苗栗區農業專訊

第114期



專題 作物栽培與管理

農業部苗栗區農業改良場發行
中華民國 115 年 6 月出刊 ISSN：1561-2600
中華郵政苗栗雜字第 27 號登記證登記為雜誌交寄

苗栗區農業專訊

第 114 期 • 中華民國 115 年 6 月出刊



高接梨

目 錄

1	高接梨高溫逆境之管理實務	張雅玲
4	從風土適應到精準農業的臺灣綠金：番石榴	林孟均
7	從虎頭柑到南庄橙～客家酸柑茶的文化傳承與原生柑橘復育	任心怡
10	薑栽培管理與成分概述	丁昭伶
13	播種期及氮用量對釀酒高粱產量之影響	林家玉
16	特殊大豆品種的多元利用與加工	王志瑄
21	氣候變遷下的「大豆生機」：結合機器視覺與光譜分析的耐淹水智慧評估	朱玟霖

發　行　人 / 施佳宏
總　編　輯 / 盧美君
審　　訂 / 朱盛祺
編 輯 委 員 / 鍾國雄、劉建輝、朱盛祺、鐘珮哲
吳姿嫻、盧美君
執 行 編 輯 / 吳世垣

發　行　所 / 農業部苗栗區農業改良場
地　　址 / 363201 苗栗縣公館鄉館南村261號

電　　話 / (037) 222111
網　　址 / https：//www.mdares.gov.tw

本場單一窗口服務
電 子 郵 件 / mdares@mdares.gov.tw
農業諮詢服務 / (037) 236583
傳　　真 / (037) 221277 . 220651
展 售 書 局 / 國家書店 (02) 25180207
五南文化廣場 (04) 24378010

GPN：2008700208
ISSN：1561-2600

高接梨高溫逆境之管理實務

張雅玲（副研究員）

一、前言

梨 (*Pyrus pyrifolia*) 為薔薇科 (Rosaceae) 溫帶果樹，性喜冷涼氣候，適合栽培於高海拔山區。農友利用嫁接方式，將高海拔梨穗嫁接於低海拔橫山梨枝條上，使梨可於低海拔環境生長，故又稱高接梨。此種透過人為栽培技巧，不僅克服地域條件的限制，亦使得產期提前，因此臺灣有北半球最早採收的梨。

根據聯合國跨政府氣候變遷專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 第六次評估報告 (IPCC Sixth Assessment Report, AR6) 以及國家科學及技術委員會國家災害防救科技中心 (National Science and Technology Center for Disaster Reduction, NCDR) 的在地化分析，未來臺灣氣候將出現極端高溫日數增加、夏季時間拉長、冬季大幅縮短，高接梨產業勢將面臨高溫逆境之挑戰。

二、高溫逆境對果實及砧木之影響

當環境溫度超過高接梨適應範圍，果實生理障礙發生率隨之增加，也使得橫山梨母樹的樹勢衰弱，常見的高溫逆境表現包含：

1. 梨蜜症 (watercore)

梨蜜症的發生與山梨醇脫氫酶 (sorbitol dehydrogenase, SDH) 有關，山梨醇脫氫酶參與山梨醇代謝，調節果實中碳水化合物的運輸與積累，高溫會抑制果實內山梨醇脫氫酶的活性，導致光合產物（山梨醇）無法轉化為果糖，而堆積在細胞間隙，產生滲透壓而吸收水分，形成水浸狀組織（圖一）。



圖一、梨蜜症為高接梨於高溫逆境常見的果實生理障礙。

高溫乾旱及果實鈣質不足容易誘使梨蜜症發生。高溫久旱後降雨，土壤水分突然增加，樹體迅速吸收大量水分運往果實。此時，由於細胞間隙充滿山梨醇，水分會受滲透壓吸引，優先灌入這些間隙中，而非進入細胞內部。此外，當果肉含鈣量低又遭逢高溫逆境，細胞膜更容易發生滲漏，加速山梨醇進入細胞間隙，加劇梨蜜症的發生。

2. 木栓化 (cork spot)

營養元素中鈣及硼與細胞壁的強韌度相關，鈣存在於細胞壁，維持細胞壁強度，硼則增加細胞壁對鈣的親和性。高溫下樹體蒸散作用旺盛，樹體內之鈣與硼移動性差，無法有效分配至果實，果肉組織因缺鈣及硼而產生木栓化（圖二）。此外，在極端高溫逆境下，水分與鈣會優先運往蒸散旺盛的葉片而非果實，導致果實局部組織因缺鈣而壞死及硬化，形成木栓化區域。



圖二、高溫逆境容易引起高接梨木栓化。

3. 日燒 (sunscald)

果實日燒為外部生理障礙，高溫使得果實表面溫度達到 38-42°C 之間，熱能累積 (thermal stress) 與光氧化 (photo-oxidation) 雙重作用下導致果皮細胞死亡。日燒徵狀出現於果實向陽面，在光氧化過程中，強光產生的自由基破壞果皮葉綠素與類胡蘿蔔素，導致組織變色，產生黃褐色或銅色的斑塊 (sunburn browning)。日燒發生細胞未必立即死亡，外皮通常完整，沒有明顯凹陷，尤其早期發生時果實仍具水分，但甜度與風味已受到影響。

4. 砧木之樹勢失調

高溫除了影響果實正常生長，也對砧木樹體生長產生影響。當地溫超過 30°C，根系的生長會受到物理性抑制。主要因為植物荷爾蒙之細胞分裂素在根尖合成並向上運輸至枝條，當根系受損會導致枝條頂端優勢喪失、葉片早衰，進而造成整株樹勢失調。

夏季時樹體遭逢高溫逆境，葉片關閉氣孔以減少水分散失，進而影響光合作用。由於光合作用下降，使得養分製造減少，後續可回流樹體中保存量低，將導致果實生育不佳及花芽退化。另秋冬季樹體本該逐步進入休眠的芽體，如受到高溫及降雨刺激而提早萌發，將消耗砧木原本要留給隔年接穗開花萌芽的養分。

5. 果實熱傷害

根據凡特荷夫定律 (Van't Hoff Rule)，溫度每升高 10°C，植物的呼吸速率約增加 2-3 倍。高溫下採收的果實中累積極高的熱能，細胞壁降解酵素活性增加，導致果肉迅速軟化、失去脆度。高溫也使得果實劇烈消耗自身的養分，產生大量熱能與二氧化碳，導致果肉迅速褐化。高溫誘發的高呼吸率會加速耗盡細胞間隙的氧氣，導致蜜症組織快速進入無氧發酵，產生酒味與褐化。當果實帶有輕微梨蜜症，若在採收後仍處於高溫環境，果肉組織會因無氧呼吸加速發酵，由透明轉為褐色腐爛。

三、高溫逆境之果園管理實務

針對高接梨面對高溫傷害，可採取「降溫、遮蔽、增強樹勢」三大核心策略，果園管理實務包含：

1. 補充營養元素

高溫逆境易使果實缺乏鈣而產生生理障礙，缺鈣土壤每分地可施用石灰 150-200 公斤，有機質 600-1,000 公斤。花謝後小果期可採以葉面施肥，使用 400 倍硝酸鈣，至果實套袋為止。pH 值高之土壤硼容易被固定，每 3-4 年每分地土壤施用硼砂 0.5-1 公斤，花開後著小果期可葉面施肥，使用 1,200-1,500 倍硼酸，但硼過量施用會產生毒害反應，影響植株及果實生育，務必留意施用量。

小果期補充鈣、硼不僅強化幼果期的發育，更是預先建立防禦機制，降低後期因高溫導致木栓化發生的機率。採收後及時補給磷、鉀與微量元素，確保樹體養分回流，為明年的產量打下基礎。於9月秋根生長前使用硼、鈣、有機質肥料，並維持土壤濕度，以利樹體吸收養分及貯藏，供來年果實生長使用，施肥方式以土壤施肥為主，葉面施肥為輔。

2. 調節微氣候

採行草生栽培可調節果園微氣候，利用

草種蒸散作用與覆蓋地表，可降低地表溫度3-5°C，並有效穩定根圈水分，減少水分因陽光直射而散失，亦使得植株可穩定吸收水分，達到預防裂果與木栓化的效果。

除了草生栽培之外，利用氣象監測系統自動供給水分，當田間溫度高達35°C以上，或上午11點至下午2點高溫時段，自動啟動設備噴施霧化之水氣，以調整環境微氣候，可降低果實表面溫度約5°C，有效緩解日燒的發生。果實膨大期利用自動噴灌系統進行灌溉，避免土壤水分劇烈波動，為預防梨蜜症與裂果最有效的方法。

3. 栽培技術優化

盛夏高溫實務操作應採取「主動降溫」與「遮蔽」。適度疏除徒長枝可改善通風，但應保留足夠葉片遮蓋果實，建立天然遮蔭傘以防止日燒。此外，高接梨套袋具有避免果實遭受病蟲侵擾及轉色一致的優點，但套袋層數亦與溫度變化有關。環境高溫加上套袋密閉，使得袋內溫度高於環境溫度，兩者相差可達5°C以上。

根據本場研究結果顯示，套袋層數的多寡與袋內溫度高低有關，相較於2層袋內的溫度，4層袋內的溫度較低（圖三），果肉顏色較淡（圖四），果實成熟度速度略慢。故可利用套袋影響成熟度的特性，田間操作上採用兩種不同層數的套袋，套袋數少者先採，套袋數多者後採，即採收時先採收2層袋的果實，後採4層袋的果實，不僅可減少高溫對果實的傷害，亦可調解產期，降低採果的時間壓力。



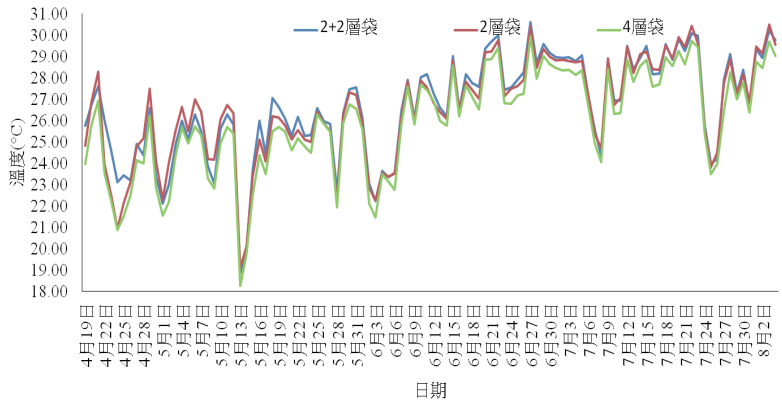
圖四、不同套袋層數之高接梨果色表現。

4. 果實降溫處理

陽光直射下果實內部蓄積熱能，高溫使得果實產生呼吸作用，大量消耗糖分與水分，導致果實迅速軟化。採收果實後應將果籃移至通風良好的遮蔭處，避免陽光直射果實持續蓄熱。若要快速散熱，可將果實放置於10°C以下進行預冷(pre-cooling)，即利用冷空氣循環迅速帶走果實內部的田間熱，抑制呼吸速率以確保櫥架壽命與品質。

四、結語

高溫逆境已在高接梨栽培過程中頻繁發生，對於樹體及果實皆會產生多種負面影響，甚至影響隔年開花及著果，進而不利果實的生產，栽培者若輕忽而無作為，將帶來可觀的經濟損失。所謂天助自助者，面臨不確定性的天災，栽培者務必掌握各個生育階段可使用的防災技巧，並適時導入防範措施降低受害程度，穩定果實生育及生產，才能使得高接梨產業永續發展。



圖三、不同套袋層數內溫度變化(2024年)。

從風土適應到精準農業的臺灣綠金：番石榴

林孟均（副研究員）

一、簡介

番石榴 (*Psidium guajava* L.)，為桃金孃科 (Myrtaceae) 番石榴屬 (*Psidium*) 的常綠灌木。番石榴原產於中南美洲熱帶地區，推估數百年前於荷治時期或明鄭時期引入臺灣，最早的記錄是清朝高拱乾《臺灣府志》一書記載，因由外洋 (番) 引入，切開後果實內部如同石榴一樣多籽，因此稱之為「番石榴」，又俗稱「芭樂」、「拔仔」或「那拔仔」。番石榴具良好的風土適應力及旺盛的根系發展，對土壤酸鹼值與貧瘠度容忍度高，具備耐旱及耐熱的生理特性，因此即便是泥岩惡地仍可發展為主要產區，並普遍以野生或半野生的狀態生長。從營養學的角度來看，番石榴富含維生素 C，約為奇異果的 2 倍及蘋果的 40 倍，並蘊含豐富的膳食纖維、類黃酮及多酚類化合物，是現代預防醫學中，營養密度較高的關鍵食材，也是近年來番石榴逐漸竄紅的主要原因。



