

國產丹參生產體系優化與高值化機能性應用之鏈結

賴瑞聲^{(1)*} 杜元凱⁽²⁾ 何杏棻⁽³⁾ 丁楷儒⁽¹⁾

摘要

本研究旨在探討國產丹參 (*Salvia miltiorrhiza*) 在台灣的生產體系優化、成分開發與產業高值化策略。丹參為傳統活血化癥要藥，其活性成分包含脂溶性丹參酮類及水溶性丹參酚酸類，現代科學證實其在保護心血管、肝臟及調節血糖方面具顯著功效。雖面臨進口藥材價格波動與供應不穩，台灣自 2000 年引進種原後，已於花蓮、苗栗等地建立在地生產模式。隨著進口中藥材價格逐年攀升且品質不一，國產丹參之優勢在於新鮮、安全且可溯源，指標成分丹參酮 IIA 含量可達 0.3% 以上，遠優於藥典標準；透過產銷履歷與電熱乾燥技術，能有效保留最佳品質。在活性成分開發與驗證方面，研究團隊針對不同層析分離物進行癌細胞抑制試驗，結果顯示丹參萃取物對 A549 肺癌及 TOV-21G 卵巢癌細胞株具顯著毒殺作用，且此活性與雙氫丹參酮、丹參酮等化合物含量高度相關。為突破單一成分研究的局限，進一步進行多變數複迴歸分析，透過 HPLC 圖譜定義自變數，成功篩選出與還原能力相關的 6 個特徵峰及與細胞毒殺相關的關鍵成分，印證了丹參酮 IIA 的核心貢獻，同時發掘出具開發潛力的未知活性峰，凸顯「全成分萃取」與多成分協同貢獻之重要性。生產端則透過優良品系選育、育苗體系媒合及種植期調整以避開夏季高溫多濕逆境，未來可強化采收及清洗機具開發及有益微生物應用以降低生產成本，並結合國內農民團體品牌及生技業者契作體系，將國產丹參由傳統農產轉型為高經濟價值之機能性生藥產業。

關鍵詞：丹參、丹參酮 IIA、丹參酚酸 B、抗氧化力、化學計量學

(1) 農業部苗栗區農業改良場

(2) 農業部農業試驗所

(3) 中台科技大學

*通訊作者 (larry@mdares.gov.tw)

前言

丹參藥材本品為唇形科植物丹參 (*Salvia miltiorrhiza*)、南丹參 (*S. bowleyana*) 及甘西鼠尾 (*S. przewalskii*) 的根及根狀莖，主要產地為中國江蘇、安徽、河北、四川等地，經過洗淨與曬乾即可使用，一般服用多為生用或酒炙後服用，主要功效為祛瘀止痛、活血調經、養心除煩。台灣引進種植與流通之物種以丹參 (*S. miltiorrhiza*) 為主，其特徵為紅色肉質根、羽狀複葉及紫藍色花。丹參脂溶性成分以丹參酮類化合物為主，具有抗菌、抗發炎及心血管保護之功能。水溶性成分以丹參酚酸類為主，具有抗氧化、清除自由基、抗凝血、抗心肌缺血等作用，能減輕心腦組織之缺血傷害。

丹參為神農本草經上品藥材，但在台灣使用量並不多，西元 2006 年~2010 年期間每年進口量約 126~200 公噸之間，價格約在 NT\$25-34 元之間，主要進口來源為中國大陸，2011 年~2022 年期間進口量維持在 100~180 公噸區間，每公斤單價則由 50 元持續上漲至 108 元 (圖 1)，可見中藥材持續上漲仍是未來趨勢，我國也在 2019 年通過「中醫藥發展法」，立法重點之一為發展國內藥用植物種植，針對種植藥用植物應給與獎勵或補助；加上新冠疫情期間清冠一號需求以及中藥材缺貨，衛福部中醫藥司除了積極尋求從東南亞發展中藥材替代供應源外，台灣自行生產中藥材仍是規劃方向，以健全供應體系。有關丹參作為食材利用方面，衛福部認定丹參為「可供食品使用原料」，可食用部位為根、莖，惟不得單一材料使用，而「葉」與「花」尚存適法性與安全性疑慮，不宜作為產品開發。

台灣在 2000 年即開始由國外引進中藥草種原，依據台灣氣候及土壤環境進行篩選試種，丹參就是可在台灣順利種植的中藥草之一。丹參對氣候適應性強，喜陽光及暖濕環境，耐寒但不耐旱。其根部深達 30 公分以上，最適宜在土層深厚、排水良好的砂質壤土栽培。中國大陸栽培丹參常用播種育苗、扦插繁殖及分根繁殖等方式，一般在當年 2~3 月，或在前年 10~11 月種植，春、秋二季採挖 (以秋季收穫居多)，經過洗淨與曬乾即可使用，冬季種植比春季種植產量更高。丹參引入台灣種植後，目前主要栽種在花蓮縣為主，栽培面積約 10~20 公頃，苗栗縣則於 2021 年開始試種，並列入綠色環境給付獎勵自選作物品項。因台灣氣候在夏季會有高溫多濕的栽培逆境，不適合藥用草本植物週年栽培或多年栽培，則須依當地土壤及水分條件，調整種植及採收適期。

