

# 愛文芒果花期至成熟期間累積溫度之調查 初探<sup>1</sup>

石佩玉<sup>2</sup>、陳泰安<sup>3</sup>、張錦興<sup>2</sup>、林宗賢<sup>4</sup>

## 摘 要

石佩玉、陳泰安、張錦興、林宗賢。2025。愛文芒果花期至成熟期間累積溫度之調查初探。臺南區農業改良場研究彙報 86：102-121。

為探討芒果果實生育與積溫之關係，以臺南區農業改良場愛文芒果植株為材料，調查 2021 年至 2025 年芒果花穗第一朵小花開放（始花日）及果實完熟（在欖紅）採收之日期及積溫變化。結果顯示果實採收數量隨時間推移呈常態分布，果實累積採收率為 S 形曲線，採收期中段之果實成熟量明顯較多。一般花期之果實「在欖紅」採收為花後 102 ~ 165 日，積溫範圍為 1,513 ~ 2,379 度日；採收高峰集中於花後 126 ~ 136 日，高峰積溫為 1,940 ~ 2,020 度日，年度間差異不大，顯示愛文芒果開花至果實完熟所需時間與溫度呈高度相關，積溫可作為未來芒果採收期預測之方法，較以花後日數估算更為精準，提供更具彈性且動態調整的產期預測資訊及銷售規劃。

**現有技術：**目前國內尚無芒果積溫研究報告。

**創新內容：**連續 5 年調查記錄芒果開花至採收之日期並計算積溫，供未來學研單位參考。

**對產業影響：**利用芒果積溫及氣象資訊，可進行產期預測，有利採收工作安排及產銷規劃進行。

**關鍵字：**芒果、積溫、採收期預測

接受日期：2025 年 11 月 21 日

---

1. 農業部臺南區農業改良場研究報告第 593 號。

2. 農業部臺南區農業改良場助理研究員、研究員兼科長。712009 臺南市新化區牧場 70 號。

3. 凌聚農業科技股份有限公司農業顧問。

4. 國立臺灣大學園藝暨景觀學系名譽教授。

## 前 言

芒果 (*Mangifera indica* L.) 在臺灣栽培面積 16,322 公頃，為除檳榔外之栽培面積最大果樹作物，主要產地為臺南市、屏東縣及高雄市等地，採收期集中於夏季，盛產年常有採收人力不足及產銷壓力大等問題，若能提前預測採收期及盛產高峰，可即早進行行銷活動策畫、人力調度配置、供貨進度規劃及市場布建等相關工作規劃，可讓芒果產銷體系更加順暢。依據過去經驗農民慣用果實外觀或歷年來的採收日期判斷採收時機，學研單位則建議以花後日數 (day after bloom, DAB) 估算採收時間，但近年由於氣候變遷，作物生育環境不斷變動，進而影響栽培管理模式甚鉅，若能利用積溫 (growing degree days, GDD) 探討芒果採收期預測的可行性，協助農民面對氣候變遷下的生產挑戰，更能精準掌握產期。

積溫具有科學依據且為可量化的分析方法，以作物發育對溫度的敏感性為基礎，藉由每日氣溫與基準溫度 (base temperature) 之差值進行累加，推估作物進入特定生育階段所需之熱量累積，此方法廣泛應用於多種作物之生育期預測與採收時機決策，相較於 DAB，積溫納入氣候因子，反映當下環境條件對作物生育之影響，尤其在氣候變遷的環境下，更提升預測之穩定性與準確度。

