

臺灣中部臺灣山茶 (*Camellia formosensis*) 兒茶素及咖啡因含量分析

Analysis of catechins and caffeine content of *Camellia formosensis* in Central Taiwan

周宏祈¹、王介鼎¹、陳忠義²、陳勇至^{1,*}

Hong-Chyi Jhou¹, Chieh-Ting Wang¹, Chung-I Chen² and Yung-Chih Chen^{1,*}

¹國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處 557004 南投縣竹山鎮前山路一段 12 號

²國立屏東科技大學 912301 屏東縣內埔鄉學府路 1 號

¹The Experimental Forest, College of Bio-Resources and Agriculture, National Taiwan University, Nantou, Taiwan

²Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan

* 通訊作者：yungchihchen@ntu.edu.tw

*Corresponding Author: yungchihchen@ntu.edu.tw

摘要

臺灣山茶 (*Camellia formosensis*) 為臺灣特有的山茶科植物，零星分布於臺灣中部以南的中低海拔山區，並在臺灣中部形成其天然分布的最北邊界，具有穩定的野外族群。本研究選定南投縣仁愛鄉眉原山、鹿谷鄉鳳凰山、鹿谷鄉樟湖山及信義鄉雙龍的臺灣山茶族群，進行兒茶素和咖啡因含量分析。研究結果顯示，鳳凰山地區的總兒茶素 (TC) 含量最高，平均為 $103.70 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，其中主要兒茶素成分包括表沒食子兒茶酚沒食子酸 (EGCG)、表沒食子兒茶酚 (EGC) 和沒食子兒茶素 (GC)，其中又以 EGCG 含量最高，平均達 $44.81 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。咖啡因平均含量為 $25.68 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，以樟湖山地區最高，雙龍地區最低。此外，不同個體的臺灣山茶在酯型、非酯型兒茶素含量與兒茶素品質指數、苦澀味指數方面具有明顯差異。利用二階段集群分析將中部地區臺灣山茶分為高總兒茶素型、低總兒茶素型、高 EGCG 型和低 EGCG 型等四大類型，顯示臺灣中部地區的臺灣山茶具有高度的基因多樣性。本研究結果對於臺灣山茶的優良品系選育和保育提供了重要參考依據。

關鍵詞：臺灣山茶、兒茶素、咖啡因、兒茶素苦澀味指數

Abstract

Camellia formosensis, endemic to Taiwan, is a unique species of the Theaceae family, sparsely distributed in the mid to low-altitude mountainous regions of central to southern Taiwan, forming its natural northern boundary in central Taiwan. It maintains stable populations in the wild. This study selected populations of *Camellia formosensis* from Meiyuan Mountain in Renai Township, Fenghuang Mountain and Zhanghu Mountain in Lugu Township, and Shuanglong in Xinyi Township, Nantou County, Taiwan, for analysis of catechin and caffeine content. The results showed that the total

catechin (TC) content was highest in the Fenghuang Mountain area, averaging 103.70 mg.g⁻¹, with major catechin components including epigallocatechin gallate (EGCG), epigallocatechin (EGC), and galocatechin (GC). Among them, EGCG content was the highest, averaging 44.81 mg.g⁻¹. The average caffeine content was 25.68 mg.g⁻¹, with the highest in the Zhanghu Mountain area and the lowest in the Shuanglong area. Furthermore, differences were observed among different individuals of *Camellia formosensis* in terms of esterified and non-esterified catechin contents, as well as catechin quality and bitterness indices. Using two-stage cluster analysis, *Camellia formosensis* in central Taiwan was classified into four major types: high total catechin type, low total catechin type, high EGCG type, and low EGCG type, indicating a high degree of genetic diversity. These findings provide important references for the breeding and conservation of superior strains of *Camellia formosensis*.

Key words: *Camellia formosensis*, catechin, caffeine, catechin bitterness index

收件日期：2024 年 4 月 14 日 Received: April 14, 2024

接受日期：2024 年 7 月 22 日 Accepted: July 22, 2024

緒言

茶，是世界上消費量最大的飲料之一 (Chan *et al.* 2011)，主要原因在於其獨特風味和眾多健康益處 (Cooper 2012)。而茶的風味及健康益處是來自茶葉中豐富的植化素，如兒茶素 (catechin)、咖啡因 (caffeine)、游離胺基酸 (free amino acid) 及多酚類 (polyphenol) 等，它們不僅賦予茶的健康機能性外，也影響茶葉的品質 (曾雯郁 2021; Borse *et al.* 2002; Senanayake 2013; Xia *et al.* 2020)。其中，兒茶素是茶葉中的重要成分，佔茶葉乾重的 12-24%，具有強烈的抗氧化及生理活性。茶樹中兒茶素類化合物主要有表沒食子兒茶酚沒食子酸 (epigallocatechin gallate, EGCG)、表兒茶酚沒食子酸 (epicatechin gallate, ECG)、表沒食子兒茶酚 (epigallocatechin, EGC)、兒茶素 (catechin, C)、表兒茶酚 (epicatechin, EC)、沒食子兒茶素沒食子酸酯 (gallocatechin gallate, GCG)、沒食子兒茶素 (gallocatechin, GC)、兒茶素沒食子酸酯 (catechin

gallate, CG) 等八大類 (吳白玟等 2011; Yang *et al.* 2007; Wan *et al.* 2023; Wen *et al.* 2024)。然而，茶具有自交不親和 (self-incompatibility) 的特性，因此其不同群落間或族群內的基因型有著高度異質化 (Yao *et al.* 2012; Jahangirzadeh Khiavi *et al.* 2021)。兒茶素的含量因茶樹品種、葉齡和產區的環境條件等而有很大差異 (Wei *et al.* 2011; Sabhapondit *et al.* 2012; Anand *et al.* 2015)。

根據文獻記載，於清康熙 56 年 (1717 年) 完成的諸羅縣志，即有提及先民會利用臺灣山茶來製茶，並指出水沙連一帶分布甚廣 (周鍾瑄 1993)。現今臺灣山茶科 (Theaceae) 山茶屬 (*Camellia*) 植物總計有 12 種，其中具有潛力可製成茶飲的僅有臺灣山茶 (*Camellia formosensis*) 及垢果山茶 (*Camellia furfuracea*) (沈揮勝 2019; 蘇夢淮 2024)。臺灣山茶是臺灣的特有植物，主要分布在臺灣中部、南部中低海拔 (700-1,650 m) 山區及東部臺東延平鄉永康山 (蘇夢淮 2007; 龔冠寧等 2021;

汪澤宏 2024)。過去臺灣山茶曾被認為是茶樹 (*Camellia sinensis*) 的亞種 (subspecies)、變種 (variety) 或變型 (form) (翁世豪 2022; 胡智益 2024); 直至 Su 等人 (2009) 利用核基因 RPB2 分析, 確認將臺灣山茶重新定義為種 (species) 的地位。臺灣山茶的野外族群及數量, 因環境開發及破壞, 已日趨減少, 被臺灣維管束植物紅皮書名錄評定為接近受威脅 (near threatened, NT) 等級的物種 (臺灣植物紅皮書編輯委員會 2017)。但因其獨特風味, 頗具有開發及研究價值 (翁世豪 2022; 汪澤宏 2024), 目前臺灣山茶已在南投縣魚池鄉、高雄六龜等地區形成地方特色產業 (蘇夢淮 2015)。