整體來說，國產丹參的生產成本較高，短時間難以跟進口藥材競爭，但發展優勢在於具有獨特顏色與風味，且機能成分明確，除了傳統藥用外，具備開發為多元保健食品的潛力。在台灣可以生產可溯源高品質原料，透過天然萃取技術取代單一化學成分，強化農民組織與生技公司的合作，推動國產丹參轉型為高經濟價值之機能性產品，也可作為國產藥材放大生產的基礎。

丹參多重生物活性與臨床應用研究概述

丹參作為傳統中醫活血化瘀的要藥，近代科學研究已證實其在心血管、肝臟及代謝性疾病中具有顯著的防護價值。其活性成分主要分為脂溶性的丹參酮類 (Tanshinones) 與水溶性的丹參酚酸類 (Salvianolic acids)，此外，丹參多醣亦被發現在免疫調節與保肝方面扮演重要角色 (表 1)。

一、肝臟保護與抗纖維化作用

丹參在處理各類肝損傷 (物理性、化學性及免疫性) 展現了良好的防護能力。在膽道阻塞誘導的肝纖維化模式中，丹參熱水萃取物能顯著降低血清肝指標 (ALT、AST、ALP)，並抑制肝星狀細胞的活化，進而減少膠原蛋白沉積與脂質過氧化 (Nan *et al.*, 2001)。此外，針對黃麴毒素 B1 引起的肝損害，丹參多醣可透過活化 Nrf2/HO-1 路徑，增強抗氧化酶活性並抑制細胞凋亡路徑 (Zhang *et al.*, 2024)。針對化學性 (CCl₄) 與免疫性 (BCG+LPS) 肝損傷，研究顯示丹參成分能抑制庫普弗細胞 (Kupffer cells) 中的 p38 和 NFκB 訊號傳遞，有效降低促發炎細胞因子 (TNF-α、IL-1β、IL-6) 的水平，減輕炎症反應與組織病理變化 (Song *et al.*, 2008; Yue *et al.*, 2014; Han *et al.*, 2019)。而在現代盛行的非酒精性脂肪肝 (NAFLD) 方面，丹參則透過調節脂質代謝標靶 (如 SREBP-1c、PPARs)，恢復肝臟代謝穩定 (Liu *et al.*, 2022)。

二、對糖尿病及其併發症之調節機制

丹參在糖尿病防治中具有「多標靶」特徵。臨床前研究指出，丹酚酸 B 能顯著降低第二型糖尿病大鼠的血糖、胰島素與低密度脂蛋白 (LDL)，並透過提升肝醣合成與抗氧化能力來改善胰島素阻抗 (Huang *et al.*, 2015)。綜合性綜述也指出，丹參及其成分涉及 Wnt/β-catenin、AMPK 等多條訊息通路，能防治糖尿病引起的大血管與微血管併發症 (Jia *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2024)。針對糖尿病腎病變 (DN)，透過網路藥理學分析發現，丹參中的活性成分能與 AKT1、VEGFA 等關鍵標靶穩定結合，進而調節氧化壓力與發炎反應，為臨床治療提供科學證據 (Zhang *et al.*, 2021)。

三、血壓調節與血管重塑改善

丹參在心血管系統的保護作用不僅限於抗血栓，更在降血壓與抑制血管重塑方面有明確證據。研究發現，由丹參素 (DSS)、丹酚酸 A/B 及原兒茶醛組成的複方製劑 (SABP)，其降壓效果優於丹參凍乾粉。其機制在於透過 ROS/TLR4/NF-κB 路徑抑制血管外膜的氧化壓力與發炎，並藉由 TGFβ/Smad3 路徑抑制纖維母細胞轉化，進而改善血管壁增厚與重塑現象 (Wu *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2016)。此外，丹參成分也能調節 P-選擇素 (P-Selectin)，改善微循環，這對於重症急性胰臟炎或

其他微循環障礙引起的高血壓併發症具有治療潛力 (Liu *et al.*, 2026)。

四、台灣臨床應用趨勢

根據台灣全民健保資料庫的大數據分析，丹參在台灣最常用於治療婦科疾病 (如月經紊亂、更年期綜合症)，其次為心血管症狀，且女性使用率顯著高於男性 (Tseng *et al.*, 2021)。這顯示丹參「活血調經」的傳統功效在現代臨床中依然佔有核心地位。