珍珠拔為現行栽培最多的番石榴品種。

二、產業現況

番石榴為臺灣的代表性國民水果之一，根據 113 年農業年報統計，全臺生產面積高達 8,000 公頃以上，主要產區集中在高雄、彰化、臺南及屏東，佔總產量八成以上，近年來由於市場價格及氣候影響，生產面積以年約 2% 的速度成長，並有中北部產區漸增的趨勢。苗栗的主要栽培地區分布在苑裡鎮及卓蘭鎮等地，多以友善栽培或特殊品種等發展特色農作，例如：石虎農作芭樂及夏威夷紅芭樂等，廣受消費者青睞，而臺灣番石榴產業能穩定持續成長有幾項重要的關鍵因素，包括：



透過修剪可調控番石榴開花及結果時間。

1. 借力使力的風土適應性

臺灣的番石榴最大產區為高雄燕巢，當地特色的泥火山岩漿土所形成「泥岩惡地」富含鎂、鈣等微量礦物質，土質黏稠、透水性差、鹽分高，多數作物無法在此地質環境生長，在這種條件下，農民善用了番石榴的環境適應力，透過打造排水排氣系統及嫁接強化適應力等方式，成功地讓番石榴落地生根，並藉此逆

境讓養分高度蓄積於果實中，造就了燕巢番石榴爽口的脆度與糖酸比等特殊風味。

2. 產期調節達到全年生產

果樹多有大小年或集中的盛產期，容易導致價格崩盤。雖然番石榴主要產季為每年 6-8 月及 10 月至隔年 1 月，但番石榴具有「新梢開花」的特性，因此透過修剪、摘心、疏花果與肥培管理等技術，調整植株新芽及花苞發育時間，再配合水分與氮磷鉀肥控制，可計畫性調整各產區的番石榴產量，搭配集團產區及外銷契作收購，達成產期調節及全年穩定供果的目標。

3. 冷鏈與檢疫出口技術驅動產業前進

在逐年增加的番石榴生產趨勢下，為避免供銷失衡，拓展外銷市場有其必要性。番石榴屬於低溫敏感的熱帶果樹，外銷貨櫃的低溫儲藏，容易產生寒害徒增損耗，且國際上有嚴格的果實蠅檢疫門檻。近年來，臺灣透過低溫殺蟲、蒸熱或輻射檢疫處理，成功達到符合出口國檢疫條件。同時透過低溫預冷、氣調 (controlled atmosphere) 或氣變 (modified atmosphere) 包裝等冷鏈技術，成功讓臺灣番石榴順利度過 2-4 週海運送達美加與中東等區域的高端超市，為番石榴產業外銷市場打下指標性的意義。

三、常見品（系）種

臺灣番石榴的品 (系) 種演進，深刻反映了消費者飲食偏好的變遷，可將其分為三大核心種類：

1. 鮮食番石榴

常見的鮮食品 (系) 種多屬於非更年型的果實，對於乙烯不敏感，不易軟熟，具有較長之儲架壽命，包括珍珠、帝王、水晶及珍翠等。珍珠番石榴 (珍珠拔) 具有高產、抗病與高脆度特性，甜度可達 10-15 度，為市佔率達九成的主要商業種。其次為農業試驗所育成之番石榴台農 1 號一帝王拔，是珍珠拔的雜交後代，具有更勝於珍珠拔的耐儲運性與大果特性，果肉厚實、口感更清脆，為臺灣外銷市場的主力品種。水晶番石榴為泰國番石榴變異而來，其種子退化，栽培難度高、產量略低，但其獨特的扁圓外觀與爽脆口感，亦獲取不少的消費者支持。番石榴高雄 2 號一珍翠為高雄區農業改良場近年來育成之新品種，由印尼紅肉種番石榴開放授粉單株選拔而來，因夏季果品質穩定且甜度高，符合國人對番石榴的食味期待，近年來逐漸受到矚目，是不容小覷的後起之秀。

2. 機能性番石榴

紅肉番石榴主要包括彩虹、紅鑽及紅寶石等，這類的品 (系) 種因果肉累積較高的茄紅素（lycopene）與 β - 胡蘿蔔素而呈現珊瑚紅或深粉色，比白肉品 (系) 種有更為濃郁的香氣，由於其具有較高的機能性成分，部分果實完熟後口感由脆轉為軟糯，粗纖維含量卻仍占全果 30% 以上，可做為銀髮膳食纖維補充品，同時也是注重養生保健的消費者在抗氧化保健考量下的食療擇選。

3. 加工用番石榴

常見的加工品 (系) 種多屬於更年型果實，對乙烯敏感，具有明顯呼吸高峰，可透過後熟累積香氣，最為人所熟知的品系為中山月拔，即常見的一種「土芭樂」，其鮮食口感雖不如珍珠芭樂，但當其果皮轉黃熟透時，會釋放出濃郁的香氣，成為各大飲料店「芭樂檸檬」飲品或市售「芭樂汁」背後不可或缺的靈魂風味。

四、多元應用發展



番石榴目前正朝向全株利用的生物經濟發展模式。

現代農業的獲利模式已從「賣鮮果」逐步走向「全株利用」的生物經濟（Bioeconomy）模式。番石榴正是具潛力的素材，目前的開發的部位區分如下：

1. 番石榴葉

在果園管理中，農友經常需要修剪掉大量的枝葉，過去這些都被視為農業廢棄物。然而，科學研究證實，番石榴葉中蘊藏著許多的機能性成分，包括花青素 (anthocyanin)、槲皮素 (quercetin)、兒茶素 (catechin)、鞣花酸 (ellagic acid) 及沒食子酸 (gallic acid) 等酚類物質。人體試驗證實番石榴葉萃取物具有控制空腹血糖水平之效果，並能抑制 α - 葡萄糖酶 (α -glucosidase) 的活性，減緩澱粉分解成糖分的速度，進而減緩餐後血糖的急遽上升。目前已有相關生技廠商開發番石榴心葉茶包，或完成萃取物之純化，開發成具備健康食品認證的保健產品，瞄準全球龐大的代謝症候群與糖尿病前期市場。

2. 果實萃取

番石榴果實富含高濃度維生素 C 與類黃酮，是天然的抗氧化劑，研究指出，番石榴萃取物能有效清除自由基，並具有抑制酪氨酸酶 (tyrosinase) 活性的潛力，這意味著它能應用於美白與抗老的保養品中。此外，番石榴精華亦為天然的防腐與抗氧化劑，具有取代化學合成的食品添加物潛力，符合現今潔淨標章 (clean label) 的食品產業趨勢。

3. 種子與果渣

榨汁或加工後留下的種子與果肉殘渣，佔果實總重的 30%，其中種子約佔 6%。研究指出芭樂種子富含油酸 (oleic acids)、亞麻油酸 (linoleic acids) 及 α - 亞麻油酸 (α -linolenic acids) 等不飽和脂肪酸，透過冷壓萃取技術可提取番石榴籽油，質地輕盈且具保濕修護效果，為高階護膚品的新興原料。此外，果渣可磨製成高純度的機能性膳食纖維粉末，這種粉末吸水性佳，添加於烘焙食品或代餐包中，不僅增加飽足感，更解決農產廢棄物的處理難題。

五、結語

面對全球極端氣候的挑戰時，番石榴成為調適氣候韌性的潛力作物。番石榴產業的發展軌跡，從產期調節的精準化、品種的多元細分，到全株利用的生技加值，正是農產品走向高附加價值化的成功方程式。對於農業研究人員而言，面對極端氣候需透過技術克服環境限制，以提升農業韌性。對於廣大消費者而言，番石榴是上天賜予的健康饋贈。選購本土番石榴或其機能性產品時，不僅是為自己的健康打基礎，更是以實際行動支持臺灣農業的永續發展與低碳生活。未來的農業，拼的不是勞力，是腦力與科技力，而臺灣的番石榴產業正邁向全新的生物經濟發展模式穩健前行中。

從虎頭柑到南庄橙—客家酸柑茶的文化傳承與原生柑橘復育

任心怡（助理研究員）

一、酸柑茶的起源與背景

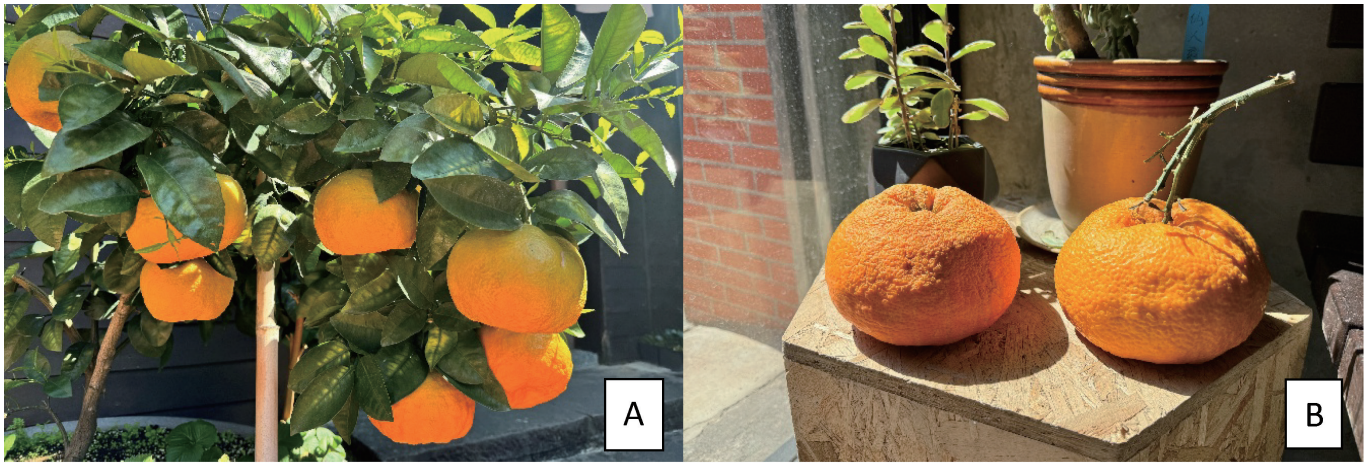
酸柑茶起源於桃竹苗一帶的客家丘陵地區，居民於年節祭祀時常選用外型碩大、色澤紅橙飽滿的虎頭柑（*Citrus aurantium* 'Hutou Gan'）作為供品，虎頭柑果肉酸，雖可沾鹽巴或醬油降低酸味，但因不是以鮮食為主的柑橘，先民為避免浪費，逐將虎頭柑加工製成兼具保存與食用價值的「酸柑茶」。最初僅是民間資源利用，將祭祀後的虎頭柑果肉挖空填入茶葉壓實，隨後懸掛於廚房灶頭上方，利用每日煮食的餘溫進行長期的緩慢乾燥與自然熟成，使果茶由酸澀轉為溫潤，成為居家養生飲品。日治時期隨著茶產業的發展，製茶過程產生的茶末與茶腳（碎茶）回填於虎頭柑中製作酸柑茶。透過反覆蒸製與日曬的過程，茶葉吸收柑橘皮的香氣與果酸風味更加融合，以柑橘結合茶葉的加工方式，讓果肉較酸的虎頭柑得以利用，反映出早期客家社會在資源有限的環境中，珍惜食材的生活智慧。（圖一、圖二）



圖二、酸柑茶的配料-龍眼乾、山楂、紅棗、老茶、紫蘇、甘草、杭菊、枸杞及桂花。

二、酸柑茶的製作與風味

酸柑茶製作過程需多道工序，首先選用新鮮的虎頭柑放置約 2 至 3 週自然辭水，待果皮軟化後於果頂開出一道淺孔，挖出果肉並剔除種子，以降低苦味及維持果形，接著將取出果肉與茶葉混合，拌入少量鹽分以利保存。內餡



圖一 、虎頭柑外觀 (A) 及果實 (B)，果形碩大色澤橙紅飽滿。

配方大致分為兩類，一為純粹風味型，單以烏龍茶或紅茶拌合果肉；其二為複方草本型，加入紫蘇葉、金銀花、枇杷葉，龍眼乾、山楂、紅棗、甘草、杭菊、枸杞及桂花等天然素材，研磨切碎後與茶葉及果肉充分揉合，風味層次豐富。由於各家配方不盡相同，故有「百家味」之稱。最後將混合之內餡填裝回虎頭柑殼中壓實填滿，隨後進入「九蒸九曬」之工序，此處「九」並非固定次數，而為多次循環之概念。依日照與氣溫條件反覆進行蒸製、烘乾與日曬，果實外觀由橘紅轉為墨黑，初步的酸柑茶雛型製成，此過程需三個月以上，完成後置於甕中封存，再經二至十年之「養茶」階段，使柑橘、茶葉與多種草本風味融合轉化形成風味醇厚之工藝茶品。



