

李品種生育性狀與染色體倍體數分析

張雅玲^{*1}、杜元凱²、邱益群¹、宋家瑋²、賴瑞聲¹

¹ 農業部苗栗區農業改良場

² 農業部農業試驗所

摘 要

李為薔薇科 (Rosaceae) 李屬 (*Prunus* L.) 溫帶果樹，臺灣李品種缺乏新穎性，且近年受到環境氣候逆境影響，導致開花結果量下降，因此產業亟需具有耐環境逆境及優良果實品質之新品種。本研究分析臺灣李品種之植株生育性狀與染色體倍數，探討品種之間遺傳歧異性，以作為雜交選育之親本選擇參考。研究結果顯示 8 個受測品種之開花期間介於 1 月中旬至 2 月上旬，果實採收時間則為 5 月中旬至 6 月中旬，其中白玉李開花 (1 月 14 日) 及採收時間 (5 月 19 日) 皆為最早之品種，血筋李之開花時間 (2 月 11 日) 及採收時間 (6 月 16 日) 則皆為最晚，顯示對於李冬季休眠所需之低溫時數與開花時間，晚開花品種也會遞延果實成熟時間。紅肉李的果實重量最大 (56.4 g)，果皮及果肉色澤皆為紅色，可溶性固形物含量亦高 (10.7 °Brix)，黃柑李及彩色李則有特殊之果實色澤。使用流式細胞儀分析 25 個李品種之染色體倍體數，以泰安李為二倍體基準，紅肉李、白玉李及泰安李等 12 個品種被評估為二倍體，其餘 13 個品種為非整倍體。後續可依據本研究調查之品種性狀及染色體倍體數，選擇符合低需冷性 or 高果實品質等育種目標之親本，亦可避免染色體倍體數不同而產生雜交障礙。

關鍵詞：李、栽培品種、性狀、倍體數、流式細胞儀

*論文聯繫人

e-mail: ylchang@mdares.gov.tw

前 言

李為薔薇科 (Rosaceae) 李屬 (*Prunus* L.) 溫帶果樹，為世界上最重要的核果作物之一，原產於歐洲、亞洲和美洲 (Okie and Hancock, 2008; Głowacka *et al.*, 2021)，商業栽培以歐洲李 (*P. domestica* L.) 及日本李 (*P. salicina* Lindl.) 為主 (Klabunde *et al.*, 2014)。日本李源自於中國大陸，又稱東方李或中國李，具有廣泛的適應性，分佈於溫帶到亞熱帶地區 (Głowacka *et al.*, 2021)。日本李先於日本進行品種改良，1875 年 Luther Burbank 發起育種計劃，將日本李和美國李 (*P. americana* Marsh.) 雜交，育成之品種成為現今品種育種的基礎 (Okie and Ramming, 1999; Okie and Hancock, 2008; Klabunde *et al.*, 2014; Głowacka *et al.*, 2021)。臺灣目前栽培品種 (系) 繁多，主要由中國大陸及歐美引進，以日本李品種為主，並以雜交方式選育出新品系。根據 110 年農業統計年報資料，李栽培面積 1,386 公頃，年產量 10,848 公噸，以苗栗縣、臺中市、南投縣、高雄市及臺東縣為主要栽培縣市。

由於李屬種類繁多，該屬具有逾 35 個物種，細胞染色體數從二倍體到六倍體皆有，李屬基本染色體數是 $x = 8$ ，其中 *P. armeniaca*、*P. avium*、*P. canescens*、*P. cerasifera*、*P. mahaleb*、*P. persica*、*P. spinosa* 和 *P. tomentosa* 為二倍體 ($2n = 2x = 16$)，*P. cerasus*、*P. fruticosa* 和 *P. maackii* 為四倍體 ($2n = 4x = 32$)，*P. domestica* 和 *P. domestica* var 為六倍體 ($2n = 6x = 48$)。*P. salicina* 通常被認為是二倍體，亦有記錄到四倍體 (Das *et al.*, 2011; Ben Tamarzizt *et al.*, 2015)。

