

中華民國114年6月

茶及飲料作物專訊

-第6期-

一、產業資訊

臺法共同揭開臺灣茶香密碼 說出臺灣茶的感官故事..... 2

二、技術研究

本場推出土肉桂葉咖啡 提升產品風味與市場競爭力..... 5

嘉義縣原生臺灣山茶分布調查..... 7

高雄原生臺灣山茶單株選拔及風味品評..... 10

三、科技新知

非生物逆境下茶胺酸代謝的反應機制..... 15

咖啡加工副產物的循環經濟潛力..... 19

人工智能在耐逆境作物育種之應用..... 22

四、政策宣導

終身優惠？小心有陷阱..... 24



臺法共同揭開臺灣茶香密碼 說出臺灣茶的感官故事

文/產業服務科 羅士凱*、楊美珠、蘇宗振

圖/楊美珠、羅士凱

(*電話：03-4822059 轉 803)

茶改場攜手AVPA評審Carine Baudry，打造臺灣十大特色茶香氣語言， 從感官走向國際舞台

一場從鼻尖出發、橫跨語言與文化的臺法感官實驗，正在臺灣茶業悄然發酵。

5月5日至9日，本場於楊梅總場舉辦「2025臺灣特色茶香氣工作坊」，邀請法國知名香氣專家暨AVPA茶葉評審主席 Carine Baudry來臺共同合作。從GC-MS分析圖譜，到單體香氣嗅聞與重組，歷經五天全方位感官訓練，首度建構出可量化、可教學、可國際溝通的「臺灣茶香氣語言模型」，為臺灣茶走向全球再添新利器。

「香氣不再只是文案語言，而是可以被驗證、被感知的文化密碼。」過去臺灣茶以品質著稱，但香氣描述常流於主觀形容。本次工作坊結合化學分析與感官評鑑，不僅培養本場十餘位專業人才，更完成十款代表性茶品之香氣指標建立，朝向「臺灣茶感官標準化」邁出關鍵一步。本次臺灣特色茶香氣工作坊有三大亮點：

一、從圖譜到嗅覺：十款特色茶香氣模型首度成形

此次工作坊涵蓋十種具有代表性的臺灣特色茶，例如從散發薰衣草與薄荷甜香的大葉種紅茶，到充滿青蘋果與花香的高山烏龍；從具有蜜香與熟果香的東方美人，到具有玫瑰花與焦糖氣息的蜜香紅茶與紅烏龍；每一款茶均以GC-MS氣相層析質譜圖為基礎，對應出主導的香氣分子，再由Carine引導進行香氣單體嗅聞與組合模擬。

例如：高山烏龍茶擁有高達12.45%的Linalool與Farnesene協同呈現明亮的青蘋果香；而碧螺春則因Linalool與Geraniol的協同作用再加上Dimethyl sulfide的點綴，釋放出猶如晨霧裡的嫩草與柑橘花香；臺茶24號（山蘊）則展現了菇醇與Caryophyllene交織而成的磨菇與木質氣息。這些香氣不再只是模糊的「花香」、「果香」，而是有分子、有詞彙、有感知指引的專業語言。

二、首創「香氣錯誤對照組」，補足產業感官教育缺口

為協助茶農與教學者更具體理解「什麼是好的香氣、什麼是問題香氣」，每款茶在實作過程中，皆準備兩組樣品：一組展現正面香氣如玫瑰、焦糖、柑橘皮；另一組則呈現負面氣味，如菁味、陳味、煙燻或異味。搭配本場與法方共同準備的香氣單體標準品（如Methyl salicylate、Furfural、Indole等），實作模擬風味重組，使學員具備「鼻辨風味分子」的能力。這套方法不僅可用於產品開發與教育訓練，更成為推動臺灣茶感官認證的重要基礎。



三、法國香氣專家與青年跨海助力，深化感官與文化交流

Carine Baudry 是一位「調香師」，畢業於法國香水與芳香國際學院 (ISIPCA)。她擁有二十多年的香氣創作經驗，對感官評估與創作具有深厚的認識。多年前她開始專注於茶與植物，並創立了一套以嗅覺為核心的教學方法，發展出茶的感官與描述語言。另外值得一提的是，來自巴黎薩克雷大學，熱愛嗅覺世界的法國生物系實習生 Anton，也參與本次工作坊香氣單體的整理與記錄。他協助香氣英文資料的整理、對照GC-MS資訊，並與本場技術團隊一同測試香氣詞彙的跨語言溝通效果。Anton表示：「臺灣茶的香氣比起法國常見茶系更為複雜、富層次，我在這裡學到的不只是茶，更是理解臺灣的味道。」

收斂成果，向世界說出臺灣茶的「香語」

5月9日於茶友會館舉辦的成果發表會中，由本場研究人員代表十款茶逐一進行香氣說明與感官模擬呈現。每桌設置兩組茶樣，搭配正負向香氣單體與說明圖譜，展示臺灣茶從品種、製程到香氣分子的連結邏輯。會場香氣交錯，討論熱絡，展現五天來跨文化、跨學科的深度整合成果。這不只是一次訓練，而是一次臺灣茶界對香氣語言的重構與升級。