丹參指標成分及活性成分開發

丹參傳統藥效為活血化癥，更有「一味丹參功同四物」之譽，近年來發現對冠心病、慢性肝炎等病具有良好的療效。從生藥機能開發角度分析，丹參的活性成分可歸納為兩大類別：(一) 脂溶性二萜醌類 (Abietane Diterpenoids)：包括丹參酮 I、IIA (Tanshinone IIA)、IIB、隱丹參酮 (Cryptotanshinone) 及雙氫丹參酮 (Dihydrotanshinone) 等，此類成分多具備強大的抗發炎與抗癌活性，且在藥材乾燥根部呈現顯著的紅褐色，為品質鑑定之重要物理特徵。依據台灣中藥典標準，丹參藥材之丹參酮 IIA 含量應高於 0.15%。(二) 水溶性酚酸類 (Phenolic Acids)：以丹參酚酸 B (Salvianolic acid B)、丹參素 (Tanshinol) 及迷迭香酸為主要組成，此類成分具備優異的抗氧化能力，對心肌保護與清除自由基有顯著貢獻。因此，萃取方式或食品加工溶劑直接決定了丹參成分的回收率與組成比例，舉例來說，丹參酮類化合物為脂溶性，在乙醇溶劑中呈現高回收率，這與傳統藥膳中添加酒精增進藥效的機制一致；而水萃取可獲得丹參酚酸 B 等成分，但完全無法回收脂溶性酮類化合物，丹參茶包之丹參酮溶出率較低。因次，針對產業應用，在加工製程應採用「全成分萃取 (Total Extraction)」策略。

本研究團隊以國產丹參為材料，進行粗萃取物及不同層析分離物 (圖 2) 之癌細胞抑制試驗及成分分析，丹參酮 IIA 等指標成分分析結果如表 2，萃取物 2 及 3 的丹參酚酸 B 含量高，萃取物 5 的雙氫丹參酮、丹參酮、丹參酮 I 及丹參酮 IIA 含量最高，進一步與癌細胞毒殺試驗結果 (圖 3) 進行比對時，發現丹參萃取物 4 及 5 對 A549 肺癌細胞株及 TOV-21G 卵巢癌細胞株有較顯著的細胞毒殺作用，推測其作用與丹參酚酸 B 含量無關，而是與雙氫丹參酮、丹參酮等化合物含量有關 (Chang *et al.*, 2013)，成分分析結果與生物活性評估結果能有所連結，對於保健植物研發及產品行銷更有說服力 (賴, 2016)。以單一成分 (single compound) 的進行生物活性研發及探討，是科學研究最常見的方式，舉例來說，丹參酮 IIA 對肺癌細胞株 A549 及卵巢癌細胞株 TOV21G 具有毒殺作用 (圖 4、圖 5)，其 IC₅₀ 分別為 2.7 及 2.75 μM (Chang *et al.*, 2015)，但此一研究模式對於不同成分之間相互影響，如加乘作用或功效抵減，則無法進行探討，利用多變數分析則是可能的研究途徑。研究團隊曾以 22 個品系共 171 株丹參的根為材料，經萃取後分別進行 HPLC 成分

分析、抗氧化能力分析、肺癌細胞株 A549 及卵巢癌細胞株 TOV21G 毒殺作用評估，經 HPLC 分析圖譜以 17 個 peak 定義為 17 個自變數（包含 5 個已知成分）（圖 6），抗氧化能力及癌細胞毒殺作用作為應變數，分別進行複迴歸（逐步迴歸）分析，經分析結果與 DPPH 清除能力相關有 4 個 peak ($R^2=0.65$)，與還原能力相關有 6 個 peak ($R^2=0.70$)，與 TOV21G 相關有 4 個 peak ($R^2=0.76$)，與 A549 細胞毒殺相關有 3 個 peak ($R^2=0.74$)（表 3），其中丹參酮 IIA 與 A549 及 TOV21G 細胞株毒殺作用都有相關，與先前的研究相印證，但仍有未知的 peak 值得進一步驗證開發 (Tu *et al.*, 2015)，多變數及複迴歸分析確實有助於未知成分的開發，並有機會凸顯農作物整體萃取成分貢獻。

國產丹參生產體系優化進展

國產丹參具有新鮮、安全、高品質的優勢，但生產成本較高則是相對劣勢，必須透過生產體系的優化尋求降低成本的可能，生產體系包括品種系選育、育苗體系建立與媒合、種植及採收期調整、機械採收及清洗 (賴，2023)，將目前推動情形說明如下（圖 7、圖 8）。

一、優良品種（系）選育：

透過優良單株篩選，種植 8 個月之單株鮮根可達到 550~800 公克產量，指標成分丹參酮 IIA 含量不僅符合台灣中藥典標準 (0.15%)，特定優良品系之丹參酮 IIA 含量可高於 0.3% 的優異水準。優良品系可利用組織培養或根段苗繁殖保留優良單株特性，也可將優良單株組合集中栽培作為優質種子的採種來源，如此都能穩定生產優質丹參材料。

二、育苗體系建立及產業媒合：

丹參可使用種子播種、枝條扦插、蘆頭或根段進行繁殖，台灣因作物栽培規模，常使用育苗後再定植於田間，採用種子繁殖及根段繁殖較為適合，目前已分別發展種子實生苗及無性繁殖根段苗系統，以風選排除發育不良之種子，提升萌芽率與幼苗健壯度。二者育苗所需時間皆約為 6 周，產銷班可依當期作種植數量及預訂定植日期，委託專業育苗場進行計畫性育苗。(林等人，2005)

三、種植及採收期調整：

丹參在台灣栽培最大限制條件是夏季多雨及土壤高溼（其他根用藥材也有類似趨勢），尤其在根部肥大期更為明顯，有時梅雨或西南氣流連續降雨，1~2 周無法排水就會造成 80% 以上產量損失；細根發育期則對降雨及土壤高溼耐受性較強。苗栗縣農地可概分為緩坡農地、水田平地及濱海沙質地，依水分灌溉、土壤排水條件，可考慮下列二種方案：(1) 梅雨期容易積水區域，如平地水田轉作丹參作物，