圖三、虎頭柑果肉揉合後，填回柑殼以棉繩綁紮定型，以利二級代謝物的生成與轉化。

酸柑茶的成品質地硬，飲用前先以槌子敲開果殼，將碎裂果皮與茶葉碎片撿出，依個人喜好調整，有些人會加入酸梅一同煮製，讓茶湯多一點回甘的韻味，也可不加保留原本的風味。隨著煮製時間增加，茶湯會由淺色逐漸轉為紅褐色，散發柑橘精油與茶香，果實特有的微酸與些許苦味隨後轉為甘潤，在早期生活機能不便的山區，酸柑茶是日常潤喉養生方式。

三、酸柑茶製程中的二級代謝物生成與轉化

虎頭柑果皮富含橙皮與柚皮等類黃酮化合物，長達數月反覆進行「蒸製」與「日曬」過程中，類黃酮化合物與茶葉中的多酚類物質產生協同作用，果殼中原本的苦味在蒸製與乾燥過程中逐漸轉化，柑橘的香氣與酸味隨之釋出被填入的茶葉吸收使風味融合，口感由原本的酸澀轉為溫潤，減緩果實原本的酸澀與苦感。



圖四、酸柑茶茶湯。



圖五、虎頭柑製成的酸柑茶磚。

四、南庄橙風味的酸柑茶

近年來，酸柑茶的製作也開始使用臺灣原生特有種柑橘—南庄橙（*Citrus taiwanica*）作為茶殼，因南庄橙與虎頭柑皆因皮厚、果肉酸，以鮮食為主流的柑橘市場中較少被利用，也正因這種酸澀的特性，成為製作酸柑茶的契機。南庄橙果皮富含精油且酸度高，經加工後轉化為具獨特風味的產品，以南庄橙作為酸柑茶製作原料，透過蒸、壓、曬等工序，使原本酸澀難入口的果實轉變為茶飲，相對於虎頭柑的醇厚口感，選用南庄橙製作的酸柑茶，



圖六、臺灣原生特有種柑橘南庄橙。



圖七、以南庄橙製成的酸柑茶。

則展現出原生柑橘特有的香氣及果香，使其連結土地、生態與文化的風味涵意。

五、從惜物智慧到風味傳承

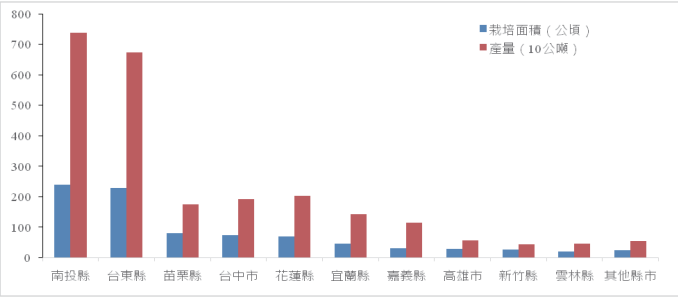
酸柑茶的誕生源自客家先民物盡其用的生活哲學，從虎頭柑到臺灣原生種的南庄橙，這些因酸澀而較不屬於主流市場的柑橘，經由數月蒸焙、日曬與陳放的淬鍊，蛻變為風味溫潤兼具保健價值的工藝茶飲。這項技藝保存客家庄早年生活的記憶，也為原生特有種南庄橙的應用帶來了新契機，藉由瀕危的南庄橙重新入茶與傳統工藝結合，展現生態復育與生活文化的延續。

薑栽培管理與成分概述

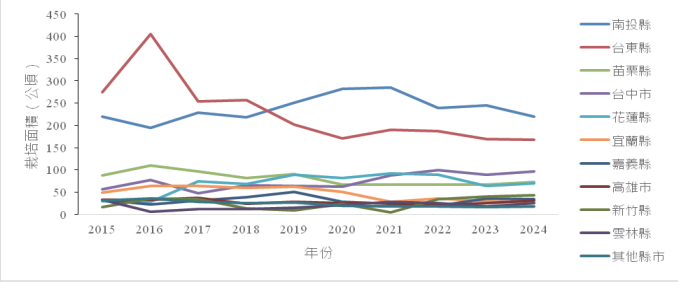
丁昭伶（助理研究員）

前言

薑（*Zingiber officinale* Rosc.）為薑科多年生宿根單子葉植物，是一種栽培歷史非常悠久的辛香類蔬菜，主要食用部位為根莖，具香料和藥用價值，並在熱帶和亞熱帶地區廣泛種植，根據聯合國糧農組織（FAOSTAT）統計資料顯示，2015 年至 2024 年間，全球薑平均總栽培面積約 415,933 公頃，生產量約 4,194,669.78 公噸，亞洲為主要產區，生產量占全球 78.2%；主要生產國家依序為印度、奈及利亞、中國大陸、尼泊爾、印尼、泰國、孟加拉、喀麥隆、日本、秘魯等。臺灣近十年來平均栽培面積約 865.3 公頃，產量約 24,374.1 公噸，主要栽培地區為南投縣、臺東縣、苗栗縣、臺中市、花蓮縣等（農業部農業統計年報，圖一、圖二）。



圖一、臺灣近十年（2015-2024）各縣市薑平均栽培面積及產量。



圖二、臺灣近十年各縣市薑栽培面積之變化。

栽培管理概述

薑原生於熱帶亞洲地區，喜溫暖氣候，生長適溫約 20-30˚C，32˚C 以上且日照強烈時易發生日灼傷害；低於 13˚C 則生長停止。薑對土壤適應性強，一般山坡地或排水良好的地區均可栽培，但為了獲得較高產量，以排水良好且具適度保水力、土層深厚、疏鬆肥沃且富含有機質、對根莖生長阻力小的壤土或砂質壤土為佳，且土壤 pH 值 6.0-6.5 為適宜。

臺灣目前栽培品種以廣東薑為主，少部分為竹薑，薑依生育期長短及利用可分為嫩薑（生育期約 4 個月）、粉薑（生育期約 6 個月）及老薑（生育期約 10 個月），而供繁殖種苗用者稱之為種薑。薑商業栽培以地下根莖進行無性繁殖為主，栽培管理包括種苗選擇與處理、整地及種植、肥培與水分管理及其他栽培措施等部分。茲分別簡要介紹如下：

種苗選擇與處理：選用充實、成熟且無罹病之老薑根莖作為種薑，每段重約 50-70 公克，並具 2-3 個芽點，於播種前進行消毒處理，以減少病害發生並促進整齊發芽。種薑用量依栽培方式而異，嫩薑屬於密植栽培，每公頃種薑用量約 5,000-10,000 公斤；老薑大都種在山坡地（圖三），屬疏植栽培，每公頃約需種薑 3,000-4,000 公斤。臺灣嫩薑栽培初期易受低溫影響，導致種薑種植到萌芽所需時間長且不整齊，利用 PE 布敷蓋可提高環境溫度而促進萌芽；另有文獻指出，益收、檸檬酸、冰醋酸及二氧化碳等處理亦可促進種薑萌芽，但適宜之處理條件與方法仍有待進一步研究。



圖三、山坡地薑田栽培情形。



圖四、嫩薑採收情形。

整地及種植：薑一般於 1-3 月種植，嫩薑為了提早採收，會提前到冬至前後種植。田區需於種植前充分耕犁翻土曝曬，以減少病蟲害及雜草發生。老薑種植株距約 25 公分，將種薑平放，芽點朝上，然後覆土；嫩薑植距約 15-20 公分，芽點朝上，平放植溝內，覆土厚度約 5 公分，畦上可覆蓋 PE 布以提高溫度並保持土壤水分，促進薑種萌芽。文獻指出，良好的整地與土壤管理，例如栽培前反覆翻耕，以形成疏鬆細碎的耕作層結構，並配合作畦或高畦栽培，以改善排水與通氣條件，可促進根莖膨大、提升產量，並有效降低土壤傳播性病害之發生率。

肥培與水分管理：薑對養分需求較高，常以基肥配合追肥方式進行管理，定植前 7-10 天，施用充分腐熟堆肥，每公頃酌量施用堆肥 5,000-10,000 公斤；根據合理產量及土壤性質推估施肥量，老薑合理施肥量（公斤 / 公頃）為氮 160-220 公斤、磷酐 100-140 公斤、氧化鉀 160-220 公斤；嫩薑為氮 300-360 公斤、磷酐 80-100 公斤、氧化鉀 120-160 公斤，嫩薑因屬密植栽培且需促進莖葉快速生長，故氮肥需求總量較高，但實際施肥量需依土壤性質與肥力情形調整，其中氮肥有助葉片生長，鉀肥則有助於根莖膨大與品質提升。薑栽培過程中對水分條件較為敏感，需維持土壤濕潤但避免積水，因過度潮濕易導致土傳病害造成的根腐病，而乾旱則會抑制植株生長與根莖膨大。因此，生育期間需依氣候與土壤條件調整灌溉頻率，並強化排水，適當水分與施肥管理可顯著提升產量與栽培穩定性。

其他栽培措施：培土為薑栽培之重要措施之一。種植後宜淺覆土以利發芽；發芽後根莖逐漸向上生長並肥大，適時培土可促進植株生長旺盛，並使根莖白嫩肥大。培土通常至少進行三次，並配合除草及追肥，每次培土厚度以約 7-8 公分為宜。雜草防治部分，可利用稻桿、塑膠布等覆蓋資材，以稻桿等生物資材覆蓋厚度至少需達 3 公分。病蟲害防治請參考農業部農業藥物試驗所植物保護資訊系統 https://otserv2.acri.gov.tw/PPM/。

薑根莖成分概述

薑常見於日常飲食，其根莖含多種基本營養成分，包括醣類、蛋白質、脂質、膳食纖維、礦物質及維生素等。且老薑、粉薑及嫩薑之含量略有差異，依衛福部食品營養成分資料庫顯示（表一），薑根莖的總碳水化合物、膳食纖維、鉀、鈣、鎂、鐵等含量隨根莖的成熟而增加，而水分及維生素含量則隨根莖成熟度增加而減少。此外，其根莖亦富含薑辣素及多酚類等生理活性成分，除具調味功能外，亦具有保健價值。研究分析不同產區薑根莖之色素及酚

類含量顯示（表二），苗栗縣大湖鄉的葉綠素 a 及類胡蘿蔔素含量顯著高於南投縣仁愛鄉及埔里鎮，但與苗栗縣泰安鄉不具顯著差異；葉綠素 b 含量在 4 個採樣地區無顯著差異；類黃酮含量以埔里鎮及大湖鄉較高，顯著高於仁愛鄉，但和泰安鄉不具顯著差異；總酚含量亦以埔里鎮、大湖鄉及泰安鄉較高，而仁愛鄉顯著最低。總括而言，薑根莖葉綠素 a 含量介於 42.08-54.58 μg/g DW；葉綠素 b 含量介於 69.71-88.00 μg/g DW；類胡蘿蔔素含量介於 20.93-55.85 μg/g DW；類黃酮含量介於 364.66-647.74 mg/g(dry sample)；總酚含量介於 242.53-692.49 mg/g(dry sample)。由結果顯示，薑不同產區之根莖色素及酚類化合物含量具差異。

結語

在臺灣，薑是日常料理及飲食應用普遍的食材，然其栽培上仍存在諸多問題待克服，如供繁殖用之種薑（根莖）品質不一、帶病風險高，根系淺而且土壤水分逆境之耐受性低，排水不良時根莖易罹軟腐病，並忌連作。故薑農多採換地種植，並多栽植於山坡地，此法不僅使適宜耕地日益難尋，亦可能影響水土保持並破壞環境生態，為薑產業之一大隱憂。因此，應加強健康種苗與優良種薑之選育與應用，並配合合理化施肥及建立輪作制度，同時導入有益微生物之應用，以促進根系健全生長、抑制土傳病原並改善土壤環境，從而提升栽培穩定性並降低病害發生風險，進而達成農業健康永續發展與確保食品安全之目標。

表一、薑之主要營養成分及其含量

樣品	總碳水化合物 (g)	粗蛋白 (g)	粗脂肪 (g)	膳食纖維 (g)	水分 (g)	維生素 C(mg)	鉀 (mg)	鈣 (mg)	鎂 (mg)	鐵 (mg)
老薑	11.7	1.1	0.5	3.2	85.8	2.9	304	21	33	2
粉薑	6.1	1	0.3	2.7	92	3	297	17	22	0.7
嫩薑	4.8	0	0.3	1.4	94.3	11	270	14	15	0.4