本場除致贈感謝狀外，並邀請Carine擔任臺灣特色茶國際證照班種子講師，持續在法國推廣臺灣茶。未來，本場將持續推動「臺灣茶香氣標準語系」建置，結合教學套組、圖譜資料庫與多語版本資料，目標讓每一杯臺灣茶，都能透過國際通用的香氣語言，說出屬於自己的故事。



圖1、本場同仁與Carine Baudry討論不同香氣的化合物





圖2、Carine Baudry認真講解香氣成分與茶葉風味的關係



圖3、臺灣特色茶香氣工作坊成果發表合照



本場推出土肉桂葉咖啡 提升產品風味與市場競爭力

文圖/南部分場 林育聖*、林儒宏

(*電話：049-2753960 轉 411)

本場近期成功研發「土肉桂葉咖啡」，並推出非專屬技術授權，旨在提升國內咖啡產品多元風味。此技術係以肉桂醛型之土肉桂葉片為主要材料，經過處理後與咖啡基底進行調配，透過精細調配技術巧妙融合土肉桂葉與咖啡兩者風味，最終成品不僅具備土肉桂的獨特香氣，還能提升咖啡的整體適口性與風味深度，為消費者提供一種獨特且多層次的品味享受。

土肉桂葉加工拼配技術，展現咖啡創新及多層次風味

常見用來添加於卡布奇諾咖啡中的肉桂粉是來自肉桂 (*Cinnamomum cassia*) 的樹皮，又稱為桂皮，其風味較為濃烈，帶有辛辣與甜味；而國產土肉桂 (*Cinnamomum osmophloeum*) 則為臺灣特有種，可供食用部位為葉片，香氣較為柔和且層次豐富，帶有甜香及木質香。此項技術以經過處理的土肉桂葉作為核心原料，搭配適當比例的咖啡作基底，為成品增添香氣與口感。土肉桂葉主要成分為肉桂醛 (*Cinnamaldehyde*)，是決定肉桂香味品質的主要因子，本項加工技術所製成的土肉桂葉片，保留新鮮土肉桂葉片的香氣，透過加工拼配技術，最終沖泡出的咖啡飲品中帶有辛香風味但不具刺激感，香氣細膩且不會過於濃烈。

提升咖啡產品附加值利用 增強市場多樣性

透過這項加工拼配技術，土肉桂特殊風味與咖啡巧妙結合在一起，大幅增加了產品價值，此技術特別適合追求創新口感的食品與飲料業者，為其開發新產品提供更多選擇與機會。期望藉由此技術的授權，推動國內咖啡市場的多樣化發展，提供消費者更具特色且健康的飲品。本項技術授權案已通過農業部農業智慧財產權審議，將以非專屬技術授權方式向業界開放。目前正在積極推動技術轉移及尋求合作機會，歡迎有興趣的業者與本場南部分場聯繫，瞭解更多技術細節與產品開發。





圖1、肉桂醛型之土肉桂葉片



圖2、加工處理後土肉桂葉



圖3、土肉桂葉咖啡飲品



嘉義縣原生臺灣山茶分布調查

文圖/吳佾鴻*、孫銘源、翁世豪、蘇宗振

(*電話：049-2753960轉327)

一、前言

2025年3月11日，茶及飲料作物改良場蘇宗振場長與林業試驗所曾彥學所長帶隊前往嘉義縣山區森林進行原生臺灣山茶地理分布調查，參加人員包括茶改場南部分場吳佾鴻副研究員、中部分場翁世豪助理研究員，林業試驗所嘉義研究中心廖敏君主任、六龜研究中心孫銘源副研究員、六龜研究中心陳永修前主任及研究助理等10餘人，進行嘉義縣原生臺灣山茶調查（圖1）。



圖1、龍頭坪山原生臺灣山茶老樹，樹齡超過80年。由左至右之調查人員：茶改場翁世豪助理研究員、吳佾鴻副研究員、蘇宗振場長，林試所曾彥學所長、陳永修前主任、廖敏君主任、孫銘源副研究員、藍姨郁助理



二、嘉義縣原生臺灣山茶地理分布

嘉義縣原生臺灣山茶 (*Camellia formosensis*) 生育地點主要有中埔鄉與大埔鄉交界陵線之分水嶺山，番路鄉之巔頭坪山、頭凍山、隙頂山等次生林地（圖2），海拔900~1,200公尺之森林，目前多分布於農林混生林地，原生地因早期開闢種植檳榔、茶園、竹林，受人為干擾破壞嚴重，故族群數量稀少，僅侷限於某幾處區域，亟需保護復育。

本次調查區域主要為林保署嘉義分署轄管大埔事業區林班租地，行政區域有中埔鄉與大埔鄉交界之陵線及番路鄉，因分布在林農私有地及承租地邊界，故大部分生育地已被開墾，山茶單株零星分布與檳榔、竹林、油茶等經濟作物共生，非原始天然林相。



圖2、嘉義縣原生臺灣山茶地理分布位置圖，主要分布於中埔鄉、大埔鄉、番路鄉轄區內（林業試驗所六龜研究中心孫銘源副研究員提供）



三、嘉義縣原生臺灣山茶植群種原蒐集現況

本場為強化原生臺灣山茶之種原保育與開發利用，2024年與林業試驗所簽立合作協議（MOU），共同合作廣泛蒐集臺灣森林內原生山茶種原，建置「臺灣山茶種原保存園」進行試驗研究。