建議於 9 月可進行種植，在隔年 4 月底梅雨來臨前完成採收，合計生長期達 8 個月，在產量及品質都能有不錯表現，這也是在台灣發展根用藥材最適合的種植時期。

(2) 在濱海排水良好，且冬季水分灌溉不易區域，建議於 4 月份春雨期種植，可於當年 12 月採收，因排水良好及細根階段生長耐濕，不易受到高溫多溼危害。

四、機械清洗及採收：

勞動力缺口是產業規模化的最大阻礙，目前丹參為深根作物，且根部脆性高，以曳引機附掛不同類型甘藷採收犁都能減少 30% 以上勞力，但仍有根系斷裂耗損量大的問題，以挖土機採收最為完整，但效率較差而成本高，產業亟需開發專用的「附掛式震動採收機具」以降低斷根率，這樣的採收機預期也可延伸應用於其他根用藥材。另一瓶頸則是採收後之清洗，更需導入「自動化清洗機」以解決人工清洗的高成本瓶頸。

結論與建議

台灣目前種植之丹參基原以「北丹參 (*S. miltiorrhiza*)」為主，具備氣候及環境適應性，可以朝向「藥材」及「機能食材」之雙軌發展策略。相較於易受產地儲藏條件、長途運輸或燻硫處理影響活性的進口藥材，國產丹參在有機栽培驗證或產銷履歷驗證等可溯源生產體系下，不僅能嚴格控管重金屬與農藥殘留，更能透過穩定的電熱乾燥乾燥技術保留最高含量的二次代謝產物。國產丹參之指標成分丹參酮 IIA 含量可達藥典標準，國內也在丹參藥理或保健機能驗證獲得多項正面結果。在萃取技術與產品開發上，建議可針對不同產品機能保健需求發展萃取流程，充分發揮其脂溶性成分或是水溶性成分之生物活性。經由品質優勢與科學化開發，可建立國產丹參之高值化基礎能有效區隔低價進口貨源，由傳統農產轉型為具備高附加價值的機能性生藥產業，展現其取代單一化學成分、應用天然植物萃取物之巨大潛力。

推動國產丹參產業化之核心在於「生產端優化」與「應用端鏈結」的緊密結合。目前在苗栗地區曾建立「貓狸丹參」品牌示範模式，由苗栗區農業改良場、地方政府與農會三方協作，鏈結產銷班與生技藥廠建立穩定契作體系，確保原料溯源與品質一致性。現階段產品已涵蓋丹參鮮根、複方茶包、烘焙粥品應用及具備獨特風味的藥膳料理，未來應更積極開發高階萃取液與標準化調理包，吸引大型藥廠投入資源，共同提升國產中草藥之競爭力。然而，產業邁向全面自動化仍有待突破之處，特別是針對根用藥材之採收，亟需開發專用或附掛式自動採收機具以降低勞動力成本。此外，未來研究應導入有益微生物應用以提升丹參種苗對病害耐受性。透過技術研發與跨域行銷之雙向並進，國產丹參將能實現從產地到終端產品的全面價值升級，成為台灣機能性作物之典範。