溫帶果樹於秋冬低溫時期休眠並累積低溫，當達到其所需之低溫需求量 (chilling requirement, CR)，藉由外界溫暖的溫度喚醒樹體，打破休眠而萌芽開花 (Ruiz *et al.*, 2018)。臺灣李的種質資源豐富，冬季休眠所需的低溫時數低，歐等 (2002) 評估 18 種栽培品種之需冷量 (chill units, CU)，介於 30 CU 至 70 CU 之間，顯著低於國外品種的 334.3 CU (‘Pioneer’) 至 987.5 CU (‘Songold’) (Ruiz *et al.*, 2018)，顯示臺灣為世界重要低需冷性李種原基因庫 (溫及劉，2004)。

臺灣李品種缺乏新穎性，而無法與國外進口產品競爭，導致價格低落而栽培面積減少 (溫及劉，2004)，且近年受到環境氣候逆境，導致開花結果量下降，因此產

業亟需具有耐環境逆境及優良果實品質之新品種。了解遺傳歧異性是植物育種的先決條件，當親本具有相同的染色體倍數時，雜交成功之機率較高，染色體倍數相異則造成育種障礙 (Okie and Weinberg, 1996; Ben Tamarzizt *et al.*, 2015)，流式細胞分析技術 (flow cytometry, FCM) 易於樣品製備和高通量樣品分析，可應用於染色體倍體數測定 (Dolezel *et al.*, 2007)。本研究分析臺灣李品種之植株生育性狀與染色體倍數，探討品種之間遺傳歧異性，以供未來育種之利用。

材料與方法

一、生育型態及果實品質調查

(一) 試驗材料

紅肉李 ('Hong Rou Li')、黃柑李 ('Huang Gan Li')、白玉李 ('Bai Yu Li')、慢玉李 ('Man Yu Li')、泰安李 ('Tai An Li')、花螺李 ('Hua Luo Li')、血筋李 ('Xie Jin Li') 和彩色李 ('Cai Se Li') 等 8 種品種，其中紅肉李選擇具有早熟特性之植株進行調查，於 2022 年採樣於苗栗縣泰安鄉邱姓農友田區，每個品種三棵植株，分別調查開花期及果實品質特性。

(二) 性狀調查方法

參考國際植物新品種保護聯盟 (International Union For The Protection Of New Cultivars Of Plants, UPOV) 制定之 *P. salicina* Lindl. 檢定方法和 Głowacka 等人 (2021) 調查方法並略作修正。

1. 開花時間：參考 UPOV 之檢定方法，始花期為全株 10% 的花蕾綻放；盛花期為全株 80% 的花蕾綻放。
2. 果實成熟時間：為果實可食用的時間，此時果實最容易採收。
3. 果實品質：每株隨機採摘 20 顆成熟果實，挑選均勻適中 10 顆果實進行試驗，調查項目包含果實重量、形狀、縫合線深淺、果皮顏色、果肉顏色、果肉黏核程度、硬度、總可溶性固形物及可滴定酸。