近年來農業部茶及飲料作物改良場廣泛蒐集全臺的臺灣山茶, 建立多個種原品系, 包括南投縣的眉原山茶、德化社山茶、鳳凰山茶, 嘉義縣的樂野山茶、龍頭山茶, 高雄縣的鳴海山茶、南鳳山山茶及臺東縣的永康山茶等 (蘇夢淮 2015; 翁世豪 2022)。農業部茶及飲料作物改良場除利用臺灣

山茶作為父本, 緬甸大葉種作為母本, 成功雜交出適合製作紅茶的臺茶 18 號之外; 更利用永康山茶進行優良品系選育, 於 2019 年正式命名為臺茶 24 號 (沈勇強等 2015; 蕭建興 2023)。由此可知臺灣山茶資源的重要性, 可作為後續茶樹育種或特色茶品開發之用。

農業部林業及自然保育署自 2019 年起推動施行「林業永續多元輔導方案」, 開放林業用地可經營林下經濟, 並頒布「林下經濟經營使用審查作業要點」, 目前開放項目有金線連 (*Anoectochilus formosanus*)、段木香菇及木耳、林下養蜂、臺灣山茶、馬蘭 (*Strobilanthes cusia*) 及臺灣天仙果 (*Ficus formosana*) 等 6 種 (邱祈榮 2019; 農業部 2023)。林下經濟是森林的多元經營利用, 除林木主產物經營收穫外, 另於森林冠層下經營森林副產物, 在以森林永續經營與不超限利用原則下, 應用林地資源和林下空間的複合生產模式, 著重於林下空間的配置規劃與使用, 達成森林資源共享與協調發展的生態農林業 (陳

芬蕙和何政坤 2018；黃裕星 2018）。林下經濟的推動，除可提高林地資源利用，並可增加林農的短期收入，提高林農營林的意願，以確保木材資源數量、品質的穩定性（陳芬蕙和何政坤 2018；黃裕星 2018；巫建成等 2020）。臺灣山茶為森林下層的植物，耐蔭性佳，極適合林下栽植且經濟價值高，十分具備發展潛力。

臺灣中部的臺灣山茶族群為臺灣山茶天然分布緯度最高的族群（蘇夢淮 2007；胡智益 2024），且過去文獻指出，臺灣中部的臺灣山茶基因多樣性高於南部及東部的族群（汪澤宏 2024）。然而，臺灣中部地區的臺灣山茶研究仍然較為缺乏，故本研究選擇中部地區不同族群的野生臺灣山茶進行成分分析之研究，探討中部地區臺灣山茶的兒茶素及咖啡因組成之差異，以提供未來優良單株選拔及資源保育的重要基礎資料。

材料與方法

一、試驗材料

本研究於 2022 年 10 月在南投縣鹿谷鄉鳳凰山（Fenghuang Mountain, FHM）及樟湖山（Zhanghu Mountain, ZHM）、信義鄉雙龍地區（Shuanglong, SL）、仁愛鄉眉原山（Meiyuan Mountain, MYM），共四個區域，進行臺灣山茶茶芽採樣，共選定 20 株樣木，分別為鳳凰山 4 株、樟湖山 10 株、雙龍 3 株、眉原山 3 株。研究區域位置如附錄 1，採樣座標、海拔高度及現況如附錄 2 所示。本研究區域鄰近之日月潭氣象站資料顯示，該區域之年均溫約為 19.3°C，最冷月為 1 月份，其月均溫為 14.4°C，最暖月則為 7 月份，月均溫為 22.9°C；年均降雨量為 2,343 mm，降雨主要集中在 3 月至 9 月（交通部中央氣象署 2024）。

二、試驗方法

本研究於臺灣山茶樣木中，採摘 1 芽 2 葉之新梢，鮮重各 100 g，以烘箱設定 60°C 進行乾燥 10 hr 備用。隨後取 0.25 g 乾重，磨碎後利用 75% 酒精定量至 10 ml，萃取時間 1 hr，前後各

以超音波震盪 1 min，萃取液以純水稀釋 10 倍後過濾，然後採用高效能液相層析儀系統 (high performance liquid chromatography, HPLC) (Shimadzu, Japan)，分離管柱採用 C6H5 (phenyl) 管柱 (250 mm × 4.6 mm × 5 μm)，樣品注射量 10 μL，移動相 (mobile phase) 流速為 0.8 ml/min，檢測波長 280 nm，藉以分析咖啡因與 8 種主要的兒茶素，即 EGCG、ECG、EGC、C、EC、GCG、GC、CG，標準品藥劑購自 Sigma 公司 (黃志煜等 2003；胡正恆和陳芬蕙 2020；Song *et al.* 2012)。總兒茶素 (total catechins, TC) 則是將上述兒茶素進行加總。兒茶素苦澀味指數 (catechin bitterness index, CBI) 及兒茶素品質指數 (catechin quality index, CQI) 均是代表茶葉品質的指數 (Tan *et al.* 2020; Lu *et al.* 2023)；兒茶素苦澀味指數數值越大，苦澀味越重；兒茶素品質指數越高，則代表茶菁嫩度和品質愈好，所製成綠茶品質愈高；隨著茶菁老化和品質不佳，兒茶素品質指數也降低，CBI 及 CQI 分別按照公式 (1)

及 (2) 計算。

$$CBI = \frac{EGCG+EGC+ECG+GC}{EC+C} \quad (1)$$

$$CQI = \frac{EGCG+EGC}{EGC} \times 100 \quad (2)$$

三、統計分析

本研究使用 SPSS 統計套裝軟體 (statistical product and service solutions, version 26.0)，進行單因子變異數分析 (one-way ANOVA) 比較不同地區與不同品系之兒茶素及咖啡因含量之差異，再以 Tukey' HSD 檢定方法進行顯著性差異之比較，分析時所使用之信賴區間為 95 %。並以二階段集群分析法 (two steps cluster) 進行集群分析 (cluster analysis)，研析臺灣山茶兒茶素之化學品系，當不同來源單株間的距離愈小，表示兩者的相似度愈高，即兒茶素成分的組成與含量愈趨於一致 (鄭森松等 2008)，最後依各集群共同表徵 (即 TC 及 EGCG 含量多寡)，將其區分為高總兒茶素型、低總兒茶素型、高 EGCG 型和低 EGCG 型等四大類型。

結果與討論

一、兒茶素含量之分析

臺灣中部地區之臺灣山茶總兒茶素含量，經 HPLC 分析結果，如表 1 所示。本研究區域的臺灣山茶總兒茶素以鳳凰山地區為最高，總兒茶素含量為 $103.70 \pm 21.61 \text{ mg.g}^{-1}$ （平均值 \pm 標準差 standard deviation），眉原山 $78.63 \pm 13.35 \text{ mg.g}^{-1}$ 、樟湖山 $76.09 \pm 27.91 \text{ mg.g}^{-1}$ 次之，最低的則是雙龍地區的 $63.67 \pm 13.88 \text{ mg.g}^{-1}$ ，而四個區域的臺灣山茶總兒茶素之間未有顯著差異。前人研究指出，六龜地區臺灣山茶，總兒茶素以多納 $149.40 \pm 15.90 \text{ mg.g}^{-1}$ 最高，而扇平綠心芽 $122.40 \pm 2.20 \text{ mg.g}^{-1}$ 總兒茶素含量較低；相較之下，臺灣中部地區的臺灣山茶總兒茶素略低於六龜地區的臺灣山茶（陳盈如等 2019）。另以小葉種茶樹的青心烏龍及臺茶 12 號的新鮮茶芽進行分析，其總兒茶素含量則分別是 $33.57\text{-}33.42 \text{ mg.g}^{-1}$ 及 $35.62\text{-}36.44 \text{ mg.g}^{-1}$ （林佳妮 2009），但另一試驗青心烏龍及臺茶 12 號新鮮茶芽總兒茶素分析結果，兩者則有顯著差異，臺茶 12 號