嘉義縣蒐集之臺灣山茶種原計有分水嶺山系16組單株、頭凍山系13組單株、巒頭坪山系6組單株、隙頂山系6組單株，合計46單株，目前已先剪取各單株枝條回苗圃扦插培育，作為山茶優良品系篩選及育種材料。

四、結語

為提升臺灣特有茶作產業永續發展，本場規劃原生臺灣山茶中長期計畫，前期先進行林野調查、種原蒐集，全面進行臺灣山茶基因蒐集和保存，做為日後優良品系選育及產業推廣之基礎。



圖3、蘇宗振場長（右3）曾彥學所長（右4）帶領茶改場及林試所研究人員，於隙頂山臺灣山茶老樹下合影



高雄原生臺灣山茶單株選拔及風味品評

文圖/吳佾鴻*、孫銘源、蘇宗振

(*電話：049-2753960轉327)

一、前言

臺灣山茶 (*Camellia formosensis*) 分布於南投縣、嘉義縣、高雄市、屏東縣及臺東縣等森林區，其中高雄市之六龜區、桃源區、茂林區、納瑪夏區等山區森林是原生臺灣山茶分布密度最高區域，主要生長於海拔750~1,450公尺之樟科殼斗科林下。

六龜地區更是發展山茶產業最具規模代表，新發社區設有「六龜山茶故事館」推廣原生山茶品牌，在地茶農接受農業部茶及飲料作物改良場（簡稱茶改場）的輔導，採用臺灣橙茶新製程，開發出六龜山茶特殊新風味。高雄市長陳其邁於2024年第三屆高雄山茶評鑑活動中宣布，六龜為「臺灣橙茶故鄉」，藉由逐漸形成原生臺灣山茶特色產業聚落，發展潛力無窮。

2025年5月14~15日由茶改場蘇宗振場長帶隊前往林業試驗所六龜研究中心苗圃進行原生臺灣山茶單株選拔及風味品評，參加人員包括邱垂豐副場長、吳聲舜秘書、作物改良科林金池科長、胡智益副研究員、中部分場黃正宗分場長、翁世豪助理研究員、南部分場林儒宏分場長、吳佾鴻副研究員、蘇庭瑤技工，林試所六龜研究中心塗三賢主任、孫銘源副研究員、朱榮三副研究員、林茂池技工、涂翔議助理、藍攷郁助理，林保署屏東分署六龜工作站林弘基主任等人參加（圖1）。



圖1、本場蘇宗振場長（第一排左1）、林試所六龜研究中心塗三賢主任（第一排左2）、林保署六龜工作站林弘基主任（第一排左3）及參加之研究人員於單株選拔討論會議後合影（2025年5月14日）



二、臺灣山茶種原單株選拔

本次選拔之山茶種原為林業試驗所六龜研究中心近年來在扇平、多納森林內所蒐集之原生臺灣山茶種子進行播種培育之實生苗（圖2），因茶樹為異交作物，每一世代皆會產生遺傳變異，故每一單株保有的遺傳特性各有變異，此次單株選拔原則以優良農藝性狀，如生長強勢、抗病耐候性、百芽重、頂芽色澤、葉形大小（表1）及香氣等特性進行篩選。

依據茶類特性篩選出紅茶適製品系291單株；烏龍茶、綠茶適製品系250單株，帶回本場中部分場苗圃培育，建立原生臺灣山茶種質資源圃，作為日後單株製茶試驗及育種材料。

最後參與本次選拔之研究人員於六龜研究中心苗圃前合影（圖3）。



圖2、原生臺灣山茶優良品系單株選拔。茶改場蘇宗振場長（右1）、邱垂豐副場長（右3）、林弘基主任（右2）、林儒宏分場長（左1）、吳聲舜秘書（左2）、林金池科長（左3）、黃正宗分場長（左4）、塗三賢主任（左5）



表1、原生臺灣山茶篩選指標表

茶類	葉芽	葉形	生長勢
紅茶	黃綠色	葉大、薄、軟	多芽強健
綠茶、烏龍茶	墨綠色 紫紅色	葉厚、具光澤	多芽強健

圖3、參與之研究人員於六龜研究中心苗圃前合影。茶樹農藝性狀為選拔之條件，本次依茶類特性篩選出適製紅茶品系與適製烏龍茶、綠茶品系單株，作為建立原生臺灣山茶種原圃及後續單株育種試驗材料



三、六龜南鳳山原生臺灣山茶植群林野調查

蘇宗振場長與塗三賢主任率隊前往六龜南鳳山進行原生臺灣山茶植群林野調查（圖4），森林內山茶生長旺盛，葉長可達20公分（圖5），林下種子萌發小苗及地面走莖分蘖小苗眾多更新良好，但發現目前林下之臺灣山茶普遍遭茶天牛危害（圖6），可能是造成原生老茶樹鮮少生長超過百年即自然凋亡的原因之一。本區域擇優選取5單株種原枝條帶回苗圃扦插繁殖。