參考文獻

- 林義恭、賴瑞聲、陳邦華。2005。丹參的種子發芽試驗及栽培條件。技術服務。
- 賴瑞聲。2016。成分分析及功效評估在保健植物研發之應用。苗栗區農業專訊，(4) 15-18。
- 賴瑞聲。(2023)。新興作物丹參在苗栗地區栽培體系建立。苗栗區農業專訊，(02) 1-4。
- Chang, C. C., Kuan, C. P., Lin, J. Y., Lai, J. S., and Ho, T. F. 2015. Tanshinone IIA facilitates TRAIL sensitization by up-regulating DR5 through the ROS-JNK-CHOP signaling axis in human ovarian carcinoma cell lines. *Chem. Res. Toxicol.* 28 (8): 1574-1583.
- Chang, C. C., Lai, J. S., Tsai, C. S., Ma, S. W., Lin, J. Y., Huang, L. R., ... and Ho, T. F. 2013. Proapoptotic and TRAIL-sensitizing constituents isolated from *Salvia miltiorrhiza* (Danshen). *J. Biosci. Bioeng.* 116 (4): 516-523.
- Han, C., Wei, Y., Wang, X., Ba, C., and Shi, W. 2019. Protective effect of *Salvia miltiorrhiza* polysaccharides on liver injury in chickens. *Poult. Sci.* 98 (9): 3496-3503.
- Huang, M., Wang, P., Xu, S., Xu, W., Xu, W., Chu, K., and Lu, J. 2015. Biological activities of salvianolic acid B from *Salvia miltiorrhiza* on type 2 diabetes induced by high-fat diet and streptozotocin. *Pharm. Biol.* 53 (7): 1058-1065.
- Jia, Q., Zhu, R., Tian, Y., Chen, B., Li, R., Li, L., ... and Zhang, D. 2019. *Salvia miltiorrhiza* in diabetes: A review of its pharmacology, phytochemistry, and safety. *Phytomedicine.* 58: 152871.
- Li, J., Liu, J., Shi, W., and Guo, J. 2024. Role and molecular mechanism of *Salvia miltiorrhiza* associated with chemical compounds in the treatment of diabetes mellitus and its complications: A review. *Medicine.* 103 (16): e37844.
- Lin, J. Y., Ke, Y. M., Lai, J. S., and Ho, T. F. 2015. Tanshinone IIA enhances the effects of TRAIL by downregulating survivin in human ovarian carcinoma cells. *Phytomedicine.* 22 (10): 929-938.
- Liu, J., Shi, Y., Peng, D., Wang, L., Yu, N., Wang, G., and Chen, W. 2022. *Salvia miltiorrhiza* bge. (danshen) in the treating non-alcoholic fatty liver disease based on the regulator of metabolic targets. *Front. Cardiovasc. Med.* 9: 842980.
- Liu, Y., Ao, X., Hao, W., Wang, H., Li, L., Wang, S., ... and Li, Z. 2026. Research Progress on *Salvia miltiorrhiza* Bioactive Components Regulating P-Selectin for Microcirculatory Improvement: Potential Implications in Acute Pancreatitis. *Mediat. Inflamm.* 1: 4925035.
- Nan, J. X., Park, E. J., Kang, H. C., Park, P. H., Kim, J. Y., and Sohn, D. H. 2001. Anti-fibrotic effects of a hot-water extract from *Salvia miltiorrhiza* roots on liver fibrosis induced by biliary obstruction in rats. *J. Pharm. Pharmacol.* 53 (2): 197-204.
- Ren, J., Fu, L., Nile, S. H., Zhang, J., and Kai, G. 2019. *Salvia miltiorrhiza* in treating cardiovascular diseases: a review on its pharmacological and clinical applications. *Front. Pharmacol.* 10: 753.
- Song, Y. H., Liu, Q., Lv, Z. P., Chen, Y. Y., Zhou, Y. C., and Sun, X. G. 2008. Protection of a polysaccharide from *Salvia miltiorrhiza*, a Chinese medicinal herb, against immunological liver injury in mice. *Int. J. Biol. Macromol.* 43 (2): 170-175.

- Tseng, Y. J., Hung, Y. C., Kuo, C. E., Chung, C. J., Hsu, C. Y., Muo, C. H., ... and Hu, W. L. 2021. Prescription of radix *Salvia miltiorrhiza* in Taiwan: a Population-Based study using the national health insurance research database. *Front. Pharmacol.* 12: 719519.
- Tu, Y. K., Lai, J. S., Kuo, B. J., Jian, R. H., and Ho, T. F. 2021. Determining the effective compounds of *Salvia miltiorrhiza* through chromatographic fingerprinting coupled with chemometrics. *Adv Med Plant Res.* 9 (3): 45-58.
- Wu, R., Zhou, Y., Xu, H., Zhao, W., Zhou, L., Zhao, Y., ... and An, S. 2023. Aqueous extract of *Salvia miltiorrhiza* Bunge reduces blood pressure through inhibiting oxidative stress, inflammation and fibrosis of adventitia in primary hypertension. *Front. Pharmacol.* 14: 1093669.
- Yue, S., Hu, B., Wang, Z., Yue, Z., Wang, F., Zhao, Y., ... and Shen, M. 2014. *Salvia miltiorrhiza* compounds protect the liver from acute injury by regulation of p38 and NFκB signaling in Kupffer cells. *Pharm. Biol.* 52 (10): 1278-1285.
- Zhang, J., An, S. J., Fu, J. Q., Liu, P., Shao, T. M., Li, M., ... and Chai, X. Q. 2016. Mixed aqueous extract of *Salvia miltiorrhiza* reduces blood pressure through inhibition of vascular remodelling and oxidative stress in spontaneously hypertensive rats. *Cell. Physiol. Biochem.* 40 (1-2): 347-360.
- Zhang, L., Han, L., Wang, X., Wei, Y., Zheng, J., Zhao, L., and Tong, X. 2021. Exploring the mechanisms underlying the therapeutic effect of *Salvia miltiorrhiza* in diabetic nephropathy using network pharmacology and molecular docking. *Biosci. Rep.* 41 (6): BSR20203520.
- Zhang, L., Liu, Y., Zhang, Q., Yao, W., Zhao, Z., Wang, X., ... and Shi, W. 2024. *Salvia miltiorrhiza* polysaccharide mitigates AFB1-induced liver injury in rabbits. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 276: 116344.