比青心烏龍之平均含量多 16.41 mg.g^{-1} （石榆鳳 2007），推測其可能是受到基因、氣候（如溫度、日照時間和降雨量等）、土壤、生長海拔和採摘季節等因素影響所致（Wei *et al.* 2011; Anand *et al.* 2015）。

臺灣中部不同地區的臺灣山茶，8 種兒茶素組成分析，結果如表 1 所示，鳳凰山跟樟湖山的 C 之間有顯著差異（ $p < 0.01$ ），而鳳凰山跟樟湖山間的 CG 及鳳凰山跟樟湖山、鳳凰山跟雙龍的 ECG 有顯著差異（ $p < 0.05$ ）；EC、EGC、EGCG、GC、GCG 等五種兒茶素皆無顯著差異性。臺灣中部地區臺灣山茶兒茶素，兒茶素含量主要是以 EGCG、EGC 及 GC 等 3 種居多，其中又以 EGCG 為主，平均含量達 $44.81 \pm 18.61 \text{ mg.g}^{-1}$ ，以鳳凰山地區含量 $62.23 \pm 16.36 \text{ mg.g}^{-1}$ 為最高，而雙龍地區含量最低僅 $36.90 \pm 14.96 \text{ mg.g}^{-1}$ ，皆明顯高於臺灣主要栽培大葉種茶樹品種臺茶 8 號的 7.34 mg.g^{-1} 、臺茶 18 號 10.52 mg.g^{-1} 及小葉種茶樹品種青心烏龍 7.26 mg.g^{-1} 及臺茶 12 號 10.90 mg.g^{-1} （石榆鳳 2007）。而 EGC

兒茶素含量部分，臺灣中部地區臺灣山茶的平均含量達 $12.54 \pm 9.66 \text{ mg.g}^{-1}$ ，以眉原山地區含量 $16.33 \pm 3.73 \text{ mg.g}^{-1}$ 為最高，雙龍地區含量 $6.40 \pm 3.95 \text{ mg.g}^{-1}$ 最低；而小葉種茶樹品種 EGC 含量部分，青心烏龍 $3.78\text{-}23.99 \text{ mg.g}^{-1}$ 及臺茶 12 號 $5.06\text{-}26.63 \text{ mg.g}^{-1}$ （石榆鳳 2007；林佳妮 2009），兒茶素的含量攸關著茶湯的回甘程度，其回甘的強度主要會隨 EGC 和 EC 濃度的增加而提高，但亦會受 EGCG、咖啡因和茶胺酸影響（Zhang *et al.* 2020），若要製作回甘度高的茶品，建議可選擇高 EGC 和 EC 的品系。此外茶芽中 EGC 的含量與製成紅茶中茶黃素（theaflavin）的含量呈正相關，故茶黃素被認為是衡量紅茶品質的重要指標，由此可知，EGC 亦是影響紅茶品質的重要兒茶素種類（Roberts 1958; Yao *et al.* 2005）。本研究 GC 的部分，平均含量達 $10.11 \pm 7.26 \text{ mg.g}^{-1}$ ，以樟湖山含量 $12.25 \pm 8.76 \text{ mg.g}^{-1}$ 為最高，眉原山則是最低含量為 $5.47 \pm 3.52 \text{ mg.g}^{-1}$ 。鳳凰山 ECG 含量最高為 $9.13 \pm 2.89 \text{ mg.g}^{-1}$ ，而雙龍則最

低為 $3.93 \pm 0.72 \text{ mg.g}^{-1}$ ；而青心烏龍及臺茶 12 號茶樹品種的 ECG 則分別為 1.11 mg.g^{-1} 及 1.43 mg.g^{-1} （石榆鳳 2007），ECG 是兒茶素中苦澀味最明顯的兒茶素種類，若要製作高品質的綠茶，建議以低 ECG 的茶樹品種來製作（Jin *et al.* 2018），但 ECG 和 EGCG 則是與紅茶的品質呈正相關（Yao *et al.* 2005）；故雙龍地區低 ECG 的臺灣山茶可嘗試製作綠茶，而鳳凰山高 ECG 的臺灣山茶則適宜作紅茶。而 8 種兒茶素中以 CG 含量為最低，平均含量僅達 $0.27 \pm 0.20 \text{ mg.g}^{-1}$ 。

影響兒茶素類含量的因素，主要有品種、季節、生長部位、栽培管理、氣候、光照及製茶過程等（Wei *et al.* 2011; Anand *et al.* 2015; Zheng *et al.* 2018; Yu *et al.* 2020）。總兒茶素、兒茶素組成分及兒茶素被多元酚氧化酶（polyphenol oxidase）催化之茶紅素（thearubigins）、茶黃素等，為決定茶葉品質的重要影響因子，故常被作為茶葉品質評比的參考指標（Roberts 1958; Yao *et al.* 2005; Yu *et al.* 2020）。

二、咖啡因含量之分析

茶葉中的生物鹼 (alkaloids) 化合物包含咖啡因 (caffeine)、可可鹼 (theobromine) 及茶鹼 (theophylline) (Gramza-Michałowska 2014)，其中咖啡因為茶葉中最主要的生物鹼，種子及嫩葉中含量較高，佔乾物重的 2-5%，為茶葉苦味的主要來源之一 (戴佳如 2016；Zhu *et al.* 2019；Deka *et al.* 2021)。茶葉中的咖啡因，除不同茶樹品種間含量差異甚大外，亦會受到採摘部位、季節、氣候和栽培條件等因子的影響 (戴佳如 2016；郭芷君和楊美珠 2022；Zhu *et al.* 2019)。以 Zhu 等人 (2019) 進行山茶屬植物的新鮮幼葉進行成分分析結果為例，小葉種茶樹 (*Camellia sinensis*) 四季春 (Shuchazao) 品種的咖啡因含量為 $34.17 \pm 3.70 \text{ mg.g}^{-1}$ ，而大葉種茶樹阿薩姆 (*Camellia sinensis* var. *assamica*) 雲康 43 號 (Yunkang 43) 品種的咖啡因含量則為 $42.85 \pm 0.85 \text{ mg.g}^{-1}$ ，可知大葉種茶樹咖啡因含量高於小葉種茶樹。本研究臺灣山茶咖啡因平均含量為 $25.68 \pm 5.49 \text{ mg.g}^{-1}$ ，

以樟湖山地區 $27.57 \pm 4.04 \text{ mg.g}^{-1}$ 為最高，雙龍地區則是最低為 $23.10 \pm 3.21 \text{ mg.g}^{-1}$ ，然不同地區間差異並不顯著 (表 2)。而永康山地區 4 種不同品系臺灣山茶的咖啡因含量則是在 $24.43\text{-}31.80 \text{ mg.g}^{-1}$ ，與本研究結果相當 (林亞弘 2019)。六龜試驗林的野生臺灣山茶咖啡因含量則高達 $70.70\text{-}123.50 \text{ mg.g}^{-1}$ ，明顯高於臺灣中部及東部地區臺灣山茶咖啡因含量，尤其是南鳳山地區的野生臺灣山茶 (陳盈如等 2019)。而本研究結果與臺灣常見栽培茶樹品種的咖啡因含量相比，略低於大葉種茶樹品種臺茶 8 號的 28.40 mg.g^{-1} 、臺茶 18 號 26.31 mg.g^{-1} ，但略高於小葉種茶樹品種青心烏龍 23.42 mg.g^{-1} 及臺茶 12 號 22.37 mg.g^{-1} (林宜昕 2008)。