圖4、蘇宗振場長與塗三賢主任率隊前往六龜南鳳山調查臺灣山茶植群生長態樣



圖5、臺灣山茶之葉長可達20公分



圖6、臺灣山茶老樹普遍遭茶天牛危害



四、茂林區多納部落原生臺灣山茶單株試驗茶樣品評分級

今（114）年5月2日及5月8日，林試所六龜研究中心協助本場採集多納第20林班原生臺灣山茶25組單株茶菁供本場進行製茶試驗，其中11組製作綠茶、14組製作紅茶（圖7）。本次採集之茶菁是多納森林區野生臺灣山茶單株，為喬木狀態，採茶菁時必須爬上樹梢（圖8），據採茶同仁口述，他們爬上樹梢採茶時最怕遇到蜂巢，無法馬上跳下來只能從樹上慢慢溜下來，這段時間就讓蜜蜂叮好叮滿，有時候採茶被叮的滿頭包，因此，採集野生山茶是既辛苦又危險。

本次品評分級在蘇宗振場長熱情邀約下，本場出動4位「特級」茶葉感官品評專家，分別為邱垂豐副場長、吳聲舜秘書、林金池科長、黃正宗分場長（四大天王）齊聚六龜研究中心（圖9），共同為原生臺灣山茶品評分級。



圖7、原生臺灣山茶試驗茶樣，共計25組



圖8、採集野生臺灣山茶茶菁，必須爬上樹梢



品評結果發現多納地區原生臺灣山茶風味具有松露菇蕈、柑橘、花香等特殊香型，本次篩選出11組具發展潛力單株，其中綠茶組5單株、紅茶組6單株，後續將進行夏茶製茶試驗，追蹤其品質穩定性。

五、結語

原生臺灣山茶發展潛力無窮，茶改場首次與林業試驗所曾彥學所長帶領團隊跨機關合作，刻正進行原生臺灣山茶之種原保育與創新茶飲品製程開發，共同努力提升臺灣山茶產業永續發展，更冀望推上國際開創新契機。



圖9、蘇宗振場長（左9）熱情邀請下，本場出動4位「特級」茶葉感官品評專家，分別為邱垂豐副場長（左10）、吳聲舜秘書（左11）、林金池科長（左3）、黃正宗分場長（左7）齊聚六龜研究中心，共同為原生臺灣山茶品評分級



非生物逆境下茶胺酸代謝的反應機制

摘譯/作物環境科 戴佳如
(電話：03-4822059轉702)

茶胺酸 (theanine) 主要存在於茶樹中，對植物應對非生物性逆境扮演關鍵角色，並且顯著影響茶葉的品質。近年來，全球氣候變化和各種環境問題的加劇，茶樹不可避免地面臨各種非生物性逆境，如高溫和低溫、光照、乾旱、鹽分逆境、CO₂濃度升高和養分缺乏，這些因素嚴重限制了茶葉的生產和品質，對茶業帶來前所未有的挑戰。本篇旨在綜述非生物逆境下茶胺酸代謝的反應機制。

一、茶胺酸在茶樹中的代謝與運輸

茶胺酸是一種獨特的非蛋白質氨基酸，廣泛分佈於茶樹的各個器官中，果實除外。在茶樹的新梢中，茶胺酸佔游離氨基酸總量的50%–70%，但隨著葉片的老化，茶胺酸的比例逐漸減少。

茶胺酸是由麩胺酸 (glutamate) 和乙胺 (ethylamine) 在茶樹茶胺酸合成酶 (theanine synthase) 的催化下合成，主要發生在根部細胞的細胞質中，麩胺酸作為茶胺酸合成的關鍵前驅物，主要透過茶樹根部的氨基酸代謝途徑生成，乙胺則是透過茶樹丙胺酸脫羧酶 (alanine decarboxylase) 催化丙胺酸脫羧反應 (alanine decarboxylation) 生成的，其含量直接決定茶胺酸的累積量。因此，茶樹中特有的乙胺對茶胺酸的合成扮演至關重要的角色。茶胺酸合成酶對麩胺酸和乙胺具有高度專一性，並積極調節茶葉中的茶胺酸累積。

茶胺酸在根部合成，經由木質部運輸，主要累積在嫩葉中，以調節茶樹的生理活動。茶胺酸在茶樹中的運輸主要依賴蒸散作用產生的水勢梯度和植物壓力流機制的共同作用。同時，根部大量合成茶胺酸也間接促進了這個運輸過程。茶胺酸作為一個可移動的含氮化合物，從根部運輸到地上部，並根據生長需求在各個器官之間重新分配。在芽體快速生長的過程中，茶胺酸會從較老的葉片轉移到新芽，並優先累積在年輕組織中。運輸蛋白在茶胺酸的器官間運輸中扮演不可或缺的角色。

在茶樹根部合成的茶胺酸會被運輸到地上部，在葉子中進行代謝分解，茶胺酸的水解過程由茶胺酸水解酶催化，生成麩胺酸和乙胺，麩胺酸主要參與含氮化合物的合成或進一步水解，而乙胺則被氧化成乙醛，參與兒茶素類的合成。



二、在逆境下茶樹中茶胺酸代謝的反應

(一) 溫度

近期研究顯示，溫度變化顯著影響茶樹中的茶胺酸代謝。有研究指出，高溫環境下生長的夏季茶葉，茶湯苦澀，茶胺酸含量較低；而較冷的氣候會提高茶胺酸含量。溫度逆境會影響茶胺酸的合成、水解及運輸。相關研究指出，15–25 °C的溫度範圍有利於茶胺酸的合成，而過高或過低的溫度則對其生物合成產生不利影響。高溫會導致茶樹體內含氮化合物的累積，這會促進水解酶活性，加速茶胺酸的分解，導致其含量下降。茶胺酸從根部輸送至芽部的過程受季節性溫度變化影響，夏季與冬季輸送效率最低，春初最高。茶胺酸的運輸依賴於運輸蛋白的表現，而其表現對溫度亦敏感。