(1) 重量 (weight)：使用電子磅秤測量，以 g 表示單位。

(2) 形狀 (shape)：參考 UPOV 之檢定方法可分為扁圓形 (oblate)、圓形 (circular)、

- 橢圓形 (elliptic)、卵圓形 (oval)、心形 (cordate)、長方形 (oblong)、卵型 (ovate) 及瓶狀 (bottle-like)。
- (3)縫合線深淺 (depth of suture)：參考 UPOV 之檢定方法可分為淺 (shallow)、中等 (medium) 及深 (deep)。
- (4)果皮顏色 (skin colour)：參考 UPOV 之檢定方法可分為綠白色 (greenish white)、綠色 (green)、黃綠色 (yellowish green)、黃色 (yellow)、橙黃色 (orange yellow)、紅色 (red)、淺紫色 (light violet)、紫羅蘭色 (purplish violet)、深紫色 (dark violet)、紫藍色 (violet blue) 及深藍色 (dark blue)。
- (5)果肉顏色 (flesh colour)：參考 UPOV 之檢定方法可分為白色 (whitish)、綠色 (green)、黃綠色 (yellowish green)、黃色 (yellow)、橙色 (orange) 及紅色 (red)。
- (6)果肉黏核程度 (stone separating from flesh)：參考 UPOV 之檢定方法，果肉及果核分離難易度可分為非常粘附 (very week)、粘附 (week)、中等粘附 (medium)、不粘附 (good) 及非常不粘附 (very good)。
- (7)果皮硬度 (peel firmness)：參考 Wang 等 (2010) 之試驗方法並修改，在果實赤道部相反方向的兩面以物性測定儀 (TA.XT.plus, Stable Micro Systems, UK) 搭配 P/2 (直徑 2 mm) 不銹鋼圓柱型探頭進行穿刺，深度為 5 mm，速度為 2.0 mm/s。
- (8)總可溶性固形物 (total soluble solid, TSS)：將果實榨汁後，以糖度計 (PAL:1, ATAGO, Japan) 測定果汁所含總可溶性固形物，以 °Brix 表示單位。
- (9)可滴定酸 (titratable acidity, TA)：參考 Wright 及 Kader (1997) 之試驗方法並修改，將 1 mL 樣品汁液加入 20 mL 二次水，使用自動滴定儀 (TitraLab® AT1000, HACH, USA) 測定可滴定酸含量，以 0.1 N NaOH 滴定至 pH 8.1，計算滴定的 NaOH 量推算果汁所含蘋果酸當量，並以百分率 (%) 表示單位。
4. 統計分析：試驗數據資料以 SAS Enterprise Guide 7.1 (statistic analysis system software: Enterprise Guide 7.1) 軟體進行變異數分析 (ANOVA)，在最小顯著差異法 (least significant difference, LSD)，當 $p < 0.05$ 表示兩者之間有顯著性差異。

二、染色體倍數測定

(一) 試驗材料：

紅肉李、白玉李、黃肉李 ('Huang Rou Li')、蜜李 ('Mi Li') 和西瓜李 ('Xi Gua Li') 等 5 種樣品採集於本場網室 2 年生植株，杏葉李 ('Xing Ye Li')、白玉李、大玉李 ('Da Yu Li')、蜜李、紅肉李、頭斑李 (Tou Ban Li)、泰安李、二紅肉李 ('Er Hong Rou Li')、花螺李 ('Hua Luo Li')、黑葉李 ('Hei Ye Li')、宜蘭早李 ('Yi Lan Zao Li')、宜蘭李 ('Yi Lan Li')、胭脂李 ('Yan Zhi Li')、香水李 ('Xiang Shui Li')、沙連李 ('Sha Lian Li')、黑桃李 ('Hei Tao Li')、狗屎李 ('Gou Shi Li')、大紅李 ('Da Hong Li')、慢玉李、香檳李 ('Xiang Bin Li') 等 20 種李樹品種採集於本場盆栽區種植 2 年植株。於 2021 年剪取具有數片完全展開葉片的當年生枝條，以濕擦手紙包覆枝條與葉片，再以夾鏈袋封包放入保冷箱中冷藏，於當天運送至實驗室進行流式細胞儀分析。

(二) 流式細胞儀分析 (flow cytometry, FCM) 方法：

取新鮮完全展開之嫩葉，避開葉脈部位以刀片切約 1 cm² 的葉片組織，加入 0.2 mL Cystain® UV Precise T (Sysmex, Germany) 之萃取緩衝液 (Nuclei extraction buffer)，以刀片將葉片組織在萃取緩衝液中切碎，隨後加入 0.8 mL Cystain® UV Precise T 之染色緩衝液 (Staining buffer) 混勻，並以 50 µm 過濾網進行過濾。濾液靜置 3 min 後，以流式細胞儀 (CyFlow® Ploidy Analyzer, Partec PA, Germany) 進行細胞核染色體檢測。每一葉片樣本檢測之細胞數目為 3,000 個。

結果與討論

一、生育型態及果實品質調查

本研究中調查 8 個李子品種 (表一)，以白玉李的開花時間最早 (1 月 14 日)，血筋李的開花時間最晚 (2 月 11 日)，其餘品種則介於兩個品種之間開花。溫及劉 (2004) 表示李開花時間的早晚與冬季休眠所需之低溫時數有關，推估國內品種低溫需求單位介於 100 CU 至 250 CU 之間，歐等 (2002) 調查李之需冷量都在 100 CU 以下，其中花螺李亦較紅肉李早開花，本研究結果與該結果相似。Son (2010) 調查土

耳其 10 個日本李品種於 3 月中旬陸續開花，Głowacka 等 (2021) 調查波蘭 36 個日本李品種，需要至 4 月上旬才陸續開花，由此可知臺灣為低溫需求量極低的珍貴李品種種原庫。