三、酯型兒茶素與非酯型兒茶素之分析

兒茶素又可分為酯型兒茶素 (gallate type catechins) 和非酯型兒茶素 (non-gallate type catechins)，其中，酯型兒茶素所占比例最大，包括

EGCG、ECG、GCG 及 CG 等；非酯型兒茶素則有 C、EC、EGC 及 GC 等。另酯型兒茶素具有較高之抗氧化活性，被認為會影響茶葉的品質（林金科等 2005；Liu and Tzen 2022）。本研究不同來源之臺灣山茶，除 ZHM-7、ZHM-8、SL-1 及 MYM-2 等 4 個單株的非酯型兒茶素高於酯型兒茶素外，其餘單株酯型兒茶素總量均高於非酯型兒茶素，與過去六龜及永康山地區之臺灣山茶酯型兒茶素和非酯型兒茶素含量研究結果相仿（林亞弘 2019；陳盈如等 2019）。然鳳凰山、樟湖山、雙龍及眉原山等不同群體間非酯型兒茶素及酯型兒茶素總量並無顯著差異（表 3、圖 1），但不同單株間之酯型兒茶素、非酯型兒茶素含量仍具一定程度的變異；例如非酯型兒茶素總量以鳳凰山地區為最高達 31.65 mg.g^{-1} ，眉原山地區次之，達 30.03 mg.g^{-1} ，雙龍地區則為 21.70 mg.g^{-1} 為最低。酯型兒茶素總量部分鳳凰山地區臺灣山茶的總量達 72.05 mg.g^{-1} ，最低則為雙龍地區的 41.97 mg.g^{-1} 。顯示臺灣中部地區的臺灣山茶具有豐富的

遺傳多樣性。

四、兒茶素品質指數和苦澀味指數之分析

利用臺灣中部地區臺灣山茶兒茶素資料，進行兒茶素品質指數和苦澀味指數計算，結果顯示（表 3），臺灣中部地區的臺灣山茶兒茶素品質指數在 152.91-2503.70 之間，同一地區，但不同單株間之差異頗大，以鳳凰山為例，FHM-3 其兒茶素品質指數為 233.49，但 FHM-4 卻高達 2503.70。而臺灣中部地區的臺灣山茶兒茶素苦澀味指數則介於 4.95-51.54 之間，同一地區，但不同單株間指數亦有所差異，以樟湖山為例，ZHM-7 其兒茶素苦澀味指數為 6.94，但 ZHM-10 則是 51.54。由此可知，臺灣中部地區臺灣山茶兒茶素含量及組成差異甚大，其中，不乏優良單株，可提供後續栽培、育種、推廣之用。譬如，高兒茶素品質指數和低苦澀味指數，則可製成品質優良之茶葉；而兒茶素含量最高，但品質指數最低者，則適宜作為兒茶素醫療、保健食品等開發利用。

五、臺灣山茶的化學多態性

植物產生各種二次代謝物 (secondary metabolites)，使它們能夠對抗不同逆境，從而增加它們的適應性 (Kliebenstein 2004)。然而種群內和種群之間的二次代謝物普遍存在顯著差異 (Leur *et al.* 2006)，而此即為植物二次代謝物的化學多態性 (chemical polymorphism)。為瞭解臺灣中部地區不同來源間臺灣山茶化學多態性的關係，本研究利用臺灣中部地區的 20 株野生臺灣山茶樣品，以 8 種兒茶素成分對樣品進行二階段集群分析，當距離為 5 時，可將其分為 4 大類群 (表 4、圖 2)。第 1 類型為高總兒茶素型，其總兒茶素含量在 68.90-108.60 mg.g⁻¹ 之間，此類型包含位於鹿谷鄉的 FHM-2 (105.10 mg.g⁻¹)、FHM-3 (87.40 mg.g⁻¹)、FHM-4 (91.90 mg.g⁻¹)、ZHM-1 (88.10 mg.g⁻¹)、ZHM-2 (81.50 mg.g⁻¹)、ZHM-9 (108.60 mg.g⁻¹)、ZHM-10 (68.90 mg.g⁻¹)，信義鄉的 SL-2 (78.30 mg.g⁻¹)，仁愛鄉的 MYM-1 (79.00 mg.g⁻¹) 及 MYM-3 (91.80 mg.g⁻¹)

等；第二類型則為低總兒茶素型，其總兒茶素含量在 47.50-65.10 mg.g⁻¹ 之間，包含位於鹿谷鄉的 ZHM-3 (47.50 mg.g⁻¹)、ZHM-5 (61.30 mg.g⁻¹)、ZHM-6 (52.40 mg.g⁻¹)、SL-3 (62.00 mg.g⁻¹)，仁愛鄉的 MYM-2 (65.10 mg.g⁻¹)；第 3 類型的高 EGCG 型，其 EGCG 含量在 71.70-84.50 mg.g⁻¹ 之間，包含位於鹿谷鄉的 FHM-1 (84.50 mg.g⁻¹) 及 ZHM-4 (71.70 mg.g⁻¹)；第 4 類型的低 EGCG 型，其 EGCG 含量在 13.80-20.70 mg.g⁻¹ 之間，包含位於鹿谷鄉的 ZHM-7 (13.80 mg.g⁻¹)、ZHM-8 (18.50 mg.g⁻¹) 及信義鄉的 SL-1 (20.70 mg.g⁻¹)。結果顯示高總兒茶素型臺灣山茶在臺灣中部地區四個族群中皆有分布，低總兒茶素型則是除鳳凰山無分佈外其餘則皆有分佈，高 EGCG 型臺灣山茶僅分布在鹿谷鄉的鳳凰山及樟湖山，而低 EGCG 型臺灣山茶則是分布在鹿谷鄉的樟湖山及信義鄉的雙龍。可知臺灣山茶 8 種兒茶素含量與組成，與地理分布較無關聯；但在不同臺灣山茶個體間可發現，其兒茶素含量及成分組成差異

性高。此結果與汪澤宏（2024）的研究結果相符，顯示臺灣中部的臺灣山茶具有高度的遺傳多樣性。

結論

本研究指出，臺灣山茶作為臺灣特有茶品具有巨大的發展潛力，然而，在發展過程中必須重視生物多樣性及保育。為了充分挖掘這一潛力，我們建議採取多項策略。首先，進行優良品系的選育，以開發出更具特色和優質的茶品種，提高競爭力和附加價值。其次，深入研究日照、溫度、水分、土壤等氣候環境因素對臺灣山茶生長和二次代謝物生合成的影響，以提供栽培指南和管理建議。政府相關單位可透過相關研究結果，制定支持臺灣山茶產業發展的政策，包括推廣、輔導、管理規範等方面的支持措施。同時，建立完整的臺灣山茶產業鏈，從種植、加工到市場推廣，滿足市場需求，提供高品質的臺灣特色茶品。這些策略的實施將有助於推動臺灣山茶產業的發展，提升其在國內外市場上

的地位和競爭力，同時促進臺灣山茶的林下經濟產業發展，實現產業和環境的雙贏。

此外臺灣山茶目前野外族群零星分布於臺灣中、南部及東部山區，族群數量稀少，加上人為干擾嚴重，多處族群已受威脅，應積極透過無性繁殖的方式，保存臺灣山茶種源，並建立完整的基因庫，確保其遺傳多樣性得以保存。野外天然的臺灣山茶族群，未來可考慮劃設保護區，並加強監測及巡視，減少人為干擾，以維護臺灣山茶野生族群能穩健生長。