註：1. 資料來源修正自衛福部食品營養成分資料庫 (新版) https://consumer.fda.gov.tw/Food/tfndDetail.aspx?nodeID=178&f=0&id=2053。

2. 數值單位均為每 100 g 可食部分之含量。

表二、不同地區薑根莖之色素與酚類含量

採樣地區	葉綠素 a (μg/g DW)	葉綠素 b (μg/g DW)	類胡蘿蔔素 (μg/g DW)	類黃酮 (mg/g(dry sample))	總酚 (mg/g(dry sample))
泰安鄉	51.02 ± 2.44 ab	81.18 ± 3.75 a	46.19 ± 7.47 ab	497.07 ± 72.89 ab	579.62 ± 79.17 a
大湖鄉	54.58 ± 2.97 a	88.00 ± 6.75 a	55.85 ± 6.04 a	607.29 ± 60.76 a	606.86 ± 37.41 a
仁愛鄉	44.20 ± 1.50 b	71.11 ± 2.55 a	28.00 ± 3.56 bc	364.66 ± 20.96 b	242.53 ± 68.19 b
埔里鎮	42.08 ± 3.76 b	69.71 ± 7.93 a	20.93 ± 9.02 c	647.74 ± 9.96 a	692.49 ± 16.55 a

播種期及氮用量對釀酒高粱產量之影響

林家玉（助理研究員）

前言

為提升國產雜糧自給率，國內透過輔導農友與金門酒廠契作及農糧產業調整與轉型計畫積極鼓勵釀酒高粱生產，農糧署統計 113 年苗栗縣釀酒高粱栽培面積約 52 公頃，1 期作產量為 1,274 公斤 / 公頃，2 期作產量為 684 公斤 / 公頃，低於國內平均產量 1,964 及 1,494 公斤 / 公頃，為提高苗栗地區產量及擴大推廣之需，本研究測試不同播種期及氮用量對釀酒高粱產量及農藝性狀之影響。

參試品種介紹及栽培注意事項

本次試驗採用之釀酒高粱品種為臺南 7 號及臺南 8 號，兩品種經測試出酒率較高，甚受金門酒廠肯定。臺南 7 號中南部種植產量可達 3,000~4,000 公斤 / 公頃，其穗型為散穗型，若遇梅雨季節，籽粒不易發霉或穗上發芽，適宜於春作種植，然而其植株莖桿較細，若密植易因競爭光源導致莖桿更加細弱，增加倒伏風險，且注意氮用量不宜過高，以維持莖桿強健。臺南 8 號於中南部種植產量可達 4,500~5,000 公斤 / 公頃，臺南 8 號為半散穗型，若遇霪雨時可能有穗上發芽情形，較適合於秋作種植。114 年 2 期作起為減輕臺南農改場及種苗場採種勞力且加速種子提供，農糧署僅提供臺南 8 號種子。

苗栗地區釀酒高粱近年來平均產量低於國內平均，除北部地區日照及溫度較低，二期作東北季風造成降溫較早等限制因子外，農友耕作上亦有需注意事項以提升高粱產量，包括 (1) 第二次整地需要細耕，細耕可避免土壤團塊過大，播種深度不易掌握；(2) 播種深度調整淺播至 1 公分，北部地區因溫度較低，種子萌芽出土時間較中南部慢 3-5 天，1 期作需要約 7-10 天，2 期作約 5-7 天，淺播可讓種子發芽出土時間較為整齊，避免植株生長參差不齊，影響後期管理；(3) 高畦開溝確保排水良好，北部地區乾濕季較不明顯，驚蟄、清明及汛期皆可能帶來顯著降雨，釀酒高粱不耐淹水，宜採高畦栽培並確保田間排水溝渠暢通，避免豪雨後積水造成高粱淹水受損；(4) 掌握最適播種期，嘉南地區高粱生育日數約 90 天，北部地區則介於 100-110 天，本試驗結果顯示 1 期作晚播對產量影響不顯著，但會造成 2 期作播種期延後，2 期作播種期延後則會造成產量降低之情形，且會增加低溫造成後熟時間延長，鳥害造成產量減損，東北季風造成植株倒伏等風險，因此需於最適播種期間完成播種。

播種期及氮用量對釀酒高粱產量之影響

不同播種期方面，1 期作分別於 4 月 9 日、4 月 21 日及 5 月 1 日播種，2 期作分別於 7 月 15 日、7 月 25 日及 8 月 15 日播種，氮用量皆為每公頃 160 公斤；不同氮用量方面分別為每

公頃 120 公斤、160 公斤及 200 公斤，肥料分 2 次施用，基肥為臺肥 39 號，占總量 1/3，追肥為臺肥 1 號，占總量 2/3。基肥於細整地前施用，追肥於播種後 30 天施用。

試驗結果顯示，1 期作不同播種期間僅臺南 8 號隨著播種期延後造成每穗粒數減少之情形，千粒重及產量均無顯著差異。2 期作不同播種期間兩品種每穗粒數皆以 8 月 15 日播種組最低；千粒重：7 月 25 日播種組因受颱風倒伏影響，千粒重最低，產量：臺南 7 號以 8 月 15 播種組產量最低，臺南 8 號則無顯著差異。不同氮用量試驗結果，1 期作每穗粒數，臺南 7 號以 120 公斤氮處理組最低，臺南 8 號隨著氮用量增加，以 200 公斤氮處理組最高；千粒重：兩品種於不同氮用量下千粒重皆無顯著差異；產量：臺南 7 號隨著氮用量增加，以 200 公斤氮處理組最高，臺南 8 號則以 160 公斤及 200 公斤氮處理組顯著高於 120 公斤氮處理組；2 期作每穗粒數：兩品種皆以 160 公斤氮處理組最高；千粒重：臺南 7 號以 200 公斤氮處理組最高，臺南 8 號則無顯著趨勢；產量：臺南 7 號以 120 公斤氮處理組最低，臺南 8 號則無顯著趨勢。

結論

依據農糧署 113 年統計顯示，國產釀酒高粱產量不足國內整體需求量的 10%，為提高糧食自給率，農糧署於 115 年推動農糧產業調整與轉型計畫，契作釀酒高粱獎勵金調高至每公頃 5.5 萬元且不受基期年資格限制，有助於保障農友收益。苗栗地區釀酒高粱 1 期作 4 月上旬至 5 月上旬間種植產量無顯著差異，但需注意晚植會造成 2 期作田間種植時間延後，影響 2 期作作物生長，2 期作 7 月中旬至 8 月中旬間種植時需注意晚植會造成每穗粒數降低，導致產量減少之情形。不同氮用量方面，兩品種兩期作間多以 120 公斤氮處理組產量較低，建議可依田區情形適量增加氮用量以獲得較佳之產量。

表一、不同播種期對釀酒高粱產量及品質之影響 -1 期作

品種	播種日期	抽穗日數 (days)	成熟日數 (days)	株高 (cm)	每穗粒數 (粒)	千粒重 (g/1000 粒)	產量 (kg/ha)
臺南 7 號	4 月 9 日	52	97	162.8	1,944a	18.4a	3,527a
	4 月 21 日	59	106	162.4	1,884a	18.4a	3,493a
	5 月 1 日	58	98	164.4	1,804a	19.0a	3,481a
臺南 8 號	4 月 9 日	56	97	138.2	2,059a	17.0a	3,472a
	4 月 21 日	63	106	142.0	1,879b	18.8a	3,442a
	5 月 1 日	63	98	138.2	1,872b	18.2a	3,366a

Means within each row followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

表二、不同播種期對釀酒高粱產量及品質之影響 -2 期作

品種	播種日期	抽穗日數 (days)	成熟日數 (days)	株高 (cm)	每穗粒數 (粒)	千粒重 (g/1000 粒)	產量 (kg/ha)
臺南 7 號	7 月 15 日	50	115	126.9	1,658a	18.0b	3,383a
	7 月 25 日	50	105	129.6	1,793a	15.1c	2,910ab
	8 月 15 日	53	117	127.9	1,126b	20.2a	2,581b
臺南 8 號	7 月 15 日	50	115	118.0	1,575a	14.7ab	2,755a
	7 月 25 日	50	105	118.3	1,621a	13.3b	2,185a
	8 月 15 日	53	117	120.1	1,241b	15.6a	2,240a

Means within each row followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

表三、不同氮用量對釀酒高粱產量及品質之影響 -1 期作

品種	氮用量 (kg N/ha)	株高 (cm)	每穗粒數 (粒)	千粒重 (g/1000 粒)	產量 (kg/ha)
臺南 7 號	120	159.0	1,476b	18.9a	2,833c
	160	163.6	2,052a	19.0a	3,841b
	200	162.0	2,021a	20.5a	4,228a
臺南 8 號	120	147.2	1,420c	20.4a	2,840b
	160	145.8	1,827b	18.2a	3,366a
	200	145.6	2,322a	15.3a	3,541a

Means within each row followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's LSD test.

表四、不同氮用量對釀酒高粱產量及品質之影響 -2 期作

品種	氮用量 (kg N/ha)	株高 (cm)	每穗粒數 (粒)	千粒重 (g/1000 粒)	產量 (kg/ha)
臺南 7 號	120	126.0	1,201b	18.4b	2,517b
	160	127.6	1,607a	18.7b	3,404a
	200	131.9	1,316b	22.3a	3,368a
臺南 8 號	120	119.3	1,744b	22.3ab	4,423b
	160	121.6	1,962a	20.7b	4,720a
	200	124.9	1,740b	23.0a	4,488ab

Means within each row followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's LSD test.

特殊大豆品種的多元利用與加工

王志瑄（助理研究員）

前言

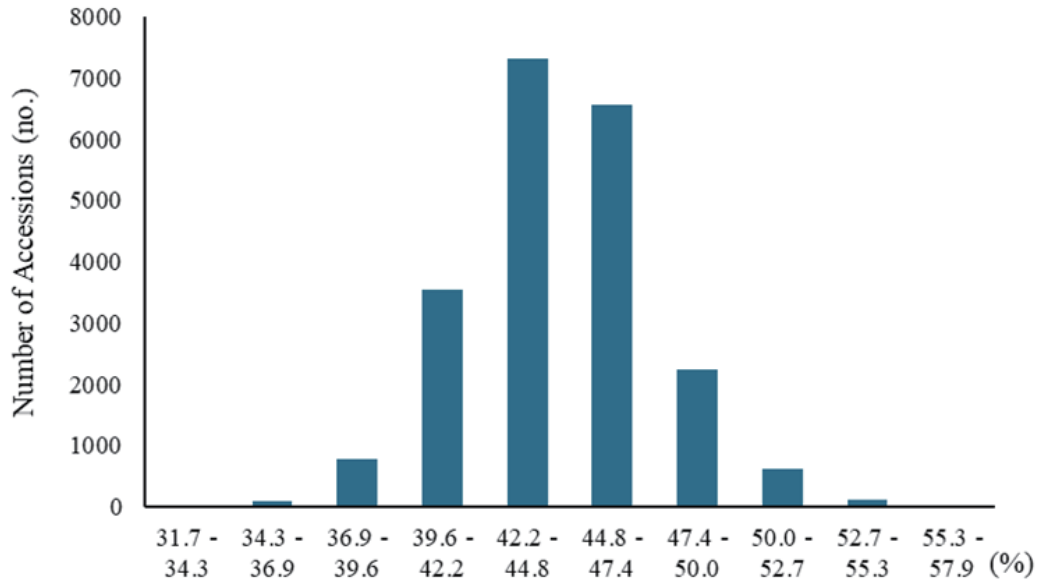
大豆（*Glycine max*）富含蛋白質及脂質，為國人飲食中重要植物性蛋白質來源。傳統上大豆作為豆漿、豆腐及醬油等加工產品的主要原料，因應大豆各式的加工用途，原料大豆營養成分組成、品質與外觀等需求亦有不同。豆漿與豆腐加工業者偏好的原料特徵，包括蛋白質與糖類的比例佳、具高凝聚性、蔗糖含量高且機能保健成分多（如大豆異黃酮），而醬油加工業者則強調高蛋白、裂皮少、高吸水性等特性需求。為因應多樣化的加工需求，國內外大豆育種標的除了傳統的高產，也逐漸轉往「目標導向」的品種開發，藉由品種特性與加工適性的深度結合，育成不同加工適性之多樣化品種。本篇介紹國內外大豆如何透過特定品質品種選育，調整大豆生化成分以適應多元加工。