白玉李及黃柑李果實採收時間最早 (5 月中旬)，紅肉李及慢玉李約在 5 月下旬採收，泰安李、花螺李及彩色李 6 月上旬採收，血筋李最慢採收，直到 6 月中旬才能採收，與白玉李相差約 1 個月 (表一)。本研究中白玉李及黃柑李開花期間最早，果實成熟期間亦最早，溫及劉 (2004) 表示晚熟的品種可能與其低溫需求量較高，導致花期較晚有關，早生品種可為育成極早生之重要親本，而黃柑李富有獨特香氣，是育成低需冷性和高品質李之良好親本。

表一、8 種李品種之開花及果實採收期

Table 1. Blossoming and fruit ripening stages of 8 plum cultivars

Cultivar	Date of blossoming (day/month)		Time of harvest (day/month)
	Start	Full	
紅肉李 ('Hong Rou Li')	05/02	15/02	27/05
黃柑李 ('Huang Gan Li')	23/01	27/01	19/05
白玉李 ('Bai Yu Li')	14/01	25/01	19/05
慢玉李 ('Man Yu Li')	24/01	28/01	25/05
泰安李 ('Tai An Li')	25/01	01/02	06/06
花螺李 ('Hua Luo Li')	27/01	03/02	07/06
血筋李 ('Xie Jin Li')	11/02	17/02	16/06
彩色李 ('Cai Se Li')	25/01	30/01	07/06

依據我國東方李品種試驗檢定方法分類，受測的 8 個品種中果實重量為中大型的果實 (表二)，其中白玉李、慢玉李及花螺李為中型果，以白玉李之重量最低，重量分別為 21.2 g、33.7 g 及 29.0 g。大型果包含紅肉李 (56.4 g)、黃柑李 (42.1 g)、

泰安李 (44.1 g)、血筋李 (49.2 g) 及彩色李 (41.4 g)，紅肉李為測試品種中重量最重者。本研究中 8 種李品種重量介於 21.2 g 至 56.4 g 之間，溫及劉 (2004) 調查國內李品種平均果重 17.4 至 49.8 g，陸等 (2013) 調查臺灣杏菜李等品種重量介於 18.5 g 至 39.0 g 之間，張及王 (2017) 測試 4 個李品種重量則介於 22.5 g 至 35.1 g 之間，數據的差異除了與品種有關，果實重量變化主要取決於當年度的天氣條件和產量多寡 (Głowacka *et al.*, 2021)。而 Głowacka 等 (2021) 調查中重量介於 21.0 g (‘Chuk’) 至 87.7 g (‘Blue Gigant’) 之間，其中有 6 個品種為非常大果型，果實重量超過 70 g。

受測的 8 個品種果實外觀型態 (圖一及表二)，果實形狀有 7 個為圓型，只有彩色李為扁圓形。果實縫合線深淺以血筋李之縫合線較深，紅肉李、黃柑李、泰安李及彩色李次之，白玉李、慢玉李及花螺李之縫合線較淺。圖一及表二顯示，本研究中超過一半的測試品種果皮色澤為紅色，只有黃柑李果皮色澤為黃色，彩色李果皮則帶有黃色及紅色兩種顏色。果肉色澤紅肉李、花螺李及血筋李為紅色，白玉李、慢玉李及泰安李為橘色，黃柑李果肉色澤為黃色，彩色李果肉色澤為黃綠色。Głowacka *et al.* (2021) 調查中除了紅及黃色色澤外，亦有本研究中未發現的紫色及藍色果皮。