利用溫度預測芒果採收期的研究始於 1947 年，當時建議溫度高於 17.9°C 累積達 1,000 小時，即為適宜的採收時機<sup>(2,8,10)</sup>，後續研究亦採用 17.9°C 作為基準溫度進行計算<sup>(6,8)</sup>。但基於不同品種、地區、氣候條件存在差異，亦有研究利用 10°C 作為基準溫度<sup>(7,11,13)</sup>，認為此溫度較能反映芒果在低溫環境下的生理活動起始點，特別是在亞熱帶地區栽培時更具實用性。另有研究選擇 12°C 或 13°C 作為基準溫度，並設置 32°C 為上限溫度<sup>(2,5)</sup>；甚至同一品種，亦可能基於各自地區的試驗數據與經驗，選擇不同的基準溫度進行分析<sup>(7,9)</sup>。綜上，上限溫度的設定，避免積溫在極端高溫的環境下被高估，適用於熱帶及亞熱帶之高溫季節<sup>(2)</sup>，而基準溫度會依據當地氣候條件、作物生長反應、試驗數據及實務需求進行調整。

芒果之生長與發育主要發生於 10 ~ 35°C 範圍內<sup>(3,11)</sup>，顯示 10°C 為一個具有生理意義的基準溫度，作為基準溫度具有較佳的通用性，因臺灣氣候型態較偏向亞熱帶氣候特徵，有明顯之冬季低溫，早春花期生育溫度尚低，且處於溫度波動較大的環境中，採用較低的基準溫度可更全面地納入早期生長期的熱量累積，有助於更精準的預測花果期發育進程與時間點，故選擇 10°C 作為芒果積溫計算之基準溫度、35°C 作為上限溫度，較能符合臺灣之氣候條件與作物之生長溫度。本研究以積溫理論為核心，針對愛文芒果果實自開花至成熟階段之熱量需求進行量化分析，評估其未來作為採收期預測工具之可行性，期能協助農民及相關單位提早因應產銷壓力，提升整體供應鏈之效率與穩定性。

## 材料與方法

以本場 (臺南新化) 愛文芒果成園植株為試驗材料，株齡 20 年以上，田區採慣行栽培，行株距 5 m × 4 m，36 株，2021 年至 2025 年於芒果花穗第一朵小花開放 (始花日, Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemical Industry)，簡稱 BBCH 指標<sup>(12)</sup>，第一朵小花開放之代碼為 610 (圖 1) 進行標定觀察，紀錄始花日及果實「在櫟紅」採收之日期。2021 年為觀察不同花期之積溫累計是否有明顯差異，利用摘花處理將部分植株之花穗



圖 1. 芒果花穗第一朵小花開放 (BBCH 指標 610 階段) 與「在穠紅」採收階段

Fig. 1. Initial flowering of the first bisexual flower on mango inflorescence (BBCH stage 610) and the tree-ripe harvest stage

進行摘除，促使腋花穗萌發為二次花穗以延後花期。花穗生長時即開始飼養授粉昆蟲麗蠅幫助授粉，以利授粉時間能趨近於始花日，疏果時保留最大顆（原則上授粉較早）之果實，以增加始花日至採收日之日期區間準確性，每花穗保留一粒果實視為一重複，各年度果實實際採收數量如表 1，以 2024 年調查樣本數量較多。2021 年至 2023 年於著果期每週進行果實長度測量直至果實體積不再明顯變化，果實生育後期增加果實寬度與厚度的測量以利計算接近成熟期時之體積變化。90% 綠熟期是利用內插法反推「在橫紅」果實體積達到採收體積的 90% 之日期，將採收時果實體積設定為 100%，果實體積 = 果實長度 × 寬度 × 厚度，每年試驗之始花日期、採收日期及果實數量如表 1。

表 1. 2021 年至 2025 年試驗期間愛文芒果各年度之始花日期、採收日期及果實數量

Table 1. Initial flowering dates, harvest dates, and number of fruits of 'Irwin' mango from 2021 to 2025

年度 Year	處理 Treatment	始花日期 Initial flowering dates	採收日期 Harvest dates	果實數量 Number of fruits
2021	一般花期	2/19 ~ 3/3	6/11 ~ 7/23	65
2021	摘花處理	3/12 ~ 3/26	6/18 ~ 7/31	98
2022	一般花期	2/4 ~ 3/24	6/27 ~ 7/25	93
2023	一般花期	2/3 ~ 2/20	6/15 ~ 7/8	68
2024	一般花期	1/25 ~ 3/12	6/11 ~ 7/22	1,248
2025	一般花期	2/4 ~ 3/15	6/22 ~ 7/23	321