穩定營養核心：蛋白質組成之優化利用

在大豆加工的物理化學特性上首重蛋白質含量，以及與其組成比例（球蛋白 11S/ 伴球蛋白 7S），可以在最初原料條件下便決定終端產品如豆腐、豆干及組織化蛋白的結構強度。豆腐的本質是蛋白質分子的凝膠化。高蛋白品種能提供更高密度的蛋白質膠體粒子，當豆漿加入含有豐富二價金屬離子的鹽滷或石膏時，蛋白質分子間能形成高密度的交聯網絡，直接轉化為宏觀上的「豆腐凝膠強度」與「持水性」。研究顯示豆腐凝膠強度與蛋白質含量高低及 11S/7S 大豆球蛋白比值間具有高度的相關性。此外，在素肉或植物肉產業的核心擠壓加工技術中，不論是「乾式擠壓」或「濕式擠壓」，蛋白質含量不僅是營養來源，更是流變學上的關鍵。高蛋白品種能確保在經過高剪切力與高壓處理後，植物蛋白分子能變性充分展開並重新排列摺疊，形成具有類似動物肌肉纖維的組織結構。蛋白質含量越高，形成的纖維束越粗壯且具備韌性，能有效克服素肉產品常見的「粉質感」或「易破碎」缺點。一般來說，選育高蛋白大豆品種是降低成本、提升品質的最短路徑，代表了更高的出漿率與更精確的加工控制。大豆種原中不乏高蛋白質特性，但高蛋白種原常與產量低、感病等不良性狀連結，然而，透過育種技術開發，國內外已擁有多種高蛋白商業品種，例如美國的 Vinton 81 (單白質含量 45%) 與 Hayman (43%)；中國的 Jinyuan 601 (43%)；以及臺灣的台南 10 號 (41%)、台南 11 號 (39.2%) 與台中 1 號 (37.6%)。本場曾測試臺灣常見商業品種蛋白質特性及豆腐加工特性，除了高雄 7 號外，其它品種 11S/7S 高比值可以反映在高豆腐硬度，而其中臺灣品種如高雄 8 號或台南 10 號在豆腐硬度上的優勢，證明國產大豆在特定加工指標上完全不輸給市售進口豆。

此外，在大豆蛋白質利用方面，種子中有 3 個成分被歸類為抗營養因子 - 胰蛋白酶抑制劑、P34 蛋白及植酸，精確移除或降低這些成分，是提升大豆加工效率與食品安全的核心策略。Kunitz-type 胰蛋白酶抑制劑 (KTI) 是大豆中最主要的胰蛋白酶抑制劑，會結合人體內的

消化酵素，阻礙蛋白質分解吸收，甚至引起胰腺代償性腫大；傳統加工需長時間高溫加熱以破壞其活性，但高溫亦會導致蛋白質變性、褐變及能源耗損。而 P34 蛋白是大豆中最關鍵的過敏原，多數大豆過敏者的免疫系統係針對 P34 產生反應，而現有熱加工技術難以完全去除其致敏性。植酸是大豆儲存磷的主要形式，具強大螯合能力，會鎖住鈣、鐵、鋅等礦物質使其難以被人體吸收；在加工層面，植酸更是影響豆腐凝膠品質的隱形因素，高含量植酸會競爭性結合二價金屬離子，導致凝固劑效率下降，造成豆腐結構鬆散或質地不均。目前義大利已育成 Ascasubi 與 Hilario 等低 KTI 品種，日本亦選育出低植酸的 CX1834 品系。



圖一、美國國家種原庫蒐集系大豆蛋白質含量分布圖。（surce: USDA National Plant Germplasm System）

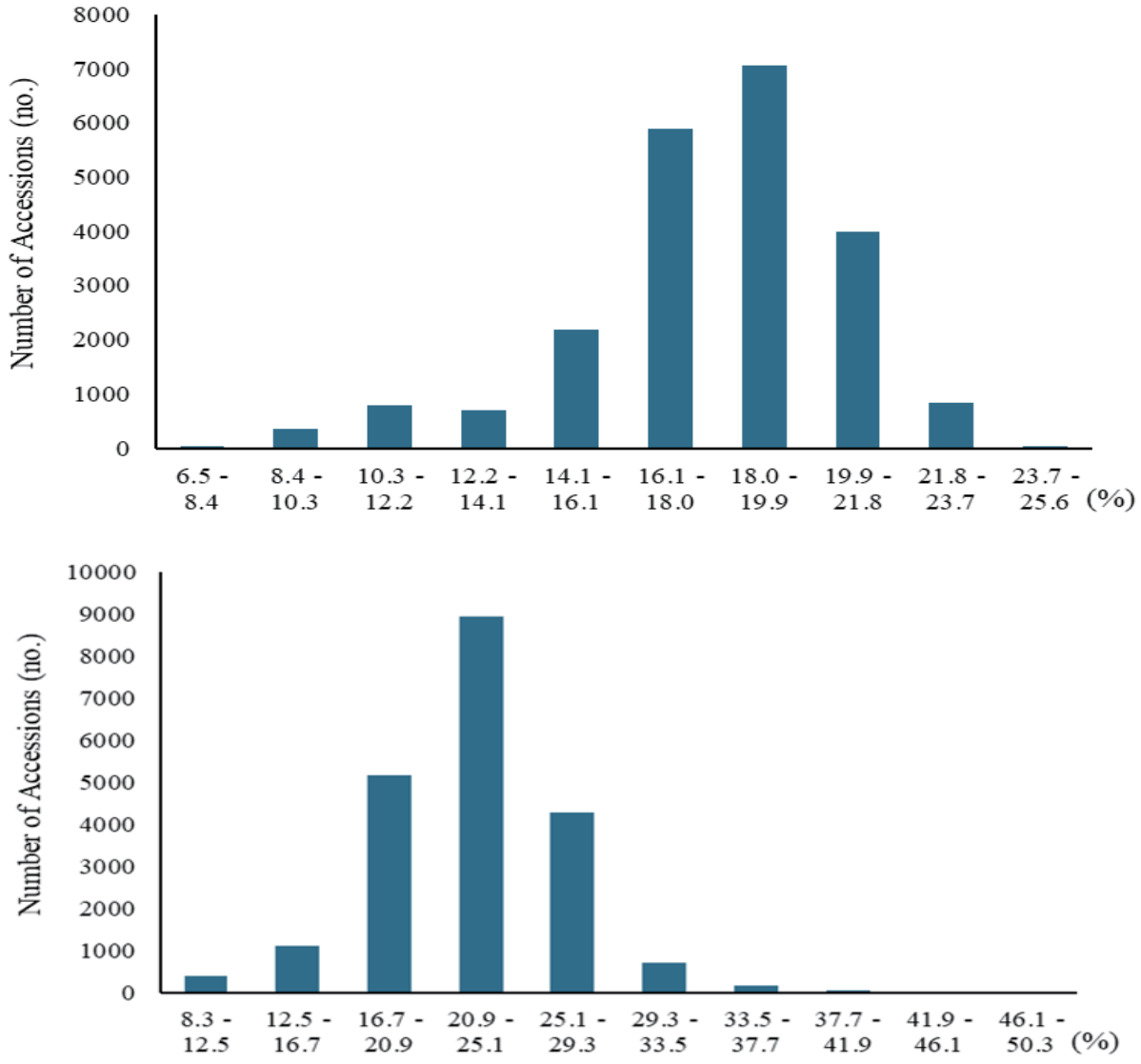
表一、臺灣常見商業品種大豆球蛋白 (Glycinin) 及大豆伴球蛋白 (β -conglycinin) 含量、比值與製成豆腐硬度

品種	Glycinin (11S) 含量 %	β-conglycinin (7S) 含量 %	11S/7S	豆腐硬度 G*
台南 3 號	42.10	17.54	2.40	15.7
台南 5 號	43.31	20.39	2.12	11.9
台南 9 號	44.72	19.59	2.28	10.4
台南 10 號	43.13	18.12	2.38	21.5
高雄 7 號	43.56	14.97	2.91	15.7
高雄 8 號	43.30	16.57	2.61	25.4
高雄選 10 號	40.53	17.48	2.32	14.8
花蓮 1 號	43.28	18.79	2.30	17.8
市售進口	43.20	21.74	1.99	11.2

* 豆腐硬度數字越大，表示硬度越高 (佳)。

風味與穩定性之源：脂質氧化控制與感官成分優化

油脂是大豆加工利用的核心成分之一，約佔大豆種實組成的 6.5% 至 25.6%，深刻影響加工產品的風味與質地。目前國際育種趨勢以高油酸（High Oleic Acid）與脂氧合缺失（LOX-null）為兩大標的，目的在提升油脂穩定性並根本改善風味表現。高油酸品種透過選育技術提高單元不飽和脂肪酸（油酸）的比例，並相對降低易氧化的多元不飽和脂肪酸（如亞麻油酸）。由於油酸的化學性質遠比亞麻油酸穩定，透過精密控制氧化速率，高油酸大豆及其含油加工品的氧化安定性可提升數倍。這不僅顯著降低了油耗味的產生，更使產品在常溫下具備更長的保存期限。一般大豆的油酸含量最高約為 50%，而透過基因改良與選育，美國已成功開發出多種標竿品種：如 Plenish® high oleic soybeans（基改）油酸含量高於 76%；SOYLEIC ™ high-oleic soybeans（非基改）油酸含量高於 78%。

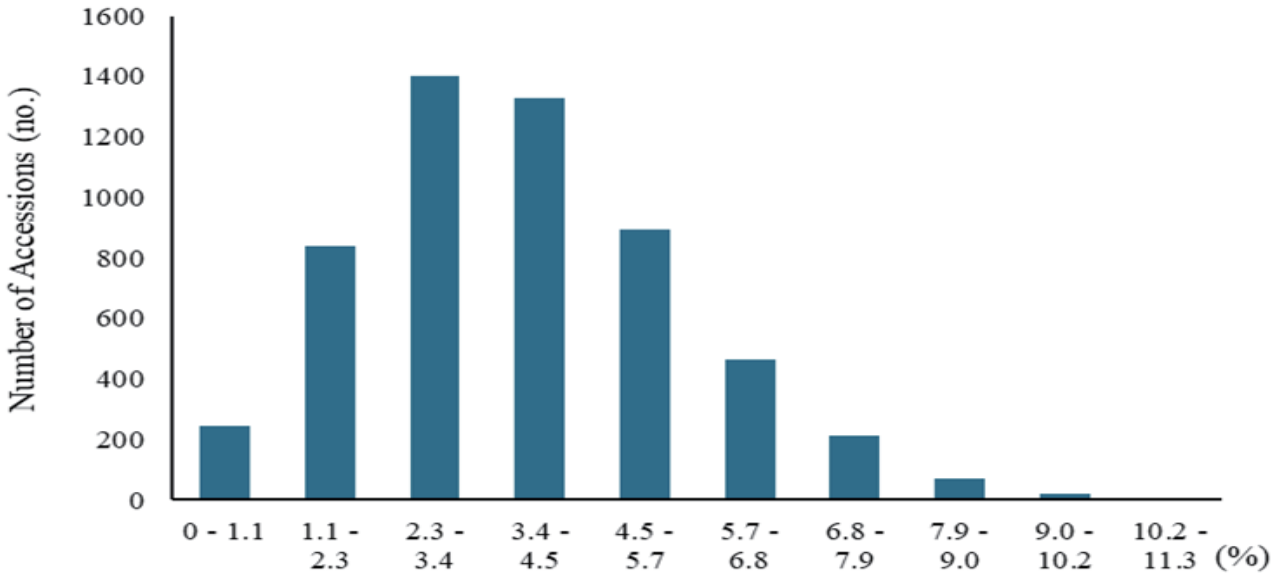


圖二、美國國家種原庫蒐集系大豆油脂（上圖）與油酸（下圖）含量分布圖。（surce: USDA National Plant Germplasm System）

除了脂質本身的安定性，大豆風味的關鍵在於抑制異味的生成路徑。脂質氧化酵素（Lipoxygenase, LOX）是催化多不飽和脂肪酸氧化，並產生「己醛」等豆腥味分子的核心酵素。透過選育 LOX 全缺失品種，能從源頭阻斷豆腥味的生成，目前國際上已有如美國的 IA2027 與日本的 Ichihime 等品種。另一方面，當油脂氧化產生己醛時，往往會放大特定皂素帶來的苦澀感。皂素為大豆的二次代謝產物，其中「A 集群皂素（Group A Saponins）」是導致豆乳或豆腐出現苦味與刺激感（如喉嚨鎖喉感）的主要來源。因此，低 A 集群皂素亦成為重要的育種標的。透過精準移除或降低 A 集群皂素的合成路徑，能顯著改善產品的後韻與適口性，最具代表性的商業化案例為日本選育的 Kinusayaka 品種，是組合 LOX 缺失（解決氣味）與低 A 集群皂素（解決後韻）的雙目標品種，藉由油脂組成的調整降低氧化速率，並協同 LOX 缺失與低皂素特性，加工端無需添加香料即可達成純淨的大豆原味，大幅減少對人工添加劑的依賴。