(二) 光照

光照是影響茶樹生長與品質的重要氣象因素之一。光照強度與光質會影響植物的光感受器與訊號傳導，進而調控植物的生長、發育與次級代謝。茶胺酸代謝受光照條件調節，尤其是茶胺酸水解為麩胺酸與乙胺的過程需依賴光照，因此，強光會降低茶胺酸的累積。減少光照是一種有效提升茶胺酸含量的方法，因此，遮蔭常被用於促進嫩芽中茶胺酸的累積。相較自然光，遮蔭會顯著增加乙胺含量、提升合成酶活性，並誘導關鍵基因的表現，進而刺激茶樹根部的茶胺酸合成。此外，遮蔭還能透過調節運輸蛋白表現，促進茶胺酸在嫩葉與嫩莖間的分配，增加嫩莖中的累積量。不同的光質也會影響茶胺酸代謝，紅光可透過調節前驅物質、茶胺酸相關基因與轉運蛋白的表現，促進茶胺酸累積，但具體機制仍需進一步研究。相較紫光、黃光與自然光處理，茶樹對藍光的胺基酸合成反應最為顯著。

(三) 乾旱

茶樹適合在潮濕環境下生長，乾旱常與高溫同時出現，會抑制茶胺酸的累積。水分不足會抑制茶胺酸合成基因的表現。乾旱訊號也會活化茶胺酸生物降解路徑中的水解酶關鍵基因，誘導茶胺酸水解。乾旱逆境會透過調節與合成和降解相關的基因表現，導致茶胺酸含量下降。



(四) 鹽分

相關研究顯示，鹽處理會誘導茶胺酸合成酶的表現，促進茶胺酸的合成；鹽分逆境會誘導茶胺酸合成基因的表現。這突顯出茶胺酸在環境逆境下的功能性，其累積可穩定茶樹品質並提升抗逆能力。

(五) 二氧化碳(CO_2)濃度

隨著全球氣候變遷導致的 CO_2 濃度上升，茶樹的生長與茶胺酸代謝也受到直接影響。大氣中 CO_2 濃度升高能促進光合作用，進而影響植物的碳氮平衡。在初級代謝方面，光合作用的加強有助於光合產物的累積及關鍵代謝物的調控，為茶胺酸的合成提供前驅物質； CO_2 濃度升高也會促進呼吸作用，使茶樹的生物量顯著增加。高濃度 CO_2 可提升茶葉中茶胺酸的含量，並上調茶胺酸合成基因的表現。高濃度 CO_2 亦能減緩高溫對茶樹造成的不利影響，舒緩熱逆境下的光合代謝，維持茶胺酸一定的合成能力。

(六) 營養元素

適當施用氮肥能顯著提升鮮葉中的茶胺酸含量。氮素不足會透過多種途徑影響茶胺酸的累積。低氮逆境會減少麩胺酸與乙胺的供應，而這兩者是茶胺酸合成的必需前驅物；同時還會下調茶胺酸合成基因的表現，並上調茶胺酸運輸蛋白的表現，促進茶胺酸的運輸。此外，氮素過量也會擾亂茶胺酸的代謝。相關報告指出，氮過量會使氮素代謝偏向其他含氮化合物，增加游離胺基酸的分配，反而抑制茶胺酸的累積。此外，氮素的形態也會影響茶胺酸的代謝。與硝酸鹽(NO_3^-)相比，銨態氮(NH_4^+)更能有效地將氮分配至茶胺酸。這種差異可能來自於氮素形態對酶活性的影響。 NH_4^+ 的補充可提升麩胺醯胺合成酶的活性，有利於根部前驅物質的合成。這些證據強調了氮素形態對茶胺酸代謝調節的重要性。



充足的鎂供應可促進根部茶胺酸的合成，並提升其在嫩芽中的累積。鎂缺乏會擾亂茶胺酸合成基因的轉錄，改變地上與地下部位之間化合物的分布，從而抑制茶胺酸的累積。此外，低磷與低鉀含量會抑制茶胺酸合成酶的活性，減少其合成，進而影響茶樹的生理狀況。當磷與鉀含量處於適當範圍時，有助於提高茶胺酸含量，但過量則會抑制其累積。錳可促進茶胺酸的累積，因其參與硝酸鹽還原過程的酶活化；鉬則可提升氮肥的吸收與利用，若缺乏鉬，將影響茶樹中茶胺酸的合成。

資料來源：Wang, Q., Yu, J., Lin, W., Ahammed, G. J., Wang, W., Ma, R., Shi, M., Ge, S., Mohamed, A. S., Wang, L., Li, Q. and Li, X. 2025. L-Theanine Metabolism in Tea Plants: Biological Functions and Stress Tolerance Mechanisms. *Plants* 14, 492.
(<https://doi.org/10.3390/plants14030492>)



咖啡加工副產物的循環經濟潛力簡介

摘譯/加工技術科 劉千如

(電話：03-4822059轉605)

