日本 Osak 出品），Ferric Chloride hexahydrate ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)（日本林純藥工業株式會社出品）。

二試驗方法：

1.茶湯水色測定：

以Nippon Denshoko Kogyo ND-300A 型色差計測定，沖泡方法比照現行茶葉官能品評法沖泡，即分別以上述五種不同水質煮沸後，取150毫升沸水沖泡三公克茶樣，再靜置五分鐘後濾出茶湯，待茶湯稍冷（約五分鐘）後以色差計進行透光分析，爾後每隔十分鐘測一次，連續一小時共六次。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、黃藍值和色差質。 L 質愈大表示越亮， a 值正時表偏紅、負時表偏綠， b 值正時偏黃、負時偏藍， ΔE 值為茶湯測色值 L 、 a 、 b 與對照（蒸餾水）兩者之間的色差。

2.官能品評：

秤取三公克茶葉置於品評杯，用沸水150ml 沖泡五分鐘後茶湯倒出於審茶杯，茶湯再

水質對茶湯水色之影響

- 經十分鐘靜置放冷後，請本分場三位品評人員予以評定成績。
- 3.不同pH值茶湯水色測定：
- 依現行茶葉官能品評方法沖泡綠茶、包種茶及紅茶三種茶類，滴定0.1N Hcl 和0.01 N NaoH將茶湯分別調整成pH 4、4.5、5、5.5、6、6.5、7、8、等八個不同的pH值，利用色差計進行茶湯水色測定。
- 4.不同鐵離子濃度茶湯水色測定：
- 秤取 Chloride hexahydrate (Fecl₃ · 6H₂O) 0.12g 配成500ml約50ppm 的鐵離子溶液備用。依現行官能品評方法沖泡綠茶、包種茶及紅茶三種茶類俟茶湯冷卻後以濾紙過濾之，將茶湯分別加入0、0.3、1.5、3、6、9、12、15 ml 調配成 0、0.1、0.5、1、2、3、4、5 ppm 的鐵離子濃度，再以色差計進行透光分析。

結果與討論

- 一、不同用水的水質檢驗分析：
- 水樣取自台東縣鹿野鄉的自來水，陳姓茶農的山泉水和茶業改良場實驗室之一次蒸餾水。由表 1資料可看出蒸餾水和泉水硬度、pH值較低而自來水與混合水pH值均超過 7以上，其間差異頗大，導電度及鈣、鎂含量以蒸餾水最低，泉水次之，自來水最高，顯示鹿野地區自來水pH值、硬度、導電度及鈣、鎂含量均偏高。

表 1. 水質檢驗分析
Table 1. Quality analysis on the tested water

分析項目	蒸餾水	自來水	泉 水	蒸餾水+自來水 (1 : 1)	蒸餾水+自來水 (1 : 2)
p H 值	4.46	7.52	6.07	7.45	7.57
硬 度 mg/l	3	210	48	115	146
導 電 度 u mho/cm	12.4	412	164	257	307
鈣 ppm	0.6	44.9	6.8	26.4	31.8
鎂 ppm	0.2	14.4	6.2	7.8	9.5

註：本檢驗分析係委託屏東技術學院水產養殖檢驗服務中心辦理。

- 二、不同用水沖泡包種茶茶湯官能品評結果：
- 表 2為比較不同用水沖泡包種茶的茶湯水色官能品評結果，水色評分以排列順位顯示自來水沖泡的茶湯水色評定最差呈暗黃色，而以蒸餾水及泉水茶湯水色評定成績較佳、茶湯較為明亮，兩種混合水茶湯水色接近。值得注意的是自來水沖泡後茶湯迅速由暗變混濁狀，而混合水(1：2) 也有類似情形，滋味以蒸餾水及泉水較清爽和甘醇，自來水則味濃且帶澀，混合水則稍有澀味，此結果與張(1994)相同，其指出自來水浸泡的較為深暗，而蒸餾水浸泡

的茶湯水色較為明亮且茶湯滋味較為鮮醇，自來水浸泡新鮮度較差，原因可能係自來水經過氯化物消毒、過濾處理及含有過多的鈣、鎂、鋁、銀、鈉等元素有關。以官能評審茶湯水色結果與色差計分析L 值結果一致，由此可知以不同用水沖泡茶葉，影響官能品評最直接而明顯的項目為水色明亮度。

表 2. 不同用水沖泡包種茶之官能品評結果

Table 2 . The results of sensory evaluation of Paochung tea infused by the different kinds of water.