甜度目標：醣類組成之精準調控

在大豆的碳水化合物組成中，高蔗糖（High Sucrose）含量被視為提升加工品質與天然風味的關鍵指標，可以賦予大豆製品天然的回甘感，在推廣無添加的植物奶市場中具備極強競爭力。此外，針對納豆、味噌或大豆優格等發酵產品，充足的蔗糖提供了優質的碳水化合物來源，有利於乳酸菌等益生菌在初期階段的生長與代謝，進而產生更豐富的香氣前驅物。一般大豆品種種子中的蔗糖含量約在 2% 至 5% 之間。透過醣類代謝路徑的導向調控，將光合作用產物引導至蔗糖的合成與累積，可使特定品種的蔗糖含量顯著提升至 7% 至 9% 以上。國際標竿品種，如美國的 AAC Bozart 可達 8.3%，而日本的 Toyomiduki 更高達 10.2%。透過選育這類高蔗糖品系，加工端不僅能減少對外源添加糖的依賴，更能藉由天然醣類與蛋白質、脂質的協同作用，建構出層次豐富且無負擔的感官體驗。



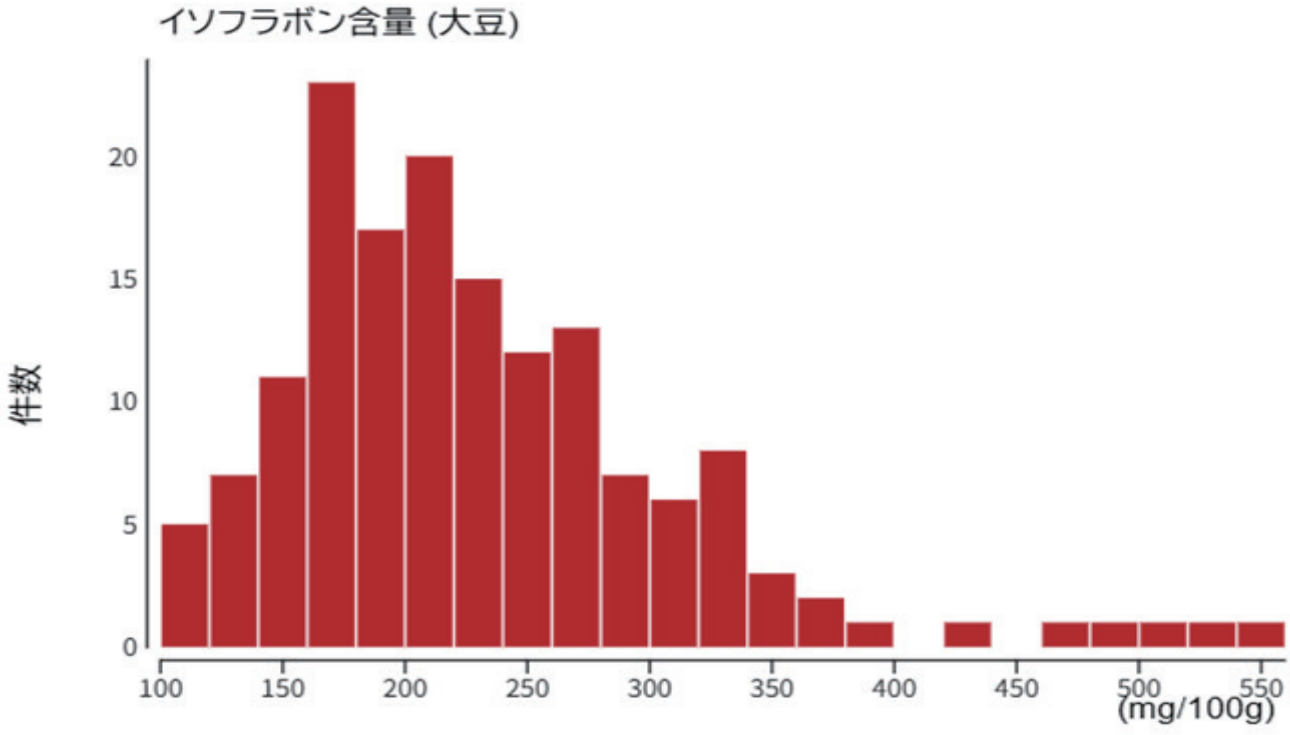
圖三、美國國家種原庫蒐集系大豆蔗糖含量分布圖。（surce: USDA National Plant Germplasm System）

強化機能保健：高異黃酮與高花青素品種

在大豆多元利用的版圖中，異黃酮（Isoflavones）與花青素（Anthocyanins）是賦予產品健康形象與市場差異化的重點成分。透過選育機能強化的特定品種，加工端能從原料源頭獲取天然的生理活性屏障，提升產品的附加價值。大豆異黃酮被譽為「植物性雌激素」，具備調節生理機能、緩解更年期不適及抗氧化的潛力。目前國內外已擁有多種高異黃酮品系，適合作為機能性加工產品的核心原料，如日本的 Fukuibuki 總異黃酮含量 444~490 mg/100 g，以及臺灣的金珠與高雄選 10 號總異黃酮也高於 500 mg/100 g，可為機能性加工產品重要原料。而黑色種皮大豆具有高花青素含量，具有強化視覺與營養的雙重優勢，其種皮富含矢車菊素（Cyanidin-3-glucoside, C3G），具備優異的自由基清除能力；在多元加工應用上，高花青素品種可提供了天然、健康的黑色素來源，作為機能飲品與粉末充填產品，在臺灣大豆品種中，台南 11 號具備極高花青素特性，其含量可達 13.5 unit/g。

結論

大豆品質的品種選育目標可與多元利用模式及特定加工方向結合，透過對蛋白質結構、脂質穩定性、醣類組成及機能成分的精準調控，能從育種源頭預先解決加工端的需求。從大豆種原庫的蛋白質、脂質、蔗糖及異黃酮含量廣泛分佈來看，透過精準選育，我們可以將大豆從一般原料提升至具備邊際效益的極大化性狀的特用原料。



圖四、日本種原中心蒐集系大豆異黃酮含量分布圖。（Genebank project, NARO. http://www.gene.affrc.go.jp/databases-plant_search_ce.php?ce=8946）

氣候變遷下的「大豆生機」：結合機器視覺與光譜分析的耐淹水智慧評估

朱玟霖（國立中興大學生物產業機電工程學系　副教授兼農業自動化中心主任）

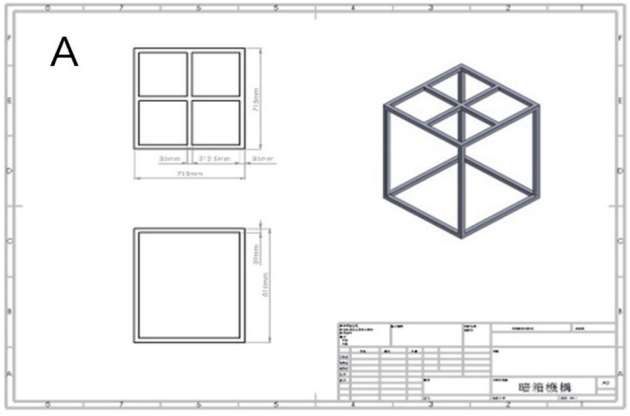
前言：氣候變遷與大豆的「水逆」危機

在全球氣候變遷的影響下，極端氣候事件日益頻繁。臺灣地區在梅雨及颱風季節常遭受強降雨襲擊，導致農田短時間內積水難退。對於旱作特性的大豆而言，田間植株一旦面臨短期或長期的淹水逆境，根系將因缺氧而受損，導致氣孔關閉、水分與養分運輸受阻。最直觀的外部生理表徵，便是光合作用效率急遽下降，葉綠素開始降解，最終在葉片上呈現「黃化（Yellowing）」現象，這不僅嚴重影響大豆的產量，更會導致品質劣化。

傳統農業在評估大豆是否具備「耐淹水韌性」時，高度依賴植物病理學家或農務人員的人眼視覺檢測。然而，人工檢視存在兩大痛點：第一，主觀性過高，不同檢測者的色彩感知存在個體差異；第二，人眼對色彩漸變的解析度有限，難以在葉片黃化初期（即葉綠素剛開始流失時）就發出預警。為了突破此一瓶頸，本研究結合了機器視覺（Machine Vision）與多模態感測（Multimodal Sensing）技術，建立一套可量化、可重現且具備客觀標準的「大豆淹水韌性等級劃分系統」。這套系統宛如大豆專屬的 AI 醫師，能以非破壞性的方式，從光學訊號中精準解碼作物的健康狀態。而本研究會盡量用收集的可見光影像來說明。

系統解密：打造大豆專屬的「智慧暗箱」診斷室

任何高精度的影像處理與資料分析，都必須建立在穩定的資料源之上。為了排除溫室內環境光（如日照偏移、地面漫反射）對影像色彩的干擾，我們採用了工程學上的硬體隔離手段——打造一座大豆專屬的「智慧暗箱」，硬體機構如圖一。



圖一、智慧暗箱系統以鋁擠型框架搭配全覆式遮光布，分別為系統示意圖（A）、實體機構（B）。

這個智慧暗箱的攝影模組框架採用 3×3 鋁擠型結構，確保機構在溫室高溫高濕的環境中不變形。影像擷取端搭載 Intel® RealSense ™ D455 深度相機，並與 JUSINO RL-18B 環形燈（色溫 2700K-5600K，演色性 CRI > 96）進行配置。同軸光源的設計能盡量消除葉片表面的不規則陰影，讓暗箱內部維持均勻且穩定的光場。此外，箱體底部亦設有遮光層，盡量阻絕溫室地面反射光造成的影像底部過曝。

在資料蒐集策略上，我們採用「多模態資料融合（Multimodal Data Fusion）」架構。除了獲取高解析度的可見光影像（RGB），系統同時整合了三項關鍵植物生理感測器，包含測量葉綠素相對含量的葉綠素計（SPAD-502）、量測淨光合速率與氣孔導度的光合作用儀（LI-COR），以及掃描 337.6 nm 至 2513.5 nm 高光譜反射率的手持式高光譜儀（XHR-1024i）。

透過此標準化流程，我們成功蒐集了春作與秋作兩期試驗，各選用十五種大豆品系、高達 720 筆配對完整的跨模態資料集，為後續的演算法模型提供可靠並且可信任的資料基礎。

核心技術：從機器視覺看透「黃化密碼」

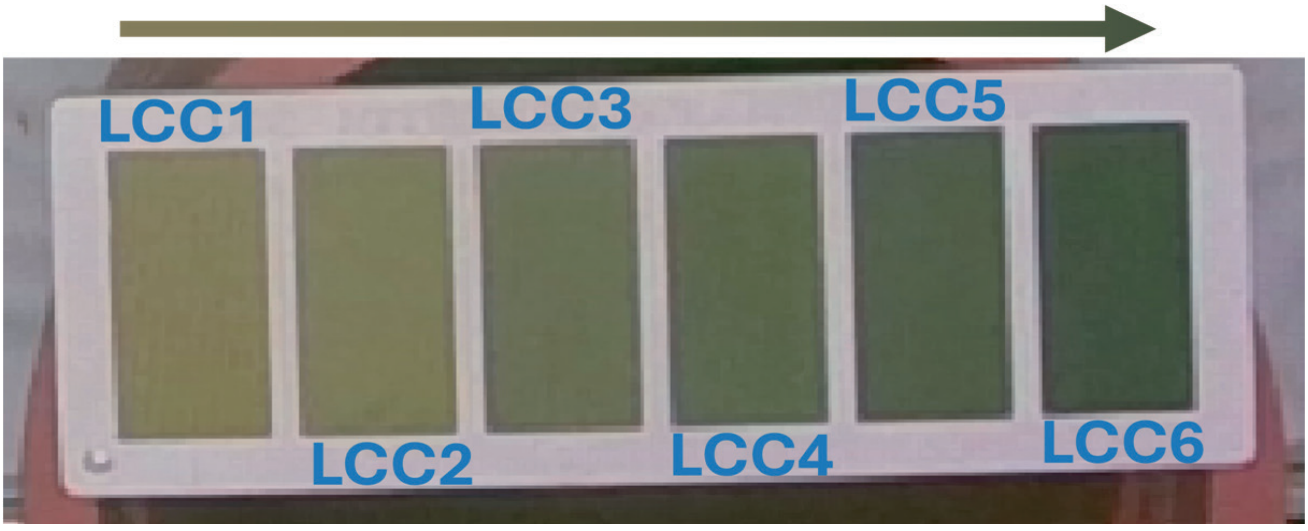
考量農業現場在未來實用上計算資源的限制，我們捨棄運算量龐大的深度學習（Deep Learning）語意分割模型，轉而建構一套具備極低運算負載機器視覺分析流程。為了有效評估顏色的量化與黃化的關係，在收集實驗時每張影像中都會放置標準的葉色板（總共 6 個色階）如圖二，自動化擷取葉色板（Leaf Color Chart，LCC）色階區域以及分析流程如圖三所示。