綜合上述，在合理利用與開發臺灣山茶野生資源來發展臺灣山茶產業時，亦應加強保護臺灣山茶野生族群，以保護物種遺傳多樣性，並維護生態系統的完整性，以達永續多元經營之目標。

引用文獻

石榆鳳、古國隆、邱垂豐、劉景平。
2007。紅茶及包種茶製成中兒茶素含量變化之研究。嘉大農林學

- 報 4(2): 18-31。
- 交通部中央氣象署。2024。氣候資料服務系統。取自 <https://codis.cwa.gov.tw/>。
- 汪澤宏。2024。分子標誌在林下經濟之臺灣山茶的研究。2024年臺灣山茶研討會 10-13 頁。農業部林業試驗所。
- 巫建成、林佑儒、柳婉郁。2020。林下經濟作物之成本效益評估。林業研究季刊 42(2): 105-118。
- 沈勇強、孫銘源、周富三。2015。臺灣山茶研究史。林業研究專訊 22(4): 50-52。
- 沈揮勝。2019。原生種垢果山茶採收臺灣獨一無二。中時新聞網。取自 <https://www.chinatimes.com/realtimenews/20190408002890-260405?chdtv>
- 吳白玟、劉曉芸、鄭郁琪、曾素香、蘇淑珠、闕麗卿。2011。液相層析法分析茶飲料中兒茶素。食品藥物研究年報 2: 90-96。
- 林金科、陳榮冰、陳常頌、游小妹、張應根、陳林、李秀峰。2005。高酯型兒茶素含量的茶樹資源篩選研究。茶葉科學 25(1): 30-36。
- 林宜昕。2008。不同採摘葉位、時期及品種（系）對茶樹多元醇含量之影響。國立嘉義大學農學研究所。碩士論文。
- 林佳妮、劉景平。2009。紅光處理對茶樹兒茶素及葉綠素含量之影響。嘉大農林學報 6(2): 34-51。
- 林亞弘。2019。永康山茶芽葉性狀，內容物與品質之季節性變化。國立臺灣大學生物資源暨農學院園藝暨景觀學系。碩士論文。
- 周鍾瑄。1993。諸羅縣志 194 頁。臺灣省文獻委員會。南投。
- 胡正恆、陳芬蕙。2020。臺灣北部新店區一處生態茶園的地理特徵、茶葉成分與撫育管理之研究。中華林學季刊 53(1): 19-32。
- 胡智益。2024。DNA 分子標誌在臺灣原生山茶之應用。2024年臺灣山茶研討會 5-9 頁。農業部林業試驗所。
- 邱祈榮。2019。臺灣林業的升級之路 -

- 從林業永續多元輔導方案看森林經營模式運用。豐年雜誌 69(9): 64-72。
- 翁世豪。2022。臺灣原生山茶的發現與利用。茶業專訊 119: 7-11。
- 郭芷君、楊美珠。2022。茶葉中咖啡因的含量變化。茶葉專訊 122: 10-11。
- 陳芬蕙、何政坤。2018。除了木材，其他永續經營的林產物。林業研究專訊 25(1): 17-21。
- 陳盈如、顏佩翎、周富三、陳永修、葉辰影、陳育涵、張上鎮。2019。高雄六龜山區臺灣山茶鮮葉之化學成分與抗氧化活性。中華林學季刊 52(3): 135-146。
- 黃志煜、吳志鴻、張振生、葉永廉、張上鎮。2003。製程與採收季節對茶葉抽出物抗氧化活性之影響。臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 17(4): 231-237。
- 黃裕星。2018。從混農林業談臺灣特色林下經濟。林業研究專訊 25(1): 1-4。
- 曾雯郁。2021。土壤性質與季節性變化對茶菁原素濃度與化學成分之影響。國立中興大學土壤環境科學系。碩士論文。
- 農業部。2023。林下經濟經營使用審查作業要點。取自 <https://law.moa.gov.tw/LawContent.aspx?id=GL001028>
- 臺灣植物紅皮書編輯委員會。2017。2017 臺灣維管束植物紅皮書名錄 117 頁。行政院農業委員會特有生物研究保育中心、行政院農業委員會林務局、臺灣植物分類學會。南投。
- 鄭森松、林群雅、王亞男、許原瑞、張上鎮。2008。台灣土肉桂種原庫知設置 - 葉子精油成分與化學多態性分析。臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 22(1): 21-34。
- 蕭建興。2023。抗病蟲害與逆境 風味獨特產量豐：臺東原生山茶 臺茶 24 號 - 山蘊。豐年雜誌 73(5): 6-9。
- 戴佳如。2015。一杯茶含有多少咖啡因？。茶業專訊 97: 3-4。

蘇夢淮。2007。臺灣山茶之分類研究。國立臺灣大學生命科學院生態學與演化生物學研究所。博士論文。

蘇夢淮。2015。臺灣原生山茶屬分類概述。林業研究專訊 22(4): 11-16。

蘇夢淮。2024。山茶屬植物在林下經濟利用之探討。2024年臺灣山茶研討會 23-26 頁。農業部林業試驗所。

龔冠寧、鄧書麟、陳永修、張坤城、張淇鋒。2021。六龜試驗林臺灣山茶採收效益與評估。林業研究專訊 28(1): 32-37。

Anand, J., B. Upadhyaya, P. Rawat and N. Rai. 2015. Biochemical characterization and pharmacognostic evaluation of purified catechins in green tea (*Camellia sinensis*) cultivars of India. 3 Biotech 5: 285-294.

Borse, B. B., L. J. M. Rao, S. Nagalakshmi and N. Krishnamurthy. 2002. Fingerprint

of black teas from India: identification of the regio-specific characteristics. Food Chemistry 79(12): 419-424.

Chan, E. W. C., E. Y. Soh, P. P. Tie and Y. P. Law. 2011. Antioxidant and antibacterial properties of green, black, and herbal teas of *Camellia sinensis*. Pharmacognosy Research 3(4): 266-272.

Cooper, R. 2012. Green tea and theanine: health benefits. International Journal of Food Sciences and Nutrition 63: 90-97.

Deka, H., T. Barman, J. Dutta, A. Dev, P. Tamul, R. K. Pau and T. Karak. 2021. Catechin and caffeine content of tea (*Camellia sinensis* L.) leaf significantly differ with seasonal variation: A study on popular cultivars in North East India. Journal of Food Composition and Analysis 96: 103684.

Gramza-Michałowska, A. 2014. Caffeine in tea *Camellia sinensis*-Content,

- absorption, benefits and risks of consumption. *The Journal of Nutrition, Health and Aging* 18(2): 143-149.
- Jahangirzadeh Khiavi, S., S. Keshavarzi and A. N. Dehdasht. 2021. Genetic diversity and a germplasm survey of some selected tea genotypes from west of Mazandaran, Iran. *Bioagrica* 2003312112243: 15-25.
- Jin, J. Q., Y. F. Liu, C. L. Ma, Ji. Q. Ma, W. J. Hao, Y. X. Xu, M. Z. Yao and L. Chen. 2018. A novel F3' 5' H allele with 14 bp deletion is associated with high catechin index trait of wild tea plants and has potential use in enhancing tea quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 66 (40): 10470-10478.
- Kliebenstein, D. J. 2004. Secondary metabolites and plant/environment interactions: a view through *Arabidopsis thaliana* tinged glasses. *Plant, Cell and Environment* 27: 675-684.
- Leur, H., C. E. Raaijmakers and N. M. van Dam. 2006. A heritable glucosinolate polymorphism within natural populations of *Barbarea vulgaris*. *Phytochemistry* 67 (12): 1214-1223.
- Liu, C. T. and J. T. C. Tzen. 2022. Exploring the relative astringency of tea catechins and distinct astringent sensation of catechins and flavonol glycosides via an in vitro assay composed of artificial oil bodies. *Molecules* 27(17): 5679.
- Lu, X., Y. Lin, Y. Tuo, L. Liu, X. Du, Q. Zhu, Y. Hu, Y. Shi, L. Wu and J. Lin. 2023. Optimizing processing techniques of oolong tea balancing between high retention of catechins and sensory quality. *Foods* 12(23): 4334.
- Roberts, E. A. 1958. The phenolic substances of manufactured tea. II. -Their origin as enzymic oxidation products in fermentation.