處 理 Treatments	色 澤 Color	水 色 Color of liquor	香 味		總 分 Total	備 註
			香 氣 Aroma	滋 味 Taste		
蒸 餾 水	7.0	17.5	19.0	22.0	65.5	明亮、醇
泉 水	7.0	17.0	20.5	21.5	66.0	明亮、甘醇
混合水 (1:1)	7.0	16.0	18.5	20.5	62.0	稍黃 稍醇
混合水 (1:2)	7.0	16.0	18.5	20.0	61.5	稍黃 微澀
自來水	7.0	15.0	18.0	19.5	59.5	黃、味濃帶澀

註：本茶樣為同一樣品所以色澤分數相同。

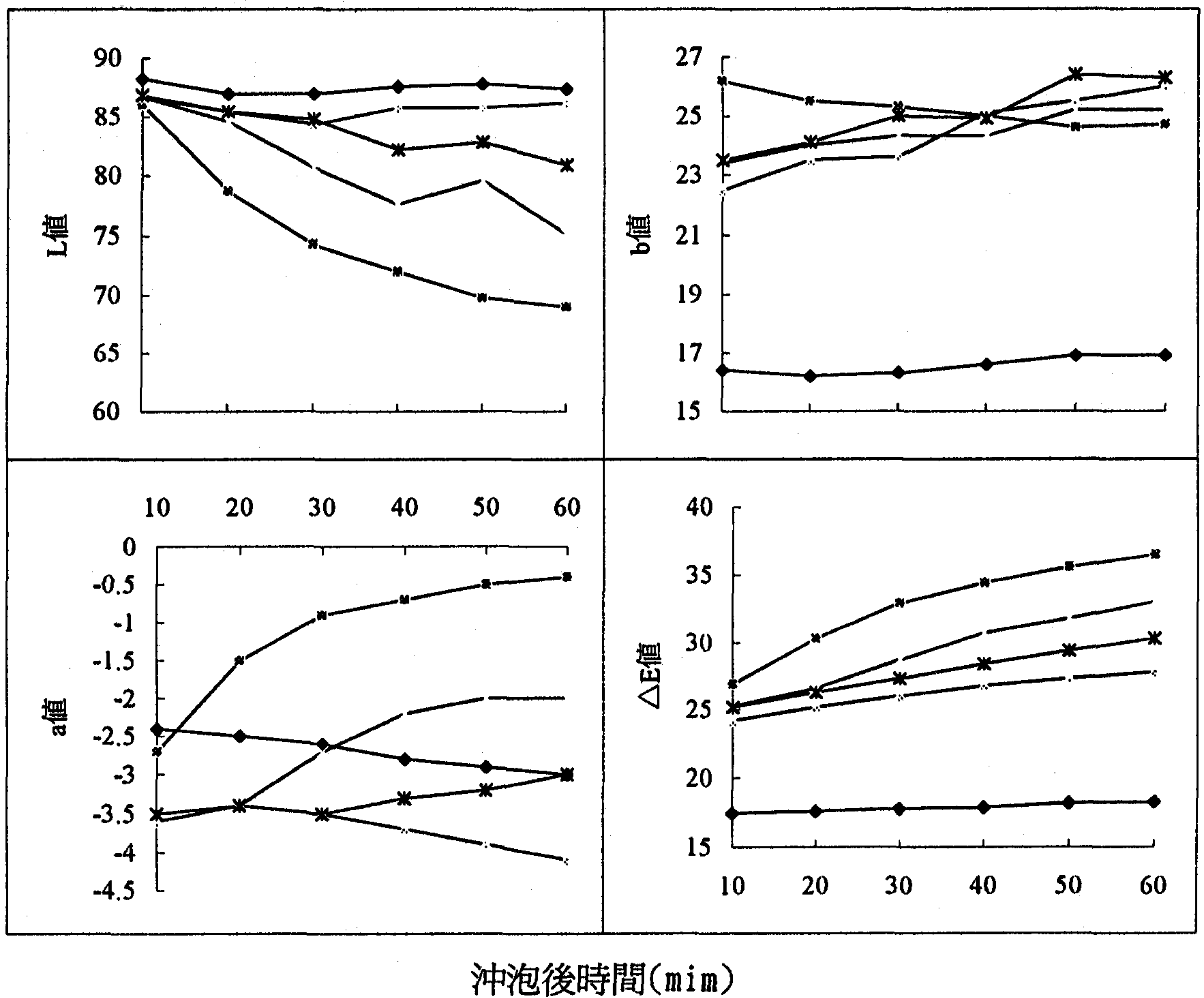
三不同用水沖泡包種茶後，茶湯靜置時間對水色變化之分析：

茶葉因發酵程度之輕重而有不同的水色，如全發酵紅茶水色為紅色，已有諸多的學者證實紅茶水色的形成係與茶紅質及茶黃質有關 (Roberts et al. 1961, Sanderson et al. 1976, Takeo et al. 1974)，Sakamoto (1971) 指出綠茶水色黃綠色主要為 flavonol及flavone化合物所貢獻，阮氏(1987)指出包種茶水色成份可能係茶黃質類化合物，而蔡(1991)認為包種茶水色形成主要為酚類化合物。綜言之，各種不同發酵程度的茶類水色形成，係因多元酚類氧化的結果，其間因發酵程度不一而形成不同的水色。一般而言，茶湯水色的成分在製造過程就已決定，然而利用不同用水沖泡茶葉，因各種內容物含量的不同而影響到酚類氧化速率，致使茶湯水色改變，Roberts等(1961)及Basu等(1974)認為水中含有鈣、鈉、鐵和氯等離子會對茶湯顏色及滋味有不利之影響。

圖 1 係不同用水沖泡茶葉靜置，於一小時內每隔十分鐘利用色差計觀察水色變化，在短時間（十分鐘）內L 值變化不大，顯示各水質沖泡茶葉在10分鐘內茶湯的明亮度變化並不明顯，唯經過20分鐘後則起明顯變化，以自來水L 值由86.1降低為78.7為最。