咖啡是全球第二大消費品，年產量約為 1.65-1.7億袋（每袋60公斤），廣泛種植於 70多個國家。然而，在咖啡的生產與加工過程中，會產生各類副產物 (Coffee Processing Waste, CPW)，如咖啡果皮、果膠、羊皮層殼、咖啡殼、銀皮與處理廢水等，對水體、土壤與空氣構成潛在污染。目前多數產區仍以堆肥、焚燒或棄置作為主要處理方式，缺乏系統化管理與升值策略，造成副產物資源化程度低，甚至引發環境風險。

近年學者 Tsigkou (2025) 提出建立咖啡副產物的循環經濟與生物煉製系統，透過熱化學（如氣化、熱裂解）、生物處理（如醣酵、厭氧消化）與萃取技術，將 CPW 有效轉化為：

再生能源（乙醇、生物氫、甲烷）

高價值化合物（多酚類、膳食纖維、咖啡因）

綠色建材、生物可分解容器、活性碳等環保產品

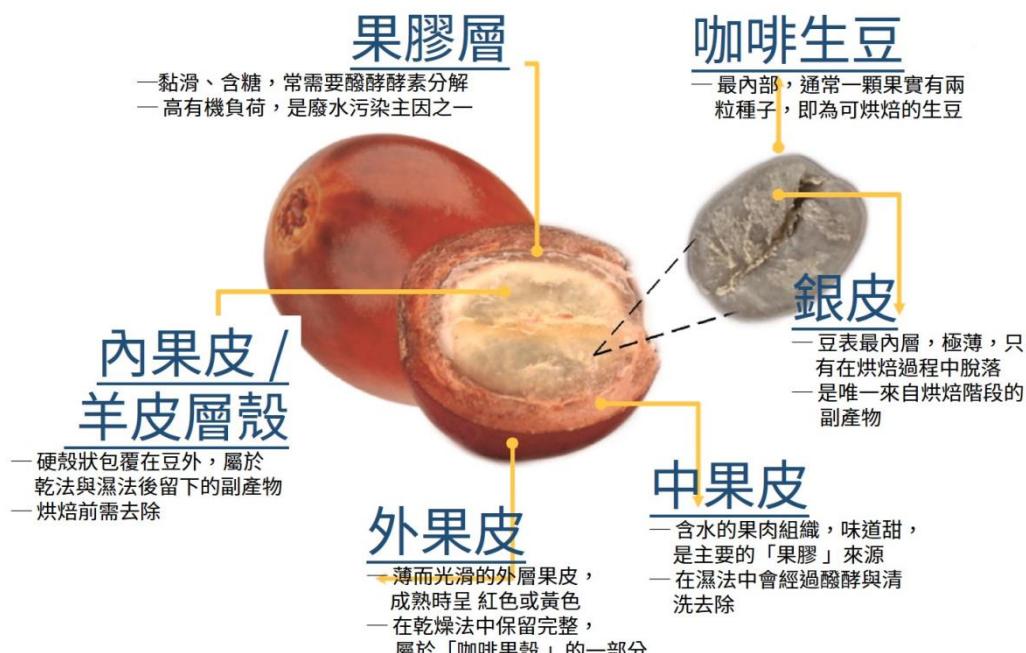


圖1、咖啡果實的剖面結構

(Tsigkou *et al.*, 2025)



茶及飲料作物專訊

中華民國 114 年 6 月 第6期



表1、咖啡副產物來源、生成量及可轉化之高價值產品

副產物	主要來源	生成量(公斤) /每噸咖啡鮮果	可轉化之高價值產品
咖啡果皮	濕處理端	430–550	生質乙醇、生物炭、多酚類、活性碳等
果膠	濕處理端	120–180	生質乙醇、天然膠、黏著劑
咖啡果殼	濕處理端	120–180	合成氣、生物炭、生物燃料、建材、吸附劑
羊皮層殼	乾處理端	60–65	建材、板材、生物炭
銀皮	烘焙端	40–45	抗氧化劑、膳食纖維、飼料、營養補充劑
廢水	濕處理端	40–45m ³	醱酵產生氫氣、沼氣、有機肥

(Tsigkou *et al.*, 2025)

這樣的系統不僅有助於實現「零廢棄、資源最大化」的永續目標，也有助於推動聯合國永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs)，特別是第7項「潔淨能源」、第12項「責任消費與生產」、第13項「氣候行動」等。雖已有大量實驗室及小型示範場域證實咖啡副產物具備高價值轉化潛力，但目前仍缺乏大規模實務應用、明確法規架構與產業誘因。特別是在開發中國家，技術轉移與基礎設施不足，使得資源化應用受限。未來，推動公私協力、技術在地化與跨產業整合，將是實現咖啡價值鏈循環化的關鍵。若能建立標準化流程與可商業化模式，咖啡副產物將不再是環境負擔，而是驅動下一波永續創新的綠色契機。