試驗期間氣象資訊由臺南區農業改良場之農業氣象站取得，利用氣象站 24 小時的逐時氣溫進行計算，以 10°C 為基準溫度，35°C 作為上限溫度，若該小時氣溫低於 10°C 或超過 35°C，則小時積溫計算為 0，其餘情況下，以該小時氣溫扣除基準溫度 ( $T_{base}$ ) 10°C 後，並乘以 1/24 作為當日積溫的一部分，再將當日 24 小時有效積溫加總即為「每日有效積溫」( $GDD_{day}$ )；最後，將始花日至採收日的每日有效積溫累計，即為芒果的生長積溫 (GDD)，單位為「度日」(degree-days)。

$$\text{每日有效積溫 } GDD_{day} = \sum_{h=1}^{24} \left( \frac{T_h - T_{base}}{24} \right) \quad 10^{\circ}\text{C} \leq T_h \leq 35^{\circ}\text{C}, T_{base} = 10^{\circ}\text{C}$$

$$\text{積溫 } GDD = \sum_{d=d_1}^{d_2} GDD_{day} \quad d_1 \text{ 為始花日}, d_2 \text{ 為採收日}$$

生育日數以每 5 天為一個區間、積溫每 50 度日為一個區間進行果實採收量數據累計與資料整理，並將當年度果實採收數量累計達總數之 50% 時視為採收高峰。

## 結果與討論

2021 年至 2025 年試驗期間各年度之始花日期與採收日期稍有落差，始花日期自 1 月下旬至 3 月下旬，採收日期自 6 月上旬至 7 月下旬，生育期約 4 ~ 5 個月，2021 年摘花處

理花期延後約 2 ~ 3 週，採收期亦延後約 7 ~ 10 日 (表 1)。2025 年原始標記花穗數為 874 個，但因當年度 2 月長時間低溫造成授粉不良，及後續颱風落果受損等因素，導致實際採收果實數量僅為 321 個。愛文芒果在臺灣採收以樹上後熟之「在欖紅」果實為主，2021 年至 2025 年試驗期間一般花期之「在欖紅」採收積溫範圍為 1,513 ~ 2,379 度日，生育日數為 102 ~ 165 日。若以果實採收數量達到 50 % 視為採收高峰，各年度之採收高峰積溫值介於 1,940 ~ 2,020 度日，差距為 80 度日；採收高峰日數介於 126 ~ 136 日，差距為 10 日 (表 2)，年度間差異不大，顯示愛文芒果自開花至果實完熟所需時間與積溫呈高度相關，積溫可作為預測「在欖紅」完熟芒果採收高峰期之方法，且各年度採收高峰之積溫值差距為 80 度日，若以夏季採收期每日平均氣溫 27 ~ 29°C 計算，相當於 4 ~ 5 日的積溫累積值 (圖 2)，相較於利用花後日數的採收高峰期 10 日差距，積溫方法更加精準。

於 2021 年試驗中，果實生長至「在欖紅」的積溫範圍為 1,513 ~ 2,273 度日，採收高峰積溫為 1,940 度日，該年度另以摘花處理方式產生二次花穗以延後花期，並調查不同花期下之積溫變化。結果顯示，摘花處理之採收積溫範圍為 1,476 ~ 2,274 度日，採收高峰積溫為 1,958 度日，與一般花期採收高峰積溫 1,940 度日，相差僅 18 度日 (表 2)，相當於採收期 1 日的積溫累積值 (圖 2)；然而，兩者利用花後日數採收高峰日數則分別為 126 日與 120 日，相差達 6 日，再次顯示積溫比起花後日數有更佳之預測準確度。試驗過程中，也發現當花期生育溫度偏低時，早期花通常較晚期花有較長之生育日數，造成數值的落差；但利用積溫方式則可減小落差的幅度，於 2021 年試驗中也可以觀察到此一現象，一般花期之開花時間較摘花處理早 (表 1)，其採收高峰日數 126 日明顯較摘花處理 120 日多 6 日；生育日數範圍 102 ~ 147 日也比摘花處理 91 ~ 141 日多 6 ~ 11 日 (表 2)，顯示早期花具有較長的生育日數。一般花期之積溫範圍 1,513 ~ 2,273 度日，區間差為 760 度日，若以夏季積溫累積值每日約 18 度日進行估算，則相當於 42.2 日，此估算值低於生育日數範圍 102 ~ 147 日區間差 45 日；同理，摘花處理之積溫範圍 1,476 ~ 2,274 度日，區間差為 798 度日，依相同方法推算約為 44.3 日，亦低於生育日數範圍 91 ~ 141 日區間差 50 日。綜合上述結果，以積溫作為花果期生育進程的指標，較以花後日數估算更能反映生育發育進程，進而提升未來預測之準確度。