至一小時後觀察各水質間L 值變化，在較低pH值的蒸餾水、泉水變化不大，而以自來水86.1降低至69最為明顯。換言之自來水和混合水沖泡後其L 值會隨時間加長水色由亮變暗，此點與 Chakrahorty 和Baruah(1972) 研究之結果一致，因此在無法改善水質的情況下進行官能品評時，水色成績應先予以評定，以免因茶樣過多品評時間太長而茶湯水色產生變化。b 值分析資料顯示，

水質對茶湯水色之影響

茶葉沖泡十分鐘後，蒸餾水茶湯b 值(16.4) 最小，泉水(22.5) 次之，以自來水(26.2) 最高且水色偏黃，沖泡一小時後除自來水外，其他水質茶湯b 值普遍地有昇高的趨勢，其中以蒸餾水茶湯b 值增加幅度較小。為何自來水沖泡一小時後茶湯b 值由高而低(26.2→24.7)，其原因有待探討。分析不同水質茶湯a 值顯示，經沖泡一小時後蒸餾水及泉水茶湯a 值逐漸



—●— 蒸餾水 Distilled effect * 自來水 Pipe-watet —●— 泉水 Ground water
 —●— 混合水 1 Mix-water —*— 混合水 2 Mix-water

圖 1. 水質對茶湯水色的影響

Fig 1. The effect of water quality on tea liquor color.

降低而水色偏綠，自來水和混合水則偏紅，自來水由-2.7上昇至-0.4，推測可能是受自來水內可溶性物質影響，使多元酚類氧化速度的加劇。 ΔE 值一小時內變化以蒸餾水及泉水較小，自來水最高(26.9上升至36.5)，混合水(1:2) 次之。綜合以上的結果，以不同水質沖泡茶葉在一小時內其水色之變化速率以自來水最快，混合水(1:1) 次之，混合水(1:2) 再次之，蒸餾水及泉水變化較慢而穩定度較高。各水質間水色變化速率不同，原因為內容物含量的不一而影響到茶葉中多元酚類氧化速率，致使茶湯水色有明顯變化，至於何種成份為重要的影響因子則有待進一步探討。以官能品評和色差計進行不同水質間的水色變化分析，結果以蒸餾水水色變化較微，泉水次之而自來水最差，因此在沖泡茶葉或官能品評時用水需審慎，最好以雜質含量少的蒸餾水或泉水沖泡，應避免使用自來水以免影響茶湯水色及滋味。