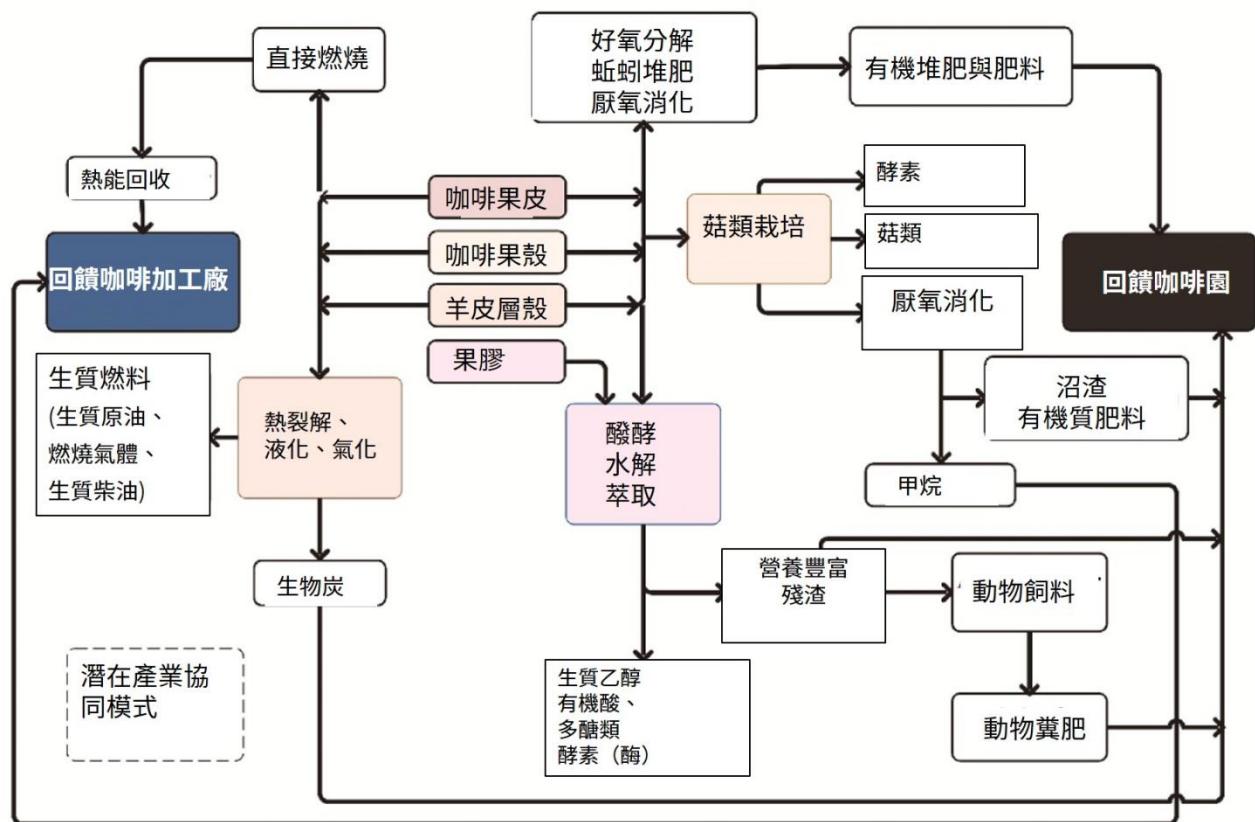


圖2、咖啡副產物的循環經濟與生物煉製系統

(Tsigkou *et al.*, 2025)

資料來源：Tsigkou, K., Demissie, B. A., Hashim, S., Ghofrani-Isfahani, P., Thomas, R., Mapinga, K. F., Kassahun, S. K., and Angelidaki, I. 2025. Coffee processing waste: Unlocking opportunities for sustainable development. Renew. Sustain. Energy Rev. 210, 115263.



人工智慧（AI）在耐候性作物育種之應用

摘譯/作物改良科 胡智益

（電話：03-4822059轉531）

人工智慧（Artificial Intelligence, AI）為利用電腦科學、數學及統計建模等技術，模擬人類智慧以解決問題與進行決策。在作物育種領域中，AI 可將有關作物與氣候環境的大數據加以系統化，並轉化為育種決策依據。透過串連高通量基因體學與表型體學資料，經由模型訓練，AI 能夠利用全基因體資訊預測作物表型，從而大幅加速優良品種的選育進程。

一、AI 在高通量表型體學中之應用

1. 非破壞性表型監測：結合無人機、光譜分析與 AI 影像處理技術，可有效提升作物表型監測的效率與準確性。
2. 生長預測與性狀評估：利用機器學習模型對作物生長狀態及性狀進行預測與評估，提供客觀且精確的數據支持。
3. 自動化數據分析：透過自動化分析田間表型大數據，不僅可降低人工測量誤差，還能提高育種作業的精準度與效率。

二、AI 在基因體學中之應用

1. 大規模數據處理：AI 技術可處理基因體、轉錄體及蛋白質體等多層次大數據，從而提升基因功能的預測能力。
2. 基因功能解析：如 DeepBind、DeepSEA 等 AI 工具已應用於基因功能解析與基因調控區域的識別，促進了基因研究的深入發展。
3. 輔助育種策略：分析 SNP（單核苷酸變異多型性）、QTL（數量性狀位點）、GWAS（全基因體關聯分析）大數據，可輔助分子標誌育種（MAS）及基因體選拔（GS），加快選種進程。

三、AI 在環境型分析（Envirotyping）中之應用

1. 建立 GxE 模型：AI 能協助建立基因型與環境因子（GxE）交互作用模型，精準預測作物在不同環境下的表現。
2. 環境建模與風險預測：結合氣象、土壤及作物栽培等大數據，進行環境建模與風險評估，從而提升作物對氣候變遷的適應能力。