表 1、丹參機能保健驗證及其可能活性成分。

保健功效類別	驗證模式	可能功效成分	參考文獻
肝臟保護 (抗纖維化/保肝)	動物 (大鼠、兔、雞)、細胞	丹參熱水萃取物、丹參多醣、丹參酮類、丹酚酸 B	Nan <i>et al.</i> (2001) ; Zhang <i>et al.</i> (2024) ; Yue <i>et al.</i> (2014) ; Han <i>et al.</i> (2019)
免疫性肝損傷調節	動物 (小鼠)	丹參多醣	Song <i>et al.</i> (2008)
調節血糖 (糖尿病及其併發症)	動物 (大鼠)、網絡藥理學分析、臨床回顧	丹酚酸 B、丹參酮 IIA、二萜類	Huang <i>et al.</i> (2015) ; Jia <i>et al.</i> (2019) ; Zhang <i>et al.</i> (2021)
調節血壓 (抗高血壓)	動物 (SHR 自發性高血壓大鼠)	水溶性成分複方	Wu <i>et al.</i> (2023) ; Zhang <i>et al.</i> (2016)
改善微循環 (急性胰臟炎/NAFLD)	動物模型、臨床文獻綜述	丹參酮類、丹酚酸類	Liu <i>et al.</i> (2026) ; Liu <i>et al.</i> (2022)
心血管保護 (抗動脈硬化/內皮保護)	體內/體外研究、臨床回顧	丹參酮 IIA、丹酚酸酯、丹參酮 IIA 磺酸鈉	Ren <i>et al.</i> (2019)
婦科調理 (月經/更年期)	臨床大數據分析 (人體)	丹參中藥配方 (如加味逍遙散併用)	Tseng <i>et al.</i> (2021)

表 2、丹參萃取分離物之指標成分分析。

萃取物 分群	回收重量	雙氫丹參酮 (mg/g)	隱丹參酮 (mg/g)	丹參酮 I (mg/g)	丹參酮 IIA (mg/g)	丹參酚酸 B (mg/g)
1	2.76g	0	0	0	0	22.92
2	0.59g	0	0	0	0	234.06
3	2.59g	0	0	0	0	298.09
4	0.48g	0.13	0	0	0	91.39
5	1.95g	10.14	39.83	6.29	2.54	5.52

表 3、使用 172 丹參萃取物樣本的 4 種生物活性資料作為反應變數的複迴歸模型。

生物活性	回歸模型	p-value	adj-R ²
DPPH scavenging	$Y1=0.68G^{***}+0.24B^{***}+0.14E^{*}-0.13M^{*}$	< 0.001	0.652
Reduction of K ₃ [Fe (CN) ₆]	$Y2=0.38D^{***}+0.28B^{***}+0.24G^{**}+0.21N^{**}$ $+0.18H^{**}-0.42K^{***}$	< 0.001	0.696
Cytotoxicity effect (TOV-21G)	$Y3=0.95P^{***}+0.18B^{***}+0.15C^{**}-0.34D^{***}$	< 0.001	0.758
Cytotoxicity effect (A549)	$Y4=0.51K^{*}+0.20P^{***}+0.19J^{*}$	< 0.001	0.741

D：丹參酚酸B，J：雙氫丹參酮，M：隱丹參酮，N：丹參酮I，P：丹參酮IIA。+：對模型平均反應有正向影響，-：對模型平均反應有負向影響。預測變項的顯著水準；*：p<0.05，**：p<0.01，***：p<0.001。