四不同pH值及鐵離子濃度之茶湯水色變化分析：

在上述的試驗中利用不同水質沖泡茶葉觀察水色變化，水質的不同的確會影響到茶湯水色變化，原因可能為水質間pH值、金屬與非金屬離子含量不同影響到多元酚類的氧化速度，致使茶湯顏色及滋味有所不同。為進一步探討不同pH值及鐵離子濃度之影響，以蒸餾水來沖泡綠茶、包種茶及紅茶三種茶類，做一系列的水色觀察。圖 2 為不同pH值茶湯水色L、a、b、 ΔE 值之變化，資料顯示綠茶、包種茶、紅茶之L 值隨著茶湯pH 值升高而降低，換言之，茶湯明亮度會隨著pH值的上昇而顏色變暗，綠茶及包種茶呈黃褐色而紅茶呈紅褐色，紅茶茶湯L值從69.3降為50其變化幅度最大。下橋及寺田(1992) 探討pH值與有機酸對紅茶抽出液色澤之影響，發現紅茶水色在低pH值酸性時呈明亮的黃褐色，較高pH值鹼性時呈紅褐色，中國茶經(1993)在泡茶用水篇指出pH值會影響茶湯色澤，當pH值大於 5時湯色加深，pH值達到7時茶黃質會因自動氧化而損失，由此可知綠茶、包種茶及紅茶其茶湯水色會隨pH值的上昇而水色加深。a 值顯示紅茶會隨pH值升高而增加，而包種茶和綠茶a 值隨pH值增加而逐漸降低，結果與紅茶不同原因有待進一步探討。b 值分析資料顯示紅茶在pH值4 時最高，隨著pH值的增加而降低，在pH8 時為最小，但是綠茶和包種茶則隨pH值的升高而b 值增加，結果與紅茶不同。 ΔE 值表示茶湯水色與蒸餾水間的差異， ΔE 值越大則與蒸餾水間差異越大，綠茶、包種茶及紅茶均會隨pH值的增加而升高，顏色逐漸變深。

有關鐵離子對茶湯水色的影響，Chakraborty 和 Baruah (1971)報告指出；水中含過量的鐵離子會使茶湯產生黃銅色(brassy)，粗澀的及金屬味道，比較好的水鐵離子含量應少於2ppm；Basu及Ullah (1974)認為鐵離子含量超過5ppm，pH值高於5 的水茶葉抽出液呈黑色而不受歡迎。Jackson 和Lee (1988)研究不同發酵程度茶類(紅茶、烏龍茶、綠茶)及速溶紅茶茶湯中的礦物質化學形態，發現茶湯中的鐵是以三價的形態存在，紅茶添加檸檬酸會使離子性及三價鐵含量減少。圖 3 為不同濃度鐵離子對茶湯水色的影響，本試驗發現在茶湯中添加鐵離子不論是綠茶、包種茶及紅茶其茶湯L 值均會隨濃度的增加而降低，茶湯會由亮變暗，以肉眼觀察當鐵離子含量在5ppm時紅茶呈暗紅色，綠茶及包種茶呈黃褐色。a 值分析資料顯示綠茶及包種茶會隨鐵離子濃度的增加而升高，由偏綠轉紅，其中綠茶變化幅度最大由-2.5升至1.1，包種茶則為 -2.0升至-0.7，紅茶則隨鐵離子的濃度增加而降低，因此三種茶類中以綠茶茶湯a 值受鐵離子影響較大；與圖 2 a 值比較，紅茶茶湯水色隨pH值升高而增加，包種茶及綠茶則隨pH值升高而降低，結果有所不同。b 值分析資料顯示綠茶、包種茶及紅茶均隨鐵離子濃度升高而降低，茶湯水色偏黃，唯紅茶茶湯變化較包種茶和綠茶為明顯。紅茶水色 ΔE 值與包種茶及綠茶結果不同，其隨鐵離子濃度的增高而降低，推測茶湯隨著鐵