- Journal of the Science of Food and Agriculture 9(4): 185-248.
- Sabhapondit, S., T. Karak, L. P. Bhuyan, B. C. Goswami and M. Hazarika. 2012. Diversity of catechin in northeast indian tea cultivars. The Scientific World Journal 2012. <https://doi.org/10.1100/2012/485193>
- Senanayake, S. P. J. N. 2013. Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications-A review. Journal of Functional Foods 5(4): 1529-1541.
- Song, R., D. Kelman, K. L. Johns and A. D. Wright. 2012. Correlation between leaf age, shade levels, and characteristic beneficial natural constituents of tea (*Camellia sinensis*) grown in Hawaii. Food Chemistry 133: 707-714.
- Su, M. H., C. F. Hsieh and C. H. Tsou. 2009. The confirmation of *Camellia formosensis* (Theaceae) as an independent species based on DNA sequence analyses. Botanical Studies 50(4): 477-485.
- Tan, X. Q., J. C. Huang, H. L. Fan and Q. Tang. 2020. Study on the main biochemical components of CH-1 and the suitability of green tea. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 740: 012192.
- Wan, C., X. Hu, M. Li, K. R. R. Rengasamy, Y. Cai and Z. Liu. 2023. Potential protective function of green tea polyphenol EGCG against high glucose-induced cardiac injury and aging. Trends in Food Science and Technology 104: 105506
- Wei, K., L. Wang, J. Zhou, W. He, J. Zeng, Y. Jiang and H. Cheng. 2011. Catechin contents in tea (*Camellia sinensis*) as affected by cultivar and environment and their relation to chlorophyll contents. Food Chemistry 125(1): 44-48.
- Wen, X., S. Han, J. Wang, Y. Zhang, L. Tan, C. Chen, B. Han and M. Wang.

2024. The flavor characteristics, antioxidant capability, and storage year discrimination based on backpropagation neural network of organic green tea (*Camellia sinensis*) during long-term storage. *Foods* 13(5): 753.
- Xia, E. H., W. Tong, Q. Wu, S. Wei, J. Zhao, Z. Z. Zhang, C. L. Wei and X. C. Wan. 2020. Tea plant genomics: achievements, challenges and perspectives. *Horticulture Research* 7(7): 1-19.
- Yang, X. R., C. X. Ye, J. K. Xu, and Y. M. Jiang. 2007. Simultaneous analysis of purine alkaloids and catechins in *Camellia sinensis*, *Camellia ptilophylla* and *Camellia assamica* var. kucha by HPLC. *Food Chemistry* 100(3): 1132-1136.
- Yao, L., N. Caffin, B. D'arcy, Y. Jiang, J. Shi, R. Singanusong, X. Liu, N. Datta, Y. Kakuda and Y. Xu. 2005. Seasonal variations of phenolic compounds in Australia-grown tea (*Camellia sinensis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (16): 6477-483
- Yao, M. Z., C. L. Ma, T. T. Qiao, J. Q. Jin and L. Chen. 2012. Diversity distribution and population structure of tea germplasm in China revealed by EST-SSR markers. *Tree Genetics & Genomes* 8: 205-220.
- Yu, Z., Y. Liao, L. Zeng, F. Dong, N. Watanabe and Z. Yang. 2020. Transformation of catechins into theaflavins by upregulation of CsPPO3 in preharvest tea (*Camellia sinensis*) leaves exposed to shading treatment. *Food Research International* 129: 108842.
- Zhang, L., Q. Q. Cao, D. Granato, Y. Q. Xu and C. T. Ho. 2020. Association between chemistry and taste of tea: A review. *Trends in Food Science and Technology* 101:

139-149.

Zheng, X. Q., Y. Nie, Y. Gao, B. Huang, J. H. Ye, J. L. Lu and Y. R. Liang. 2018. Screening the cultivar and processing factors based on the flavonoid profiles of dry teas using principal component analysis. *Journal of Food Composition and Analysis* 67: 29-37.

Zhu, B., L. B. Chen, M. Lu, J. Zhang, J. Han, W. W. Deng and Z. Z. Zhan. 2019. Caffeine Content and Related Gene Expression: Novel insight into caffeine metabolism in *Camellia* plants containing low, normal, and high caffeine concentrations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 67: 3400-3411.

表 1 臺灣中部地區臺灣山茶 (*Camellia formosensis*) 兒茶素成分分析Table 1 Analysis of Catechin Composition in *Camellia formosensis* from the Central Taiwan Region

Sample name	C (mg.g ⁻¹)	CG (mg.g ⁻¹)	EC (mg.g ⁻¹)	ECG (mg.g ⁻¹)	EGC (mg.g ⁻¹)	EGCG (mg.g ⁻¹)	GC (mg.g ⁻¹)	GCG (mg.g ⁻¹)	TC (mg.g ⁻¹)
FHM (n = 4)	8.38 ± 5.98 ^a	0.48 ± 0.31 ^a	2.95 ± 1.47 ^a	9.13 ± 2.89 ^a	12.83 ± 7.86 ^a	62.23 ± 16.36 ^a	7.50 ± 4.50 ^a	0.23 ± 0.29 ^a	103.70 ± 21.61 ^a
ZHM (n = 10)	1.09 ± 1.79 ^b	0.17 ± 0.11 ^b	3.36 ± 2.07 ^a	4.52 ± 2.30 ^b	13.12 ± 12.33 ^a	40.66 ± 19.29 ^a	12.25 ± 8.76 ^a	0.92 ± 0.98 ^a	76.09 ± 27.91 ^a
SL (n = 3)	2.10 ± 1.15 ^{ab}	0.40 ± 0.10 ^{ab}	2.10 ± 1.21 ^a	3.93 ± 0.72 ^b	6.40 ± 3.95 ^a	36.90 ± 14.96 ^a	11.10 ± 6.51 ^a	0.73 ± 0.40 ^a	63.67 ± 13.88 ^a
MYM (n = 3)	5.87 ± 4.05 ^{ab}	0.17 ± 0.12 ^{ab}	2.37 ± 0.86 ^a	4.87 ± 0.86 ^{ab}	16.33 ± 3.73 ^a	43.33 ± 14.16 ^a	5.47 ± 3.52 ^a	0.23 ± 0.12 ^a	78.63 ± 13.35 ^a

註 1：FHM (鳳凰山)、ZHM (樟湖山)、SL (雙龍)、MYM (眉原山)。

註 2：表中數值為平均值 ± 標準差。以 one-way ANOVA 比較不同地區兒茶素含量差異，並利用 Tukey's HSD 檢定法比較顯著性差異，不同字母表示存在顯著差異 ($p < 0.05$)。

註 3：C (兒茶素)、CG (兒茶素沒食子酸酯)、EC (表兒茶酚)、ECG (表兒茶酚沒食子酸)、EGC (表沒食子兒茶酚)、EGCG (表沒食子兒茶酚沒食子酸)、GC (沒食子兒茶素)、GCG (沒食子兒茶素沒食子酸酯)、TC (總兒茶素)。

Note 1: FHM (Fenghuang Mountain), ZHM (Zhanghu Mountain), SL (Shuanglong), MYM (Meiyuan Mountain).