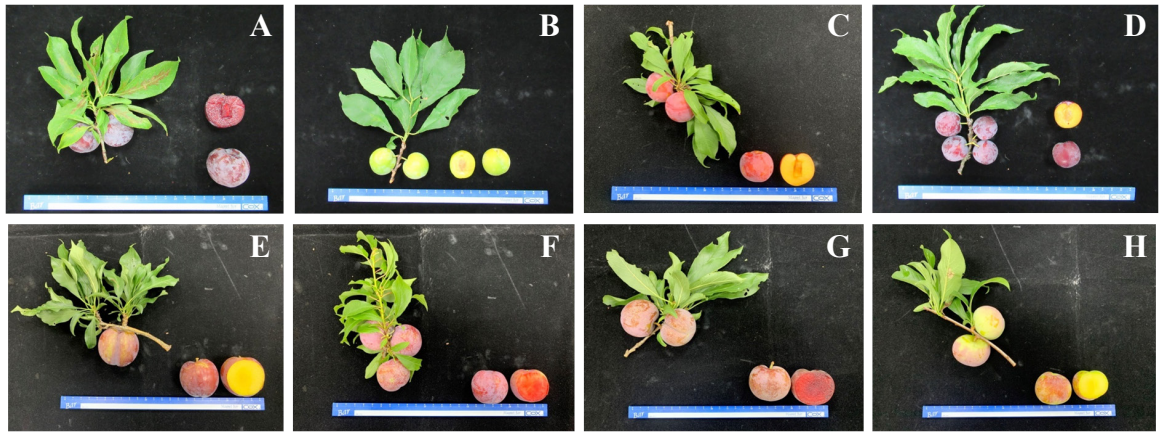
總可溶性固形物為李果實重要的品質參數，並且為決定果實風味的重要因子，風味不僅取決於果實的糖含量亦取決於酸含量，以及兩者形成之糖酸比 (Głowacka *et al.*, 2021)。本研究中李品種之總可溶性固形物介於 8.2 °Brix 至 11.6 °Brix 之間，黃柑李的總可溶性固形物最低，花螺李最高，陸等 (2013) 調查中裡品種總可溶性固形物介於 8.7 °Brix 至 11.8 °Brix 之間，本研究與其結果相似。慢玉李 (1.83 %)、泰安李 (1.81 %) 及彩色李 (1.82 %) 之可滴定酸較高，白玉李 (0.90 %) 最低。溫及劉 (2004) 調查的 30 個品種 (系) 中，可溶性固形物介於 9.3 至 14.1 °Brix 之間，可滴定酸介於 0.7 至 2.1 之間，為品種改良提供良好的種質資源。本試驗中所有的測試樣品果核皆難與果肉分離，Głowacka *et al.* (2021) 調查 36 個品種中，其中 24 個品種果核難與果肉分離。彩色李的果皮硬度最高，達到 554.6 g，黃柑李的果皮硬度最低，只有 109.3 g (表二)。

表二、8種李品種之果實性狀

Table 2. Fruit characteristics of 8 plum cultivars

Cultivar	Weight (g)	Shape	Depth of suture	Skin colour	Flesh colour	Stone separating from flesh	Peel firmness (g)	TSS (° Brix)	TA (%)
紅肉李 (‘Hong Rou Li’)	56.4 a ^z	circular	medium	red	red	week	291.6 d	10.7 b	1.62 b
黃柑李 (‘Huang Gan Li’)	42.1 c	circular	medium	yellow	yellow	week	109.3 e	8.2 f	1.19 d
白玉李 (‘Bai Yu Li’)	21.2 f	circular	shallow	red	orange yellow	week	127.7 ef	9.6 d	0.90 e
慢玉李 (‘Man Yu Li’)	33.7 d	circular	shallow	red	orange yellow	week	352.6 c	9.7 cd	1.83 a
泰安李 (‘Tai An Li’)	44.1 c	circular	medium	red	orange yellow	week	468.9 b	10.2 bc	1.81 a
花螺李 (‘Hua Luo Li’)	29.0 e	circular	shallow	red	red	week	346.1 c	11.6 a	1.61 bc
血筋李 (‘Xie Jin Li’)	49.2 b	circular	deep	red	red	week	327.8 cd	9.9 cd	1.49 c
彩色李 (‘Cai Se Li’)	41.4 c	oblate	medium	yellow/red	yellowish green	week	554.6 a	9.0 e	1.82 a

^z Mean within each column followed by the same letter (s) are not significantly different at $p \leq 0.05$ according to Fisher's protected LSD test (n = 10).