依據圖三流程圖進行分析，可以將葉片的前景與背景進行分割並計算顏色比例，範例如圖四。

資料會說話：植物生理參數與影像特徵的交集

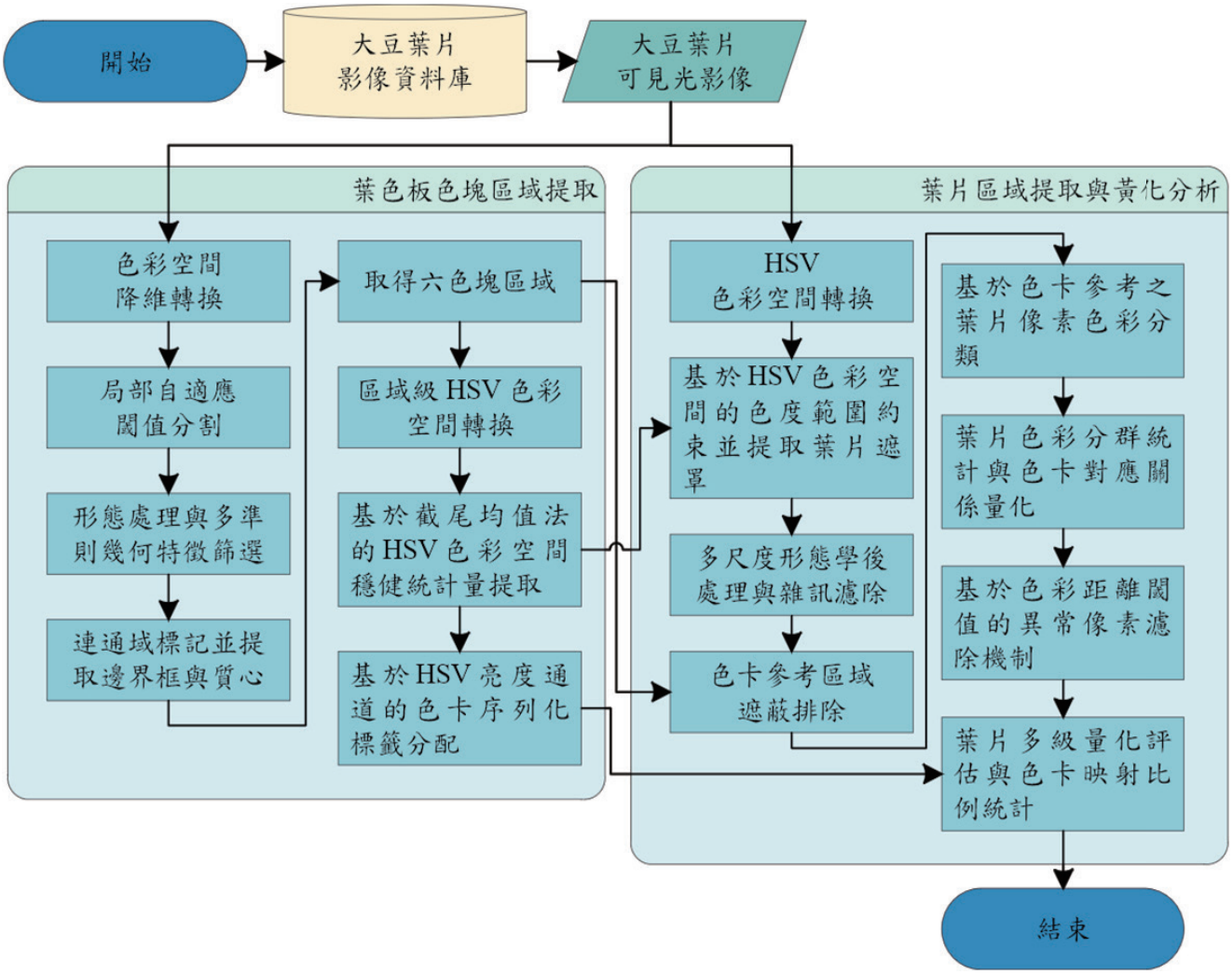
收集好所有實驗後，可獲得隨著時間序改變的各種影像以及各類設備獲取的感測資料，其中影像資料的部分片段如圖五與圖六。

在我們成功地將葉片區域分割出來之後，接下來進行了每個像素的顏色分類。這個過程是根據每一個葉片像素與六種 LCC 色塊的



圖二、水稻葉色板為標準。

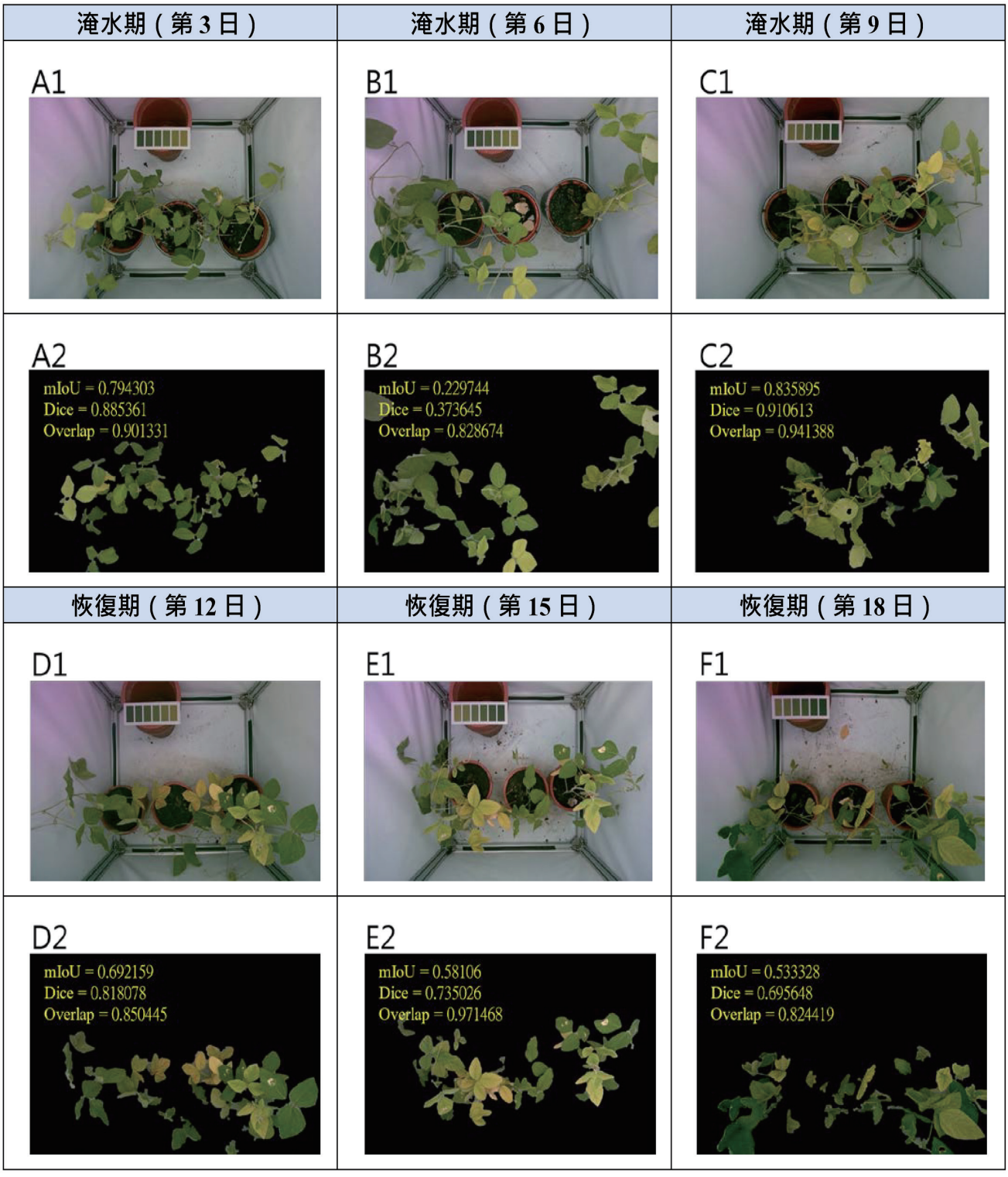
顏色距離，將像素分為不同等級。統計每個 LCC 等級的像素比例後，我們為了避免因不同實驗階段影像像素數量不一致造成的偏差，也提升各組間的比較公平性，將各時期（包括淹水 3 日、6 日、9 日、以及恢復 3 日、6 日、9 日）各 LCC1 到 LCC6 的比例資料進行 z-score 標準化。經過這一步，資料分布能有效去除各組間的絕對數值差異，使不同 LCC



圖三、基於葉色板（Leaf Color Chart，LCC）色階之大豆葉色分析技術流程圖。



圖四、葉片分割結果示例。



圖五、秋作品種 PI222550（淹水實驗組），A-F 為不同天數、1 為原始影像、2 為葉片分割結果。



圖六、秋作品種 PI222550（無淹水對照組），A-F 為不同天數、1 為原始影像、2 為葉片分割結果。

表一、春作品種 TN11 色彩特徵標準化處理結果示例。

處理階段	資料類型	LCC1	LCC2	LCC3	LCC4	LCC5	LCC6	黃化程度
淹水 3 日	占比結果 (%)	8.36	28.21	6.14	5.54	3.93	12.32	中度黃化
	z-score	0.29	1.74	0.06	-1.04	-0.91	1.13	
	ReLU 結果	0.29	1.74	0.06	0	0	1.13	
淹水 6 日	占比結果 (%)	6.14	20.53	1.21	11.36	2.49	7.13	中度黃化
	z-score	-0.44	0.72	-1.69	0.59	-1.2	-0.25	
	ReLU 結果	0	0.72	0	0.59	0	0	
淹水 9 日	占比結果 (%)	12.38	8.29	7.5	8.97	6.14	6.15	中度黃化
	z-score	1.64	-0.89	0.54	-0.08	-0.47	-0.51	
	ReLU 結果	1.64	0	0.54	0	0	0	
恢復 3 日	占比結果 (%)	9.11	16.37	3.56	6.43	8.99	13.93	中度黃化
	z-score	0.54	0.17	-0.85	-0.79	0.09	1.57	
	ReLU 結果	0.54	0.17	0	0	0.09	1.57	
恢復 6 日	占比結果 (%)	2.77	10.09	9.59	15.98	16.79	4.09	輕度黃化
	z-score	-1.57	-0.65	1.29	1.89	1.66	-1.06	
	ReLU 結果	0	0	1.29	1.89	1.66	0	
恢復 9 日	占比結果 (%)	6.09	6.83	7.79	7.26	12.62	4.83	無黃化
	z-score	-0.46	-1.08	0.65	-0.56	0.82	-0.87	
	ReLU 結果	0	0	0.65	0	0.82	0	

註：粗體數值代表該時期 ReLU 結果中之最大值，為主要判別特徵。

等級的相對變化更加明顯。然後，為了避免標準化後出現的負值影響後續分類判斷，我們特別使用一種稱為「修正線性單元函數」（Rectified Linear Unit，簡稱 ReLU），把所有負值歸零，只保留正向的變化。最後，我們整理出春作品種 TN11 的顏色比例、z-score 及 ReLU 的結果，並以表一呈現。

透過標準化處理，我們可以清楚看出在不同時期，葉片顏色變化的趨勢。以大豆淹水初期（第 3 天）來說，葉片主要呈現黃綠色，佔比高達 28.21%，明顯高於其他顏色。經過統計轉換（z-score 標準化）後，這個黃綠色的分數高達 1.74，而經過 ReLU 運算後，這個正值被保留下來。這代表大豆在一開始就出現了明顯的黃化現象，葉片顏色朝黃綠方向偏移。反觀偏綠的顏色（LCC4 與 LCC5）則呈現負值，經過 ReLU 處理後直接變成 0，代表這些顏色較少，對於判斷黃化狀況的幫助有限，因此可以排除。