水質對茶湯水色之影響

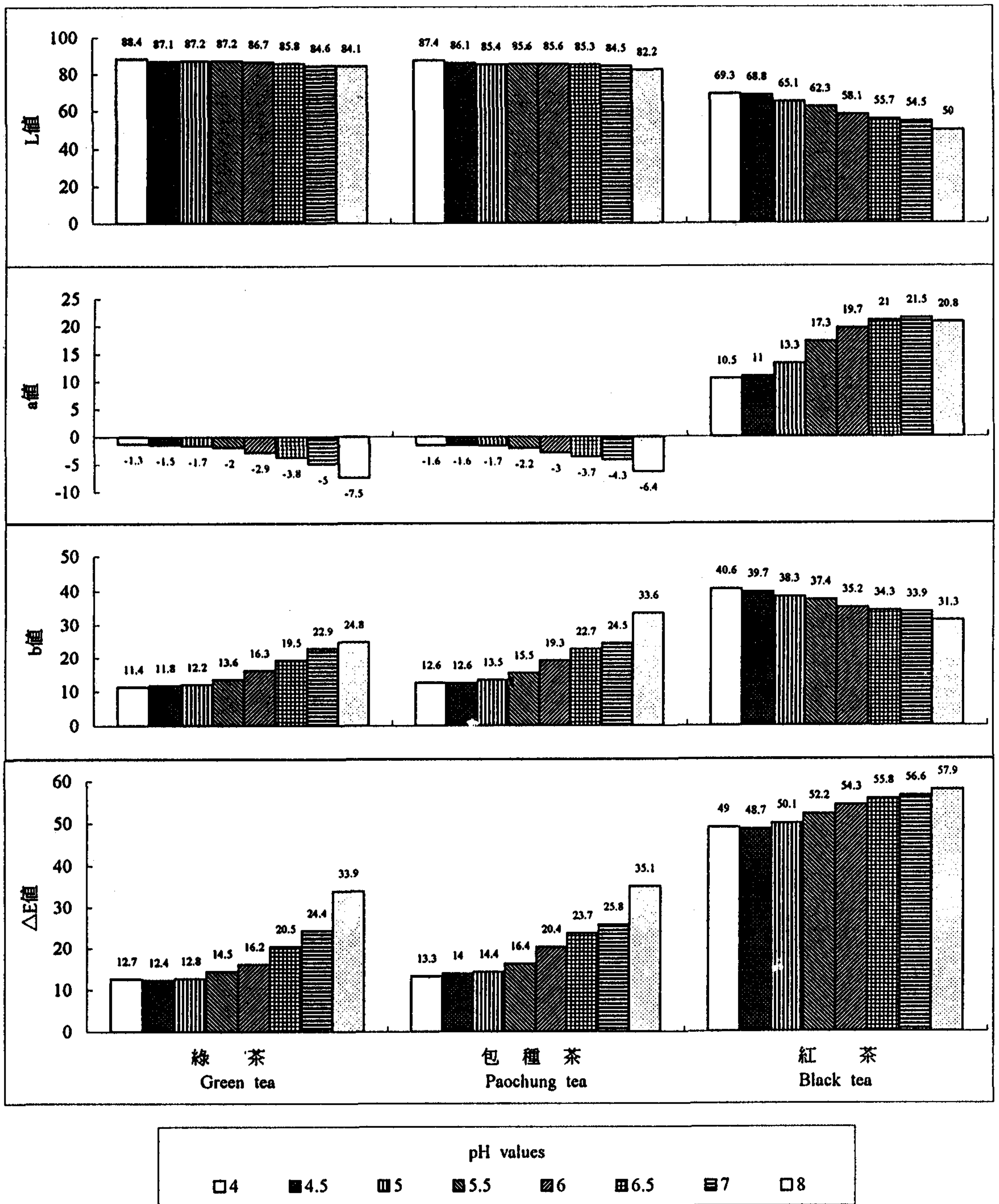


圖 2. 不同pH值對茶湯水色的影響

Fig 2. The effect of different pH values on tea liquor color.