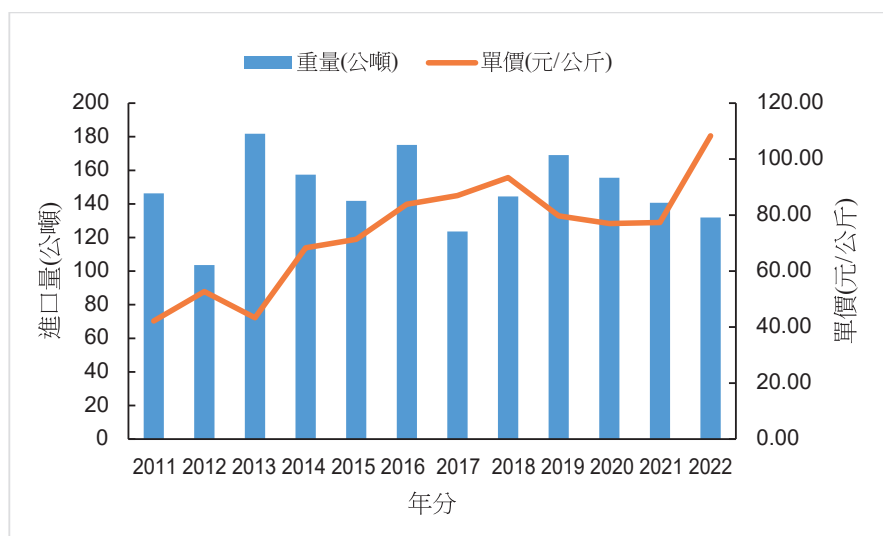


圖 1、近年丹參進口數量及單價。

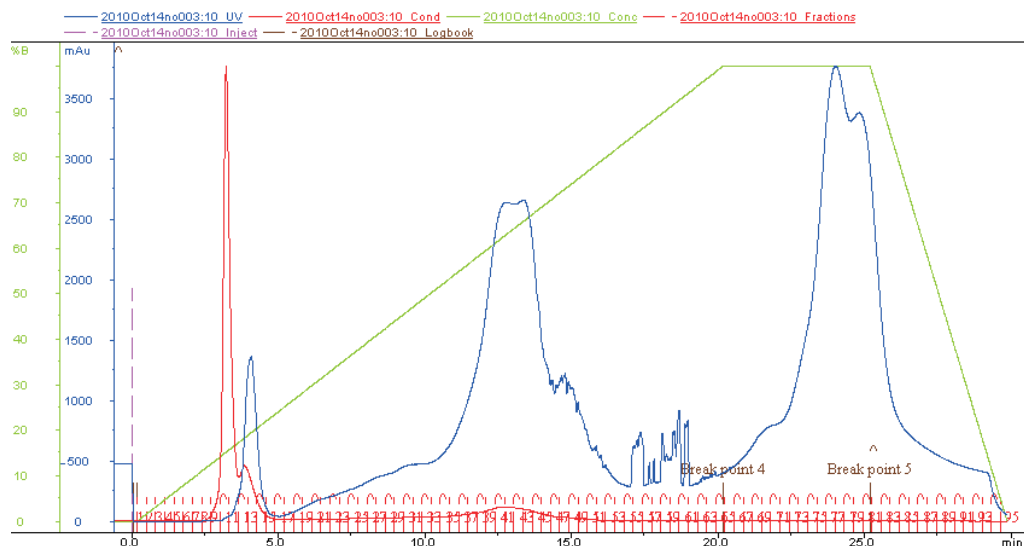


圖 2、丹參之甲醇萃取物以甲醇 20%→100%層析劃分，依時間收集分為 5 群 (g1~g5)。

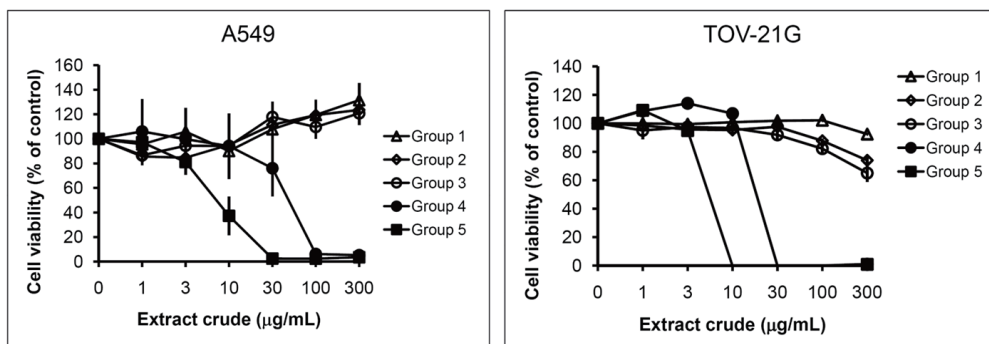


圖 3、丹參粗萃物 Group 1~5 對 A549 肺癌細胞株及 TOV-21G 卵巢癌細胞株的細胞毒殺作用。

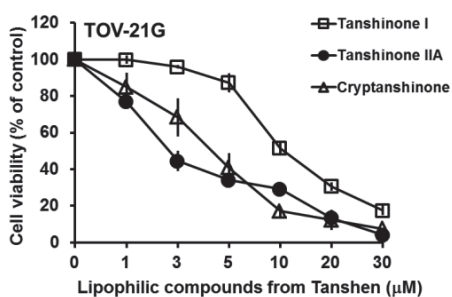


圖 4、單一成分丹參酮 I、丹參酮 IIA 及 隱丹參酮不同劑量對 TOV-21G 卵巢癌細胞株的細胞毒殺作用。

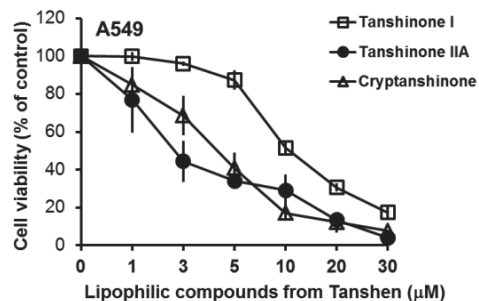


圖 5、單一成分丹參酮 I、丹參酮 IIA 及 隱丹參酮不同劑量對 A549 肺癌細胞株的細胞毒殺作用。

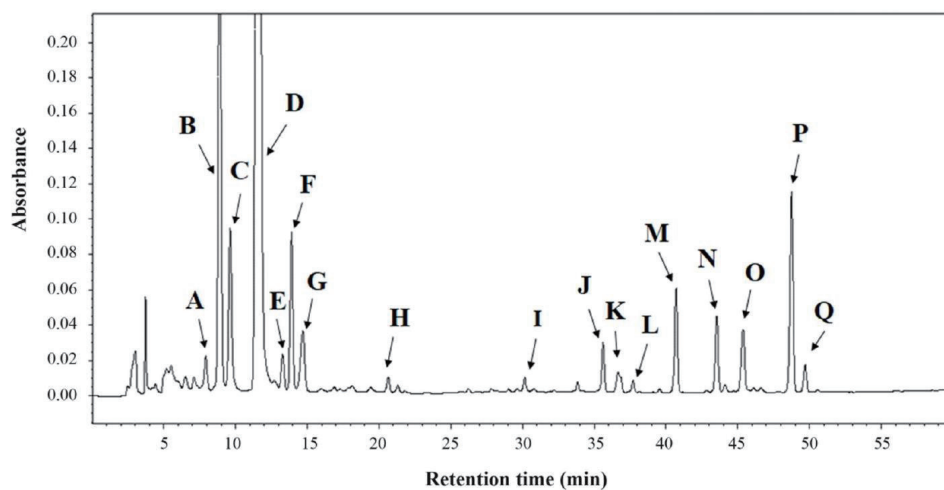


圖 6、丹參 (*Salvia miltiorrhiza* Bunge) 萃取物在 254nm 波長下的高效液相層析圖譜。波峰 A 至 Q 定義為進行多變數分析的 17 個成分。波峰 D、J、M、N、P 分別對應於丹酚酸 B (RT=11.51min)、雙氫丹參酮 (RT=35.62min)、隱丹參酮 (RT=40.71min)、丹參酮 I (RT=43.55min) 及丹參酮 IIA (RT=48.76min)。



圖 7、水田轉作丹參高畦栽培 (左)，調整定植期種植 8 個月已可生產高品質丹參。

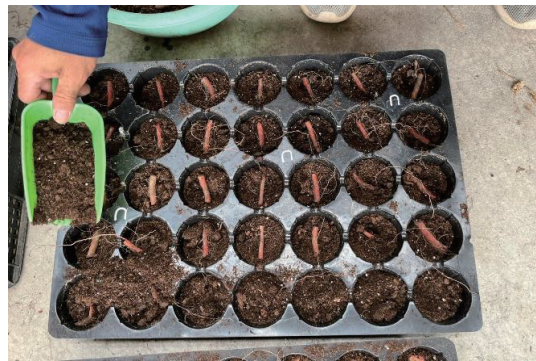
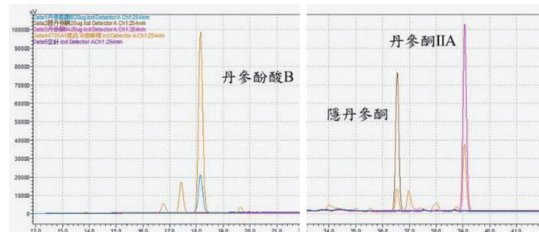


圖 8、國產丹參生產體系，包括優良單株選育、育苗體系（實生苗及根段苗）建立與媒合、種植及採收期調整、機械採收及清洗。

Optimization of the domestic *Salvia miltiorrhiza* production system and its application in high-value functional applications

Jui-Sheng Lai^{(1)*} Yuan-Kai Tu⁽²⁾ Tsing-Fen Ho⁽³⁾ Kai-Ru Ding⁽¹⁾

Abstract

This study aims to explore strategies for optimizing the production system, developing components, and increasing the industrial value of domestically produced *Salvia miltiorrhiza* in Taiwan. *S. miltiorrhiza* is a traditional Chinese medicine for promoting blood circulation and removing blood stasis. Its active ingredients include fat-soluble tanshinones and water-soluble salvianolic acids. Modern science has confirmed its significant efficacy in protecting the cardiovascular system, liver, and regulating blood sugar. Despite facing fluctuations in imported medicinal materials prices and unstable supply, Taiwan has established local production models in Hualien and Miaoli since introducing the seed stock in 2000. With the price of imported Chinese medicinal materials rising year by year and varying in quality, the advantages of domestically produced *S. miltiorrhiza* lie in its freshness, safety, and traceability. The content of the indicator component tanshinone IIA can reach over 0.3%, far