綜上所述，AI在作物育種中的應用正迅速發展。透過機器學習、深度學習與電腦視覺等技術，AI不僅能加速基因解析與表型分析，還能強化環境適應性評估，有助於解決氣候變遷、糧食安全及育種效率低下等挑戰。

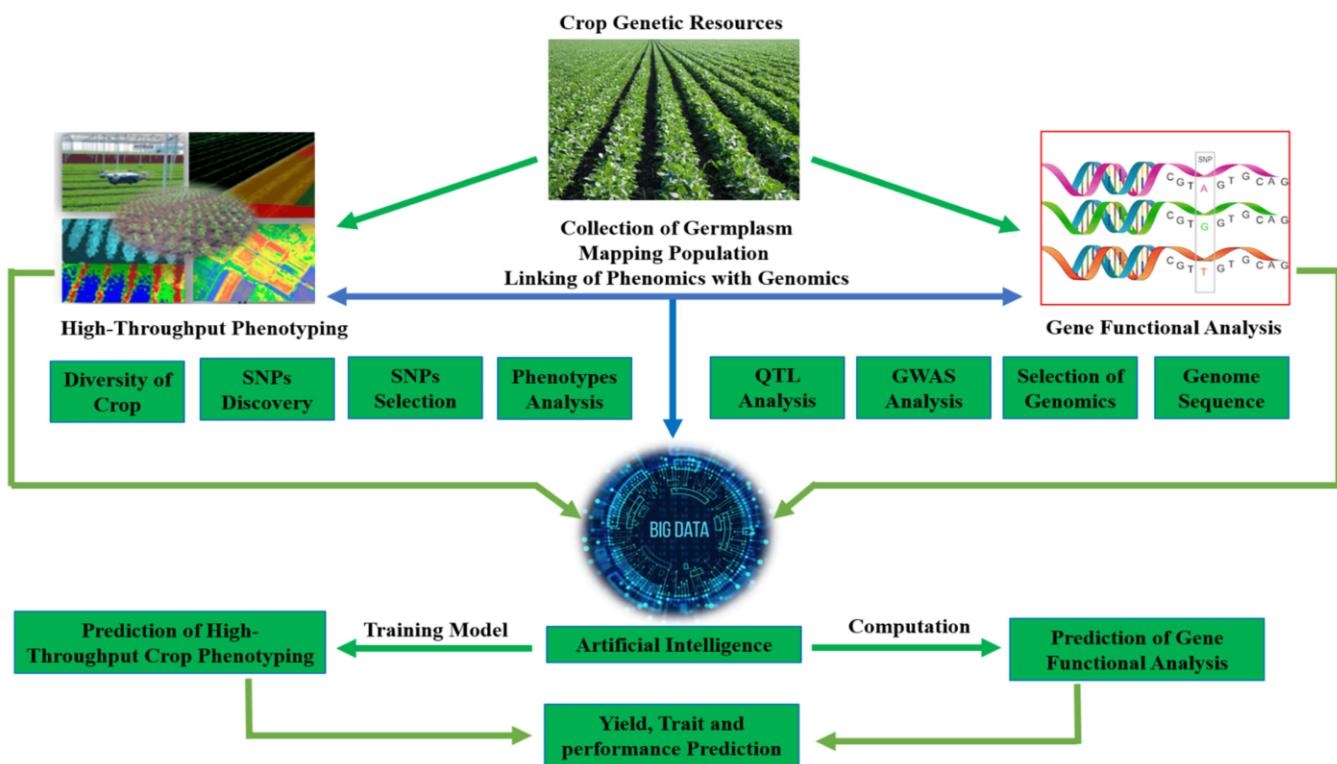


圖1、AI成為預測高通量作物表型和基因功能分析的有力工具

資料來源：Khan et al. 2022. Applications of Artificial Intelligence in Climate-Resilient Smart-Crop Breeding. *Int. J. Mol. Sci.* 23, 11156. (<https://doi.org/10.3390/ijms231911156>)



小心「終身優惠」有陷阱

業者宣稱提供的商品或服務有「終身」、「永久」或類似用語之優惠或內容，切勿輕易相信！

簽約時請注意：

1. 業者所提供的廣告都不能有「終身」、「永久」等用語或類似字樣；如發現業者有違規，請拒絕與之簽約。
2. 業者所提供的廣告都不能有「終身」、「永久」等用語或類似字樣；如發現業者有違規，請拒絕與之簽約。
3. 要評估萬一業者倒閉後的風險，再決定是否要簽約。

法規連結

行政院消費者保護處 廣告



茶及飲料作物專訊 第6期

發 行 人 : 蘇宗振

編 輯 委 員 : 邱垂豐、吳聲舜、史瓊月、林金池、
蔡憲宗、楊美珠、劉天麟

執 行 編 輯 : 賴正南

發 行 所 : 農 業 部 茶 及 飲 料 作 物 改 良 場

地 址 : 桃 園 市 楊 梅 區 埔 心 中 興 路 324 號

電 話 : (03) 482-2059

傳 真 : (03) 482-4790

本 場 網 址 : <https://www.tbrs.gov.tw>

GPN : 811300002