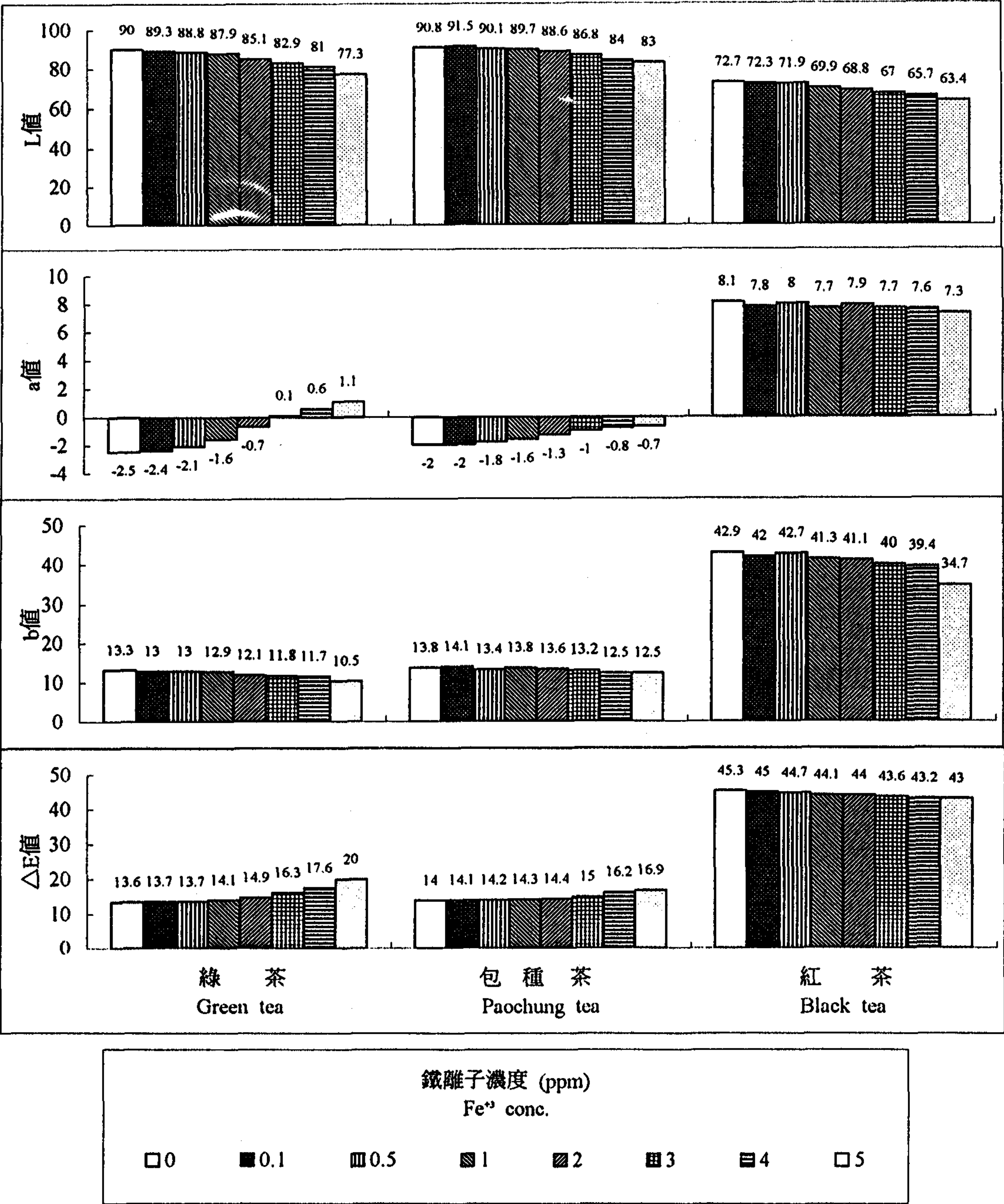


圖 3. 不同鐵離子濃度對茶湯水色的影響

Fig 3. The effect of different Fe³⁺ concentration on tea liquor color.

離子濃度的增加，茶黃質、茶紅質與鐵發生化學反應產生沉澱，使 ΔE 值降低，包種茶、綠茶因屬半發酵及不發酵茶，不似紅茶屬全發酵茶，其兒茶素類未進一步氧化成茶黃質和茶紅質，所受鐵離子濃度的影響較少。綜合以上的結果，茶湯L、a、b及 ΔE 值受pH值及鐵離子濃度之影響因不同茶類而異，若以Chakraborty和Baruah (1971)認為沖泡茶葉水質含鐵量應少於2ppm，依本試驗研究結果尚屬合理。