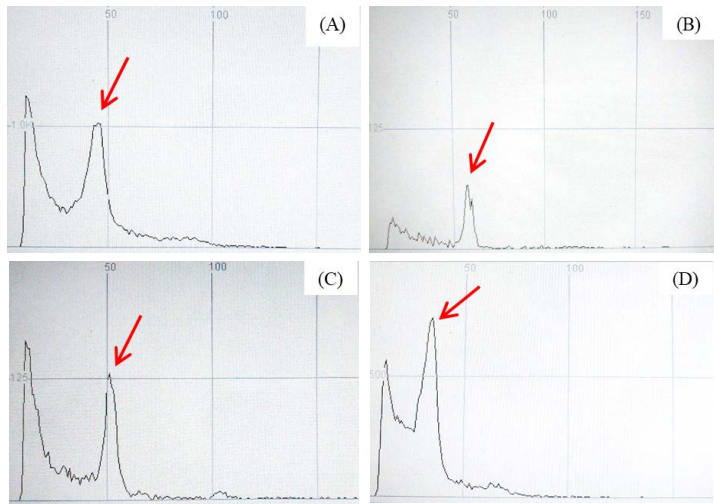


圖一、李品種營養部位及果實型態 (A: 紅肉李、B: 黃柑李、C: 白玉李、D: 慢玉李、E: 泰安李、F: 花螺李、G: 血筋李和 H: 彩色李)

Fig. 1. Vegetative parts and fruit pattern of plum cultivars (A: 'Hong Rou Li', B: 'Huang Gan Li', C: 'Bai Yu Li', D: 'Man Yu Li', E: 'Tai An Li', F: 'Hua Luo Li', G: 'Xie Jin Li', and H: 'Cai Se Li')

二、染色體倍數測定

泰安李為自美國引進之品種包含 'Beauty' 及 'Rose'，果實成熟時間分別為 6 月底及 7 月中 (陸等，2013)，依據表一調查結果顯示，本研究之泰安李採收時間為 6 月 6 日，較符合陸等 (2013) 所述 'Beauty' 之果實採收時間，故推論本研究使用之泰安李為 'Beauty' 品種，而 'Beauty' 品種之染色體倍數為二倍體 (Okie and Hancock, 2008)。如以泰安李 'Beauty' 為二倍體的基



圖二、使用流式細胞儀分析李品種倍體數之圖譜 (A) 泰安李為外標二倍體品種、(B) 西瓜李、(C) 紅肉李與 (D) 香檳李

Fig. 2. Using flow cytometry to analyze the results of chromosome ploidy map of various plum varieties. (A) external standard diploid variety 'Tai An Li'; (B) 'Xi Gua Li'; (C) 'Hong Rou Li'; and (D) 'Xiang Bin Li'

準，FCM 檢測圖譜上 X 軸的熒光波峰位置為 46.86，紅肉李為 48.22，泰安李與紅肉李兩者熒光波峰位置相似，而西瓜李為 57.22 及香檳李為 30.53，兩者與泰安李之熒光波峰位置有所差異 (圖二)。

表三資料顯示，紅肉李、黃肉李、白玉李等 13 個品種之 X 軸上的峰值與泰安李接近，介於 43.78 至 53.79，峰值平均為 49.87，被以高概率評估為二倍體。其餘 12 個品種則評估為非整倍體，西瓜李為 2.4x，X 軸上的峰值顯著高於泰安李，可能為二倍體與三倍體或多倍體雜交所產生的非整倍體後代，黑葉李及宜蘭早李等 11 個品種為 1.6x 至 1.2x 不等，X 軸上的峰值平均為 35.64，可能為單倍體與二倍體或多倍體多次雜交所產生的非整倍體後代。在 Głowacka *et al.*, (2021) 的調查中，31 個日本李基因型在 X 軸上的峰值在 50.3 和 54.2，並評估作為二倍體。李屬天然多倍體形成是體細胞染色體加倍和未減少配子結合的結果，後者被認為是最重要的多倍化機制 (Ramsey and Schemske, 1998; Wang *et al.*, 2018)。五倍體 ‘Herkules’ 是六倍體 ‘Ontario’ (*P. domestica*) 和二倍體 ‘Faormosa’ (*P. salicina*) 的雜交後代，因 ‘Faormosa’ 未減數分裂的花粉 (2n) 而導致產生五倍體 (Głowacka *et al.*, 2021)。