Note 2: The values in the table are Mean ± SD. The differences in catechin content among different regions were compared using one-way ANOVA. Tukey's HSD test was employed to assess the significance of these differences. Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$).

Note 3: C (catechin), CG (catechin gallate), EC (epicatechin), ECG (epicatechin gallate), EGC (epigallocatechin), EGCG (epigallocatechin gallate), GC (gallocatechin), GCG (gallocatechin gallate), TC (total catechins).

表 2 臺灣中部地區臺灣山茶 (*Camellia formosensis*) 咖啡因含量分析
 Table 2 Analysis of Caffeine Content in *Camellia formosensis* from the Central Taiwan Region

Sample name	N	Caffeine (mg.g ⁻¹)
FHM	4	23.63 ± 7.76 ^a
ZHM	10	27.57 ± 4.04 ^a
SL	3	23.1 ± 3.21 ^a
MYM	3	24.7 ± 8.63 ^a
Total	20	25.68 ± 5.49

註 1：FHM（鳳凰山）、ZHM（樟湖山）、SL（雙龍）、MYM（眉原山）。

註 2：表中數值為平均值 ± 標準差。以 one-way ANOVA 比較不同地區間咖啡因含量差異，並利用 Tukey's HSD 檢定法比較顯著性差異，同行相同字母表示無顯著差異。

Note 1: FHM (Fenghuang Mountain), ZHM (Zhanghu Mountain), SL (Shuanglong), MYM (Meiyuan Mountain).

Note 2: The values in the table are Mean ± SD. The differences in caffeine content among different regions were compared using one-way ANOVA. Tukey's HSD test was employed to assess the significance of these differences. Means sharing the same letter in the same column are not significantly different.

表 3 臺灣中部地區臺灣山茶 (*Camellia formosensis*) 兒茶素類型與品質之比較Table 3 Comparison of Catechin Types and Quality in *Camellia formosensis* from the Central Taiwan Region

Sample name	Non-gallate type catechins (mg.g ⁻¹)	Gallate type catechins (mg.g ⁻¹)	Catechin quality index	Catechin bitterness index
FHM-1	32.70	97.70	675.52	28.39
FHM-2	34.20	70.90	562.40	6.01
FHM-3	36.30	51.10	233.49	7.15
FHM-4	23.40	68.50	2,503.70	4.95
ZHM-1	27.10	61.00	423.08	21.46
ZHM-2	21.00	60.50	536.61	20.34
ZHM-3	17.30	30.20	625.53	22.35
ZHM-4	54.20	81.20	193.48	22.56
ZHM-5	20.90	40.40	582.35	26.50
ZHM-6	23.90	28.50	250.89	19.00
ZHM-7	38.80	19.10	695.65	6.94
ZHM-8	35.70	23.58	953.64	7.72
ZHM-9	42.80	65.80	238.83	10.25
ZHM-10	16.50	52.40	528.57	51.54
SL-1	25.40	25.30	991.67	10.18
SL-2	22.70	55.60	530.10	15.80
SL-3	17.00	45.00	678.46	15.97
MYM-1	25.80	53.20	385.40	26.10
MYM-2	33.40	31.70	152.91	5.12
MYM-3	30.90	60.90	410.20	7.14

註：FHM（鳳凰山）、ZHM（樟湖山）、SL（雙龍）、MYM（眉原山）。

Note: FHM (Fenghuang Mountain), ZHM (Zhanghu Mountain), SL (Shuanglong), MYM (Meiyuan Mountain).

表 4 臺灣中部地區臺灣山茶 (*Camellia formosensis*) 之化學多態性分析
 Table 4 Chemical Polymorphism Analysis of *Camellia formosensis* from the Central Taiwan Region

Type	Sample name	EGCG (mg.g ⁻¹)	TC (mg.g ⁻¹)
High TC	FHM-2	59.40	105.10
	FHM-3	45.10	87.40
	FHM-4	59.90	91.90
	ZHM-1	55.70	88.10
	ZHM-2	52.50	81.50
	ZHM-9	58.50	108.60
	ZHM-10	47.30	68.90
	SL-2	50.20	78.30
	MYM-1	48.10	79.00
	MYM-3	54.50	91.80
Low TC	ZHM-3	26.70	47.50
	ZHM-5	36.40	61.30
	ZHM-6	25.50	52.40
	SL-3	39.80	62.00
	MYM-2	27.40	65.10
High EGCG	FHM-1	84.50	130.40
	ZHM-4	71.70	135.40
Low EGCG	ZHM-7	13.80	57.90
	ZHM-8	18.50	59.28
	SL-1	20.70	50.70

註 1：FHM（鳳凰山）、ZHM（樟湖山）、SL（雙龍）、MYM（眉原山）。

註 2：EGCG（表沒食子兒茶酚沒食子酸）、TC（總兒茶素）、High TC（高總兒茶素型）、Low TC（低總兒茶素型）、High EGCG（高表沒食子兒茶酚沒食子酸型）、Low EGCG（低表沒食子兒茶酚沒食子酸型）。

Note 1: FHM (Fenghuang Mountain), ZHM (Zhanghu Mountain), SL (Shuanglong), MYM (Meiyuan Mountain).

Note 2: EGCG (epigallocatechin gallate), TC (total catechins), High TC (high total catechins type), Low TC (low total catechins type), High EGCG (high epigallocatechin gallate type), Low EGCG (low epigallocatechin gallate type).

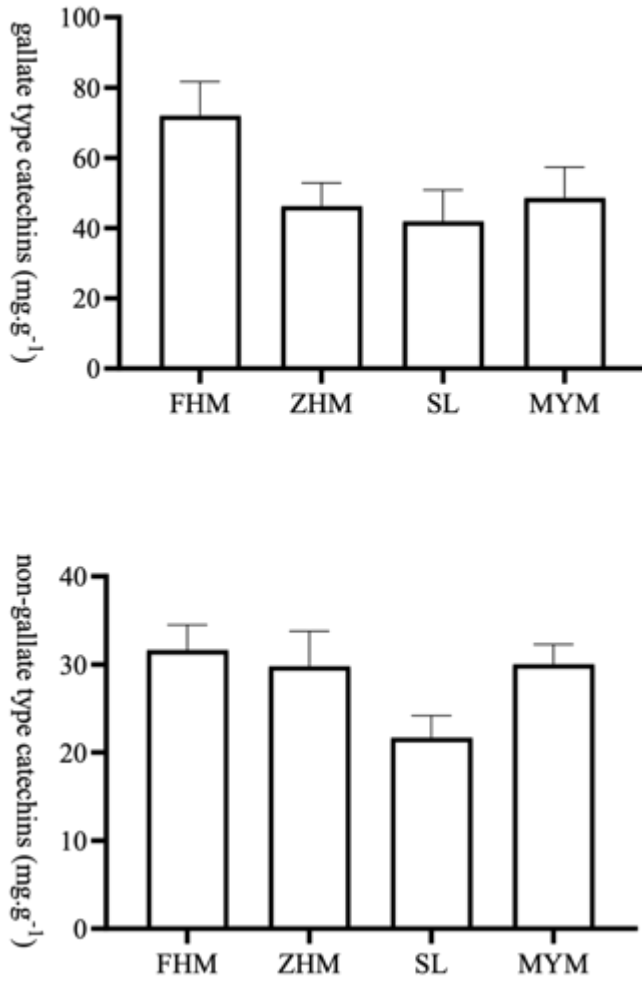


圖 1 以單因子變異數分析進行中部地區臺灣山茶 (*Camellia formosensis*) 兒茶素類型差異分析結果。

Fig. 1 Results of one-way ANOVA on the differences in catechin types of *Camellia formosensis* from the central region of Taiwan.