到了淹水高峰（第 9 天），葉片顏色分布明顯改變。最淺黃色（LCC1）的 z-score 上升到 1.64，在 ReLU 處理後成為最大值，代表葉片變得更黃，葉綠素流失達到最高點。原本黃綠色（LCC2）則轉為負值（-0.89），ReLU 後也歸零，顯示黃化已從中間黃綠轉向更淺黃。雖然這時葉片各種顏色都有，但經過標準化處理後，最淺黃顏色的變化被突顯出來，讓我們更容易判斷黃化程度。

當大豆開始復原（復原第 3 天）時，葉片顏色也逐漸恢復穩定。這時最深綠色（LCC6）的 z-score 上升到 1.57，成為最明顯的特徵，顯示葉綠素又開始合成，葉片漸漸變綠。不

過，最淺黃色（LCC1）在 ReLU 處理後還是有 0.54 的正值，代表有些地方還沒完全恢復。這個階段的葉片顏色呈現雙峰分布，就是黃色和深綠色同時存在，反映大豆正處於復原過程。

到了復原中期（復原第 6 天），葉片顏色進一步往綠色方向發展。中綠色（LCC4）和深綠色（LCC5）的 z-score 分別達到 1.89 和 1.66，主導了整體顏色，說明大豆從「中度黃化」進入「輕度黃化」，復原狀況良好。相反地，最淺黃和最深綠色的 z-score 都變成負值，ReLU 處理後都歸零，顯示葉片顏色聚集在中間綠色，這是健康大豆的典型特徵。

到復原末期（復原第 9 天），深綠色（LCC5）在 ReLU 後的值達 0.82，是唯一明顯的特徵，其他顏色都已經歸零，說明葉片基本恢復健康，黃化現象消失。

以 TN11 品種的整體觀察為例，這個標準化處理流程，可以更細緻地追蹤大豆在淹水期間的黃化變化。即便部分品種根據葉綠素儀的資料看不出有明顯變化，影像分析還是能發現細微的顏色改變，說明這套技術有能力分辨小幅度的生理變化。總結來說，利用 LCC 色階配合影像像素比例，建立了一套客觀又一致的黃化分級方法。不僅能作為影像資料的標註依據，也適合用於為未來 AI 模型訓練，幫助判斷大豆健康狀態。這比起靠人眼判斷，更客觀且穩定，也能更準確反映葉片顏色變化對應的生理意義，對分析大豆水災韌性和健康模型建構有很大幫助。

結語與未來展望

當我們把 AI 算出來的「黃化比例」拿去和植物真實的生理資料比對時，發現了令人振奮的結果。資料顯示，AI 判定為「輕微黃化」的色階，與真實儀器測量到的葉綠素含量呈現高度的同步關聯。這意味著，當大豆度過水逆期、開始慢慢恢復健康時，AI 看到的「綠色回歸」與植物體內真實的「葉綠素重新合成」是完全一致的。有趣的是，我們發現影像的黃化程度與植物的光合作用速率並沒有直接關係。這剛好印證了植物學上的一個現象：淹水時，植物會先因為缺氧而緊閉氣孔，導致光合作用瞬間停擺，隨後葉片才會慢慢變黃。這證明了單靠一張照片是不夠的，結合光譜與光合作用的「多模態感測」才能真正掌握大豆的完整健康狀態。

更令人驚喜的是，透過龐大資料的篩選，AI 在高光譜資料中找到了一個介於 337.6 nm 至 399.5 nm（近紫外到藍光）的「預警波段」。這個波段位於葉綠素吸收峰的邊緣，極有可能是大豆在剛開始淹水、葉片連黃都還沒黃的時候，就會發出的「求救訊號」。

從春作品系的實測中我們可以看見，這套結合了傳統數學與現代感測技術的演算法，擁有極佳的特徵捕捉能力。它不僅能量化植物從生病到康復的動態過程，甚至能抓出連專業儀器都歸類為「無反應」的微小色彩變化。

這項技術最大的潛力，在於它非常「輕量」。未來，我們不需要在農田裡架設巨大的電腦伺服器，而是可以將這套低運算負載的演算法，濃縮寫入一塊不到掌心大小的微晶片（邊緣運算設備）中。只要將它裝載到無人機或田間自走車上，搭配簡單的遮光罩，AI 植物醫師就能在農田裡四處巡邏，實現即時的病徵檢測。氣候變遷的挑戰就在眼前，透過工程學與農學的跨界融合，我們不僅將大豆的「水逆」危機變得資料化、視覺化，更為臺灣未來培育高韌性耐候農作物，打造了一把精準、客觀且充滿智慧的科學量尺。

本場重要紀事(115年3月1日～115年5月31日)

日 期	重　　要　　紀　　事
3 月 5 日	由國際扶輪八德耀德社與李文權博士帶領「2026 新農民觀摩團」於生物防治研究中心進行交流參訪，本活動由鍾副場長國雄主持，透過「草莓健康種苗培育體系及產業應用」專題分享，讓觀摩團了解最前瞻的農業技術，計 37 人參加。
3 月 6 日	於西湖鄉多多龍有機農場辦理「小黑蚊友善防治說明會」，由鐘科長珮哲主持，邀請國立自然科學博物館詹博士美鈴介紹小黑蚊及其防治方法，計 47 人參加。
3 月 11 日	國立中興大學昆蟲學系段淑人教授帶領「應用昆蟲學」課程師生蒞臨本場生物防治研究中心參訪，由賴主任瑞聲主持，吳副研究員怡慧進行「天敵昆蟲於田間應用與探討」專題演講，計 58 位師生參加。
3 月 12 日	韓國防檢署植物病蟲害防治科 Lee, Hyun-su 檢疫官及 Lee, Heung-sik 資深研究員蒞臨本場生物防治研究中心進行交流參訪，由賴主任瑞聲主持，並邀請國立中興大學農業推廣中心周博士明儀與本場吳副研究員怡慧共同參與，分享臺灣近年在「天敵昆蟲田間應用」的成果。
3 月 18 日	辦理「苗栗農村 NbS 生態維護與經營講座及實務交流活動」，由鐘科長珮哲主持，上午邀請國立自然科學博物館詹博士美鈴進行「小黑蚊防治專題演講」，下午邀請國立東華大學李教授光中進行「NbS 永續專題演講」，計 120 人參加。
3 月 20 日	於大湖鄉新開國民小學辦理「小小蜂農出任務！蜂蜜採集大冒險」，由盧科長美君主持，透過課程講解與蜂蜜採收 MR 沉浸式體驗，讓學生了解蜂蜜採集、產地特色及健康飲食觀念，計 27 人參加。
3 月 24 日	辦理「食農教育專業人員共同培訓課程 -115 年食農教育推動方向及實務解析」，由盧科長美君主持，內容包含食農教育推動方向與相關政策資源、校園食農教育推動實務經驗分享、紅棗食農教育案例分享、農場食農教育推動實務經驗分享，計 23 人參加。
3 月 24 日	辦理「穀文明：以生態農業翻轉部落命運的紀實」專題演講，由鍾副場長國雄主持，邀請群耕農業生技公司國際部經理劉宏澤先生，介紹巴紐部落結合當地的農業生態，教導農民農業技術，讓白米產能增加並改善經濟之成果，計 70 人參加。
3 月 25 日	辦理「政策性訓練暨 EAP 資源連結 - 被遺忘的時光 (影片賞析)」，由人事室主持，本活動由欣賞失智症照護影片作為引介，映後邀請苗栗縣政府長期照護處照顧管理專員蒞臨，宣導政府長照 3.0 政策及失智症照護等協助維護身心健康之外部資源，計 16 人參加。
3 月 30 日	於大湖鄉大湖草莓樂園辦理「草莓食農教育活動～從產地到餐桌的莓好時光」，由盧科長美君主持，透過實地觀察草莓生長環境與管理方式，拉近消費者與生產者之距離，強化「從產地到餐桌」的連結，活動內容包含認識草莓生態、草莓田間導覽及草莓大福 DIY，計 39 位民眾參加。
4 月 10 日	農業部農業科技司於本場召開「農業部科技研發成果管理小組 115 年第 1 季工作會議」，由農業科技司李司長紅曦主持，會中討論農業部研發成果推動精進措施與農業部 115 年度研發成果收入目標等事項，會後由施場長佳宏進行本場建物耐震補強導覽。同日下午農業科技司接續辦理「115 年度農業科技研發成果管理實務交流活動」，由農科院團隊講解授權廠商議價核心要點，並帶領各試驗改良場所與會人員進行研發成果運用交流，計 43 人參加。

日 期	重　　要　　紀　　事
4 月 28 日	於本場辦理「115 年職業安全衛生訓練課程」，由劉秘書建輝主持，邀請臺灣安全衛生協會附設苗栗職業訓練中心教育訓練處林處長建利，進行職業安全衛生相關案例說明，中午由人事室進行「老闆不是人 (影片賞析)」活動，計 103 人參加。
4 月 28 日	於本場辦理「2026 紅棗東方果實蠅共同防治講習會」，由施場長佳宏主持，邀請桃園區農業改良場莊副研究員國鴻講授「物理防治技術在蟲害上的應用」、本場劉助理研究員東憲講授「果實蠅共同防治宣導與紅棗病害研究發展近況」，計 91 人參加。
4 月 30 日	於臺灣客家文化館辦理「與客相約桐花下」藝文參訪活動，由施場長佳宏主持，並由館方進行「餞影－典藏攝影藝術展」導覽，計 63 人參加。
5 月 7 日	於後龍鎮農會辦理「水稻高溫調適及低碳農耕技術講習會」，由朱科長盛祺及後龍鎮農會吳秘書清輝共同主持，宣導農機保險、水稻栽培管理、高溫調適技術、水稻合理化施肥及低碳農耕技術，計 60 人參加。
5 月 16 日	於臺中秋紅谷生態園區「520 世界蜜蜂日在臺灣」活動，辦理「MR 採蜜沉浸式體驗活動」2 場次，活動內容包括蜂蜜採集 MR 沉浸式體驗、真假蜜辨別及小小蜂農出任務，讓民眾不用進入蜂場亦能體驗採蜜流程、並了解產地特色及健康飲食觀念，計 42 人參加。
5 月 20 日	於臺北市立南門國中辦理食農教育「MR 採蜜沉浸式體驗活動」，內容包括介紹蜜蜂生態及進行蜂蜜採集 MR 沉浸式體驗、真假蜜辨別及小小蜂農出任務等活動，讓學生了解蜜蜂的重要性、體驗採蜜流程、認識採蜜工具及辨別真假蜂蜜，建立正確及健康飲食觀念，計 23 人參加。
5 月 22 日	於卓蘭鎮乎你紅莊園辦理「梨赤星病阻斷傳播技術觀摩會」，由朱科長盛祺及臺灣大學植微系沈助理教授原民共同主持，介紹梨赤星病防治方法，計 71 人參加。
5 月 26 日 至 28 日	於本場辦理 115 年農民學院園藝療育研習班，由施場長佳宏開訓，研習內容包含園藝療育概論、園藝植物栽培與繁殖管理、香草植物應用於園藝療育活動、花藝設計於園藝活動應用、園藝療育活動帶領技巧與實務及綠色照顧推動執行經驗分享，計 18 名學員參加，課程滿意度為 96%。
5 月 28 日	於南港茶葉製造示範場辦理「115 年度蜜蜂重要蟲害監測與防治講習會」，由吳科長姿嫻主持，介紹蜂箱小甲蟲的生態及防治方法、蜂蟹蟎 AI 影像辨識系統，計 57 人參加。
5 月 29 日 至 30 日	農業部於臺中市辦理 115 年全國青農座談會暨運動會，陳部長駿季率領所屬各機關與全國青農面對面交流，本場由施場長佳宏率領青農業務同仁與會。此外，青農運動會由李素萍總會長率 20 名青農參與，在「農力拔河賽、青農同心圓、共建高塔及農產運輸挑戰賽」等綜合團體競賽，榮獲「全國優勝獎」殊榮。



115.04.05 苗栗豪雨 - 施佳宏場長於災後第一時間，率領技術團隊趕赴後龍現場。



115.04.08 苗栗人文生態聯盟盟主交接在卓蘭 - 結盟單位夥伴合影。



115.04.16「520 世界蜜蜂日在臺灣－甜蜜守護」主題活動。



115.04.28「2026 紅棗東方果實蠅共同防治講習會」活動。



115.04.30 本場同仁藝文活動 - 於臺灣客家文化館合影留念。



115.05.28 蜜蜂重要蟲害監測與防治講習會。