表三、使用流式細胞儀分析李品種之倍體數

Table 3. Ploidy level evaluation of plum cultivars using flow cytometry analysis

No.	Planting Location	Cultivar	Peak values	Ploidy level
1	Net room	紅肉李 ('Hong Rou Li')	51.82	2.0x
2.	Net room	白玉李 ('Bai Yu Li')	49.29	2.0x
3.	Net room	黃肉李 ('Huang Rou Li')	51.64	2.0x
4.	Net room	蜜李 ('Mi Li')	50.15	2.0x
5.	Net room	西瓜李 ('Xi Gua Li')	57.22	2.4x
6.	Open field	杏葉李 ('Xing Ye Li')	53.79	2.0x
7.	Open field	白玉李 ('Bai Yu Li')	52.43	2.0x
8.	Open field	大玉李 ('Da Yu Li')	52.41	2.0x

表三 (續)

Table 3. (continued)

9.	Open field	蜜李 ('Mi Li')	48.54	2.0x
10.	Open field	紅肉李 ('Hong Rou Li')	48.22	2.0x
11.	Open field	頭斑李 ('Tou Ban Li')	47.46	2.0x
12.	Open field	泰安李 ('Tai An Li') ^z	46.86	2.0x
13.	Open field	二紅肉李 ('Er Hong Rou Li')	43.78	2.0x
14.	Open field	花螺李 ('Hua Luo Li')	44.53	2.0x
15.	Open field	黑葉李 ('Hei Ye Li')	41.09	1.6x
16.	Open field	宜蘭早李 ('Yi Lan Zao Li')	40.76	1.6x
17.	Open field	宜蘭李 ('Yi Lan Li')	40.48	1.6x
18.	Open field	胭脂李 ('Yan Zhi Li')	41.18	1.6x
19.	Open field	香水李 ('Xiang Shui Li')	36.12	1.6x
20.	Open field	沙連李 ('Sha Lian Li')	37.56	1.6x
21.	Open field	黑桃李 ('Hei Tao Li')	35.58	1.6x
22.	Open field	狗屎李 ('Gou Shi Li')	35.77	1.6x
23.	Open field	大紅李 ('Da Hong Li')	33.07	1.2x
24.	Open field	慢玉李 ('Man Yu Li')	31.65	1.2x
25.	Open field	香檳李 ('Xiang Bin Li')	30.53	1.2x

^z external standard diploid

結 論

本研究中觀察之 8 種李品種，開花期間介於 1 月中旬至 2 月上旬，果實採收時間則為 5 月中旬至 6 月中旬，其中白玉李開花時間最早，採收時間亦為最早之品種，血筋李之開花時間及採收時間皆為最慢。紅肉李的果實重量最大，果皮及果肉色澤

皆為紅色，可溶性固形物含量亦高，黃柑李及彩色李則有特殊之果實色澤。使用流體細胞術分析 25 個李品種之染色體倍體數，紅肉李、白玉李及泰安李等 12 個品種被評估為二倍體，其餘 13 個品種為非整倍體。後續育種工作可依據本研究調查之品種特性及染色體倍體數，選擇符合低需冷性 or 高果實品質等育種目標之親本，亦可避免染色體倍體數不同而產生雜交障礙。

誌 謝

本研究承蒙農業部科技計畫「苗栗特色果樹-紅棗與李品種選育(111 農科-4.1.3-苗-M1)」經費支持，本場作物改良課技工劉瑞莉小姐、謝振榮先生，以及臨時人員邱怡萍小姐與楊德晃先生協助作物田間管理，特此致謝。

引用文獻

陸明德、歐錫坤、宋家瑋。2013。臺灣李育種。臺灣果樹育種研討會專刊 167-176。

張雅玲、王雲斌。2017。李果實生長及採收後冷藏品質之變化。苗栗區農業改良場研究彙報 5: 37-50。

溫英杰、劉怡伶。2004。李種原評估及其親緣關係之 RAPD 標誌研究。中華農業研究 53:97:110。

歐錫坤、陳琦玲、宋家瑋。2002。臺灣李需冷量評估。中國園藝 48:219-226。

Ben Tamarzigt, H., D. Walker, S. Ben Mustapha, D. Abdallah, G. Baraket, A. Salhi Hannachi, and S. Zehdi Azzouzi. 2015. DNA variation and polymorphism in Tunisian plum species (*Prunus* spp): contribution of flow cytometry and molecular markers. *Genet. Mol. Res.* 14:18034-18046.