註：鳳凰山 (FHM, n = 4)，樟湖山 (ZHM, n = 10)，雙龍 (SL, n = 3) 和眉原山 (MYM, n = 3)。圖中數值為平均值 ± 標準差。

Note: Fenghuang Mountain (FHM, n = 4), Zhanghu Mountain (ZHM, n = 10), Shuanglong (SL, n = 3) and Meiyuan Mountain (MYM, n = 3). The values in the figure are the Mean ± SD.

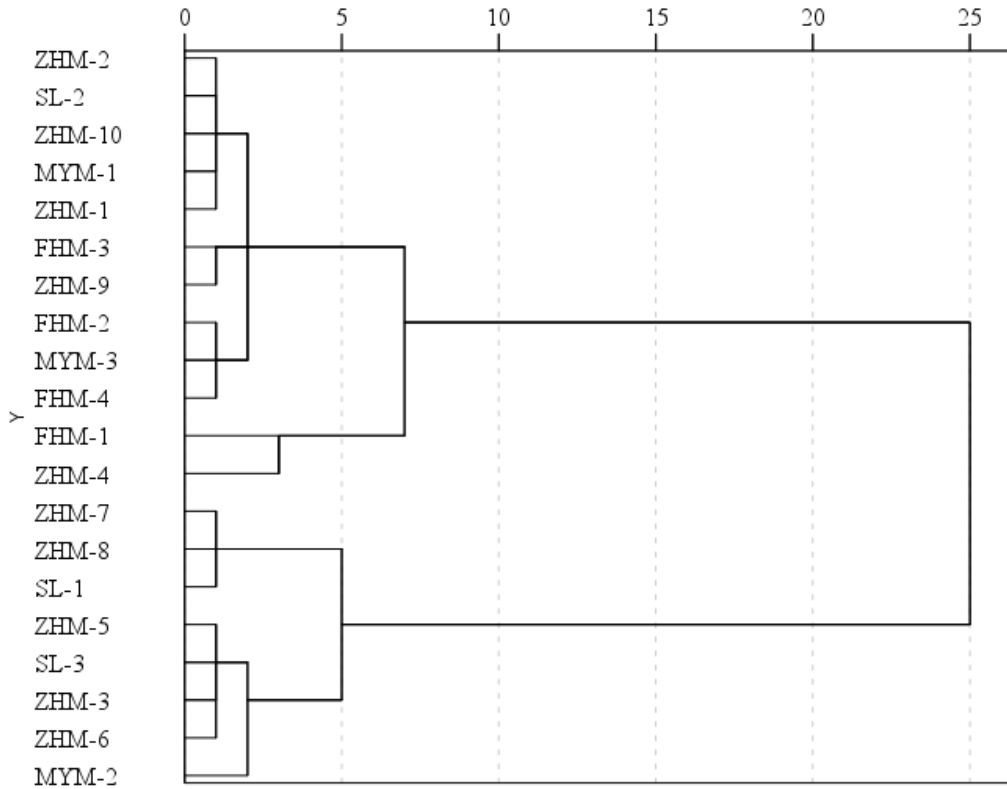


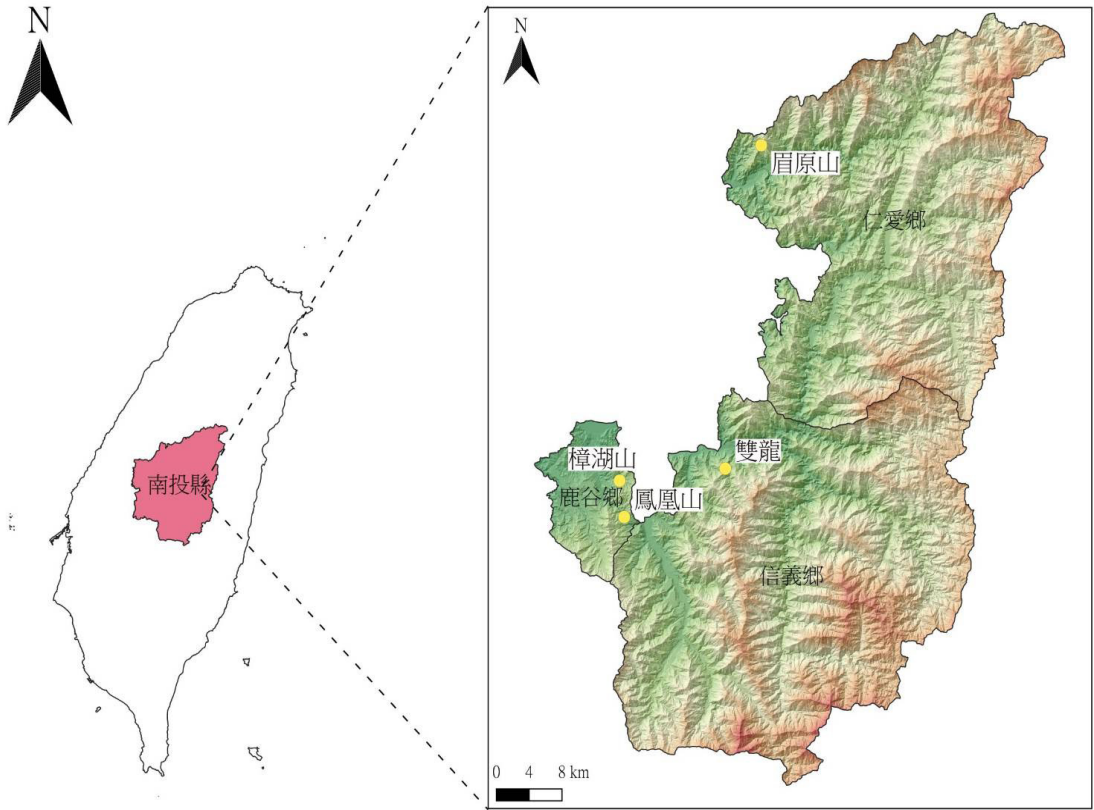
圖 2 臺灣中部地區臺灣山茶 (*Camellia formosensis*) 兒茶素含量階層式集群分析圖。

Fig. 2 Hierarchical Cluster Analysis of Catechin Content in *Camellia formosensis* from the Central Taiwan Region.

註：FHM (鳳凰山)、ZHM (樟湖山)、SL (雙龍)、MYM (眉原山)。

Note: FHM (Fenghuang Mountain), ZHM (Zhanghu Mountain), SL (Shuanglong), MYM (Meiyuan Mountain).

附錄 1 研究區域位置圖。
Appendix 1 Location of the study area.



附錄 2 採樣區域地理環境。

Appendix 2 Geographical environment of sampling sites.

Sites	Coordinate	Altitude (m)	Slope (°)	Aspect
FHM	23°43'07.0"N 120°49'19.3"E	806	10	NE
ZHM	23°43'39.3"N 120°49'19.2"E	940	15	E
SL	23°45'54.5"N 120°56'19.7"E	1,439	20	E
MYM	24°06'10.3"N 120°58'52.3"E	1,396	30	NE

註：FHM（鳳凰山）、ZHM（樟湖山）、SL（雙龍）、MYM（眉原山）。

Note: FHM (Fenghuang Mountain), ZHM (Zhanghu Mountain), SL (Shuanglong), MYM (Meiyuan Mountain).