exceeding the pharmacopoeia standard. Through production and sales traceability and electrothermal drying technology, optimal quality can be effectively preserved. In terms of active ingredient development and validation, the research team conducted cancer cell inhibition experiments on different chromatographic isolates. The results showed that the extract of *S. miltiorrhiza* had a significant cytotoxic effect on A549 lung cancer and TOV-21G ovarian cancer cell lines, and this activity was highly correlated with the content of compounds such as dihydrotanshinone and tanshinone. To overcome the limitations of single-component research, further multivariate regression analysis was conducted. By defining the independent variables through HPLC chromatograms, six characteristic peaks related to reducing ability and key components related to cytotoxicity were successfully screened, confirming the core contribution of tanshinone IIA. At the same time, unknown active peaks with development potential were discovered, highlighting the importance of "whole-component extraction" and the synergistic contribution of multiple components. On the production side, by selecting superior strains, matching



seedling systems, and adjusting the planting period to avoid the adverse conditions of high temperature and humidity in summer, future efforts can be made to strengthen the development of harvesting and cleaning equipment and the application of beneficial microorganisms to reduce production costs. In conjunction with domestic farmers' group brands and biotechnology contract farming systems, domestic *S. miltiorrhiza* can be transformed from a traditional agricultural product into a high-economic-value functional medicinal herb industry.

Keywords: *Salvia miltiorrhiza*, Tanshinone IIA, Salvianolic acid B, Antioxidant, Chemometric

-
- (1) Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Miaoli, Taiwan.
 - (2) Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan.
 - (3) Central Taiwan University of Science and Technology, Taichung, Taiwan.

*Corresponding author (larry@mdares.gov.tw)