Das, B., N. Ahmed, and P. Singh. 2011. *Prunus* diversity-early and present development: a review. *Int. J. Biodivers. Conserv.* 3:721-734.

Dolezel, J., J. Greilhuber, and J. Suda. 2007. Estimation of nuclear DNA content in plant using flow cytometry. *Nat. Protoc.* 2:2233-2244.

- Głowacka, A., M. Sitarek, E. Rozpara, and M. Podwyszyńska. 2021. Pomological characteristics and ploidy levels of Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) cultivars preserved in Poland. *Plants* 10:884.
- Klabunde, GHF., M.A. Dalbo', and R.O. Nodari. 2014. DNA fingerprinting of Japanese plum (*Prunus salicina*) cultivars based on microsatellite markers. *Crop Breed Appl. Biotechnol.* 14:139-145.
- Okie, W.R. and J.H. Weinberg. 1996. Plums. In Janick J and JN Moore (eds). *Fruit Breeding I*. John Wiley and sons, Inc., New York. 559-607.
- Okie, W.R. and D.W. Ramming. 1999. Plum breeding worldwide. *HortTechnol.* 9:162-176.
- Okie, W.R. and J.F. Hancock. 2008. Plums. In Hancock JF (ed.) *Temperate fruit crop breeding: germplasm to genomics*. Springer, New York, 337-357.
- Ramsey, J. and D.W. Schemske. 1998. Pathways, mechanisms, and rates of polyploid formation in flowering plants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29:467-501.
- Ruiz, D., J. Egea, J.A. Salazar, and J.A. Campoy. 2018. Chilling and heat requirements of Japanese plum cultivars for flowering. *Sci. Hortic.* 242:164-169.
- Son, L. 2010. Determination on quality characteristics of some important Japanese plum (*Prunus Salicina* Lindell.) cultivars grown in Mersin:Turkey. *Afr. J. Agric. Res.* 5, 1144-1146.
- Wang, Y., H.M. Du, J. Zhang, T. Chen, Q. Chen, H.R. Tang, and X.R. Wang. 2018. Ploidy level of Chinese cherry (*Cerasus pseudocerasus* Lindl.) and comparative study on karyotypes with four *Cerasus* species. *Sci. Hortic.* 232: 46-51.

Growth pattern investigation and ploidy analysis of plum cultivars

Ya-Ling Chang*¹, Yuan-Kai Tu², Yi-Chun Chiu¹, Chia-Wei Sung², Jui-Sheng Lai¹

¹ Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Ministry of Agriculture

² Taiwan Agriculture Research Institute, Ministry of Agriculture

ABSTRACT

Plum is a temperate fruit tree of *Prunus* L. of Rosaceae. Taiwanese plum cultivars are deficient in superior fruit quality, and the blossoming and fruiting decreased in the adversity of environmental climate in recent years. Therefore, a new variety with resistance to environmental stress and superior fruit quality is needed. In this study, the growth pattern and chromosome ploidy of Taiwanese plum cultivars were analyzed, and the genetic divergence among the cultivars was discussed. The result shows that the blooming period of eight plum cultivars was from mid-January to mid-February, and the fruit harvest time was from mid-May to mid-June. Among the eight plum cultivars, ‘Bai Yu Li’ is the one having the earliest blossoming (January 14) and harvest time (May 19), whereas, ‘Xie Jin Li’ has the latest blossoming time (February 11) and harvest time (June 16), which means that the low temperature hours for winter dormancy of plums are related to the time of blossoming and fruit ripening time. ‘Hong Rou Li’ has the heaviest fruit weight (56.4 g), with the peel and pulp being red, and a high total soluble solid content (10.7°Brix). ‘Huang Gan Li’ and ‘Cai Se Li’ have special fruit colors. The chromosome ploidy of 25 plum cultivars was analyzed by using flow cytometry. 12 cultivars, including ‘Hong Rou Li’, ‘Bai Yu Li’, and ‘Tai An Li’, were classified as diploid, and the remaining 13 cultivars were classified as aneuploid. In the future, the parent matching the breeding objective of low chilling requirement or high fruit quality can be selected according to the various traits and chromosome ploidy found in this study. It can prevent the crossing barrier resulting from different chromosome ploidies.

Keywords: plum, cultivars, character, ploidy, flow cytometry

*Corresponding author email: ylchang@mdares.gov.tw