參考文獻

1. 王從仁. 1992. 清茶文化. 台灣商務印書館 台北 p.88-99。
2. 尤新輝. 1993. 從茶抽出液探討茶飲料的品質. 食品工業 25(8):21-29。
3. 吳聲舜、陳國任、張清寬. 1991. 罐裝果茶飲料加工製作方法之研究 台灣省茶業改良場年報 p.185-186。
4. 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. 台北. 台灣 p.21-51。
5. 陳宗懋 (主編). 1993. 中國茶經. 紫玉金砂有限公司出版 台北 p.580-581。
6. 張鳳屏、楊光盛. 1994. 包種茶中無機成分之含量與其浸出率之研究. 臺灣茶業研究彙報 13:133-136。
7. 蔡永生、區少梅、張如華. 1991. 包種茶茶湯水色—I. 包種茶茶湯水色與酚類化物之關係. 臺灣茶業研究彙報 10:65-75。
8. 鄭正宏. 1992. 改善冷飲茶混濁及沉澱現象之研究. 茶業產製技術研討會專刊 台灣省茶業改良場 桃園 p.173-175。
9. 下橋淳子、寺田和子. 1992. 紅茶の水色變化にねはる pH ねよび 有機酸の影響. 調理科學 25(3):28-33。
10. Basu, R.P. and Ullah, M.R. 1974. The brewing water—its quality. Two and a Bud 21(2):42-43.
11. Chakraborty, S. and Baruah, A. C. 1972. Kind of water used in tea factories and its effect on quality. Two and a Bud 18(1):5-6.
12. Chang, S.S. and Gudnason, G.V. 1982. Effect of addition of aluminum salts on the quality of black Tea. J. Agric. Food Chem. 30:940-943.
13. Jackson, L.S. and Lee, K. 1988. Chemical forms of iron, calcium, magnesium and zinc in black oolong, green and instant black tea. J. Food Sci. 53(1):181-184.
14. Owuor, P.O. and Gone, F.O. 1988. Effects of added aluminum on theaflavin contents of black tea. Tea 9(2):81-84.
15. Pangborn, R.M. and Trabue, I.M. 1971. Analysis of coffee, tea and artificially flavored drink prepared from mineralized water. J. Food Sci. 14:335-337.
16. Roberts, E.A.H. and Smith, R.F. 1961. Spectrophotometric measurement of theaflavins and thearubigins in black tea liquors in assessment of quality in tea. Analyst 86:94-98.
17. Sakamoto, Y. 1971. Color of tea infusion. JARQ 6(2):102-105.

18. Sanderson, G.W. Ranadive, A.S., Eisenberg L.S, Farrell F.J., Simons R., Manley C.H. and Coggon P. 1976. Contribution of polyphenolic compound to the taste of tea. In "Sulfur and Nitrogen Compounds in Food Flavors. (G.Charalambous and I. katz, eds.), ACS Symp. SER. NO.26:14-16.
19. Takeo, T. and Osawa, K. 1974. Application of the photometric evaluation of black tea infusion on the quality control technique. Study of tea 46:53-58.

The Effect of Water Quality on Liquor Color of Tea

Sang-Shun Wu Kuo-Renn Chen Chyong-Chang Juang¹

Summary

In this study, the Paochung tea was subjected to infusing with 5 kinds of water including distill-water, pipe-water, ground-water and 2 mix-water, and then to measure the "L", "a", "b", " ΔE " values of tea liquor color by ten minutes within an hour. The results were as follows:

The change of "L" values infusing with pipe-water was highest, mix-water was higher, ground-water were lest within an hour. As for the quality of liquor color, infusing with distill-water and ground-water were superior than infusing with pipe-water and mix-water, the results indicated that liquor color infused with distill-water was brighter, and were darker under infused with pipe-water and mix-water.

According to the effect of different pH values and Fe^{+3} concentrations on the liquor color, the "L" values of green tea, paochung tea and black tea would decrease and liquor color became dark under increasing of pH values and Fe^{+3} concentrations. The liquor color of black tea became darkred, green tea and paochung tea became yellow-brown when Fe^{+3} concentration reached 5 ppm. The "b" values of liquor color of black tea became lower and green tea, paochung tea became higher when pH values of liquor color increased, this results indicated that the effect of pH values on the "b" values of liquor color varietied with the degree of fermentation of tea. In addition, the "b" values of liquor color became higher when Fe^{+3} concentrations increased.

Key words: Water quality, Paochung tea, Green tea, Black tea, pH value,
 Fe^{+3} concentration, Color

1. Assistant Agronomist, Director, Assistant, Taitung Substation of TTES.