雖然臺灣之愛文芒果多以「在欖紅」果實為主要採收模式，但部分品種因樹上後熟過程易出現生理劣變，導致果實失去商品價值，故須於綠熟期採收以確保果實品質。本試驗於 2021 年至 2023 年間，利用果實長度、寬度及厚度進行非破壞性測量，據以計算果實生育期間之體積變化，並以採收時果實體積為 100% 基準，當果實體積達 90% 視為綠熟期採收。結果顯示，2021 年至 2023 年之採收高峰為花後 93-118 日，對應積溫為 1,414 ~ 1,583 度日 (表 2)，具有一定之穩定性，綠熟期採收亦可利用積溫進行預測。但進一步分析 2023 年資料發現，體積達 90% 之綠熟期果實採收高峰，其積溫與生育日數均較 2021 年及 2022 年略為延後，達 1,583 度日；然而，「在欖紅」果實之採收時間與其他年度相比則差異不大 (表 2)，推測原因可能與氣候條件差異有關：2022 年主要降雨期雨量偏低，自 2022 年 10 月至 2023 年 4 月累積雨量僅 29 mm (圖 3)，導致 2023 年花果生育初期土壤極度乾燥，果實生育後期降雨才逐漸增加，致使果實在接近成熟階段仍持續緩慢膨大，與一般果實生長曲線於成熟期趨於平緩樣態不同 (圖 4)，進而使該年度綠熟期推估時間略為延後，故利用果實體積推算硬熟期採收時機之方法可能會受果實生長環境因素干擾，但「在欖紅」採收時間則相對穩定。

表 2. 2021 年至 2025 年試驗期間愛文芒果之採收積溫與生育日數

Table 2. Growing degree days and days after flowering to harvest of 'Irwin' mango during the 2021–2025 experimental period

年度 Year	處理 Treatment	成熟期 Maturity pattern	採收高峰積溫 Growing degree days at peak harvest (degree-days)	採收高峰日數 Days after flowering at peak harvest (days)	積溫範圍 Range of growing degree days (degree-days)	日數範圍 Range of days after flowering (days)
2021	一般花期	90% 綠熟期	1,414	95	1,230 ~ 1,673	86 ~ 112
2021	摘花處理	90% 綠熟期	1,443	93	1,100 ~ 1,850	73 ~ 117
2022	一般花期	90% 綠熟期	1,424	101	1,197 ~ 1,980	86 ~ 136
2023	一般花期	90% 綠熟期	1,583	118	1,358 ~ 1,757	102 ~ 130
2021	一般花期	在欖紅	1,940	126	1,513 ~ 2,273	102 ~ 147
2021	摘花處理	在欖紅	1,958	120	1,476 ~ 2,274	91 ~ 141
2022	一般花期	在欖紅	2,020	132	1,667 ~ 2,379	109 ~ 161
2023	一般花期	在欖紅	1,950	136	1,612 ~ 2,093	115 ~ 148
2024	一般花期	在欖紅	2,002	133	1,558 ~ 2,379	104 ~ 165
2025	一般花期	在欖紅	1,950	131	1,614 ~ 2,350	107 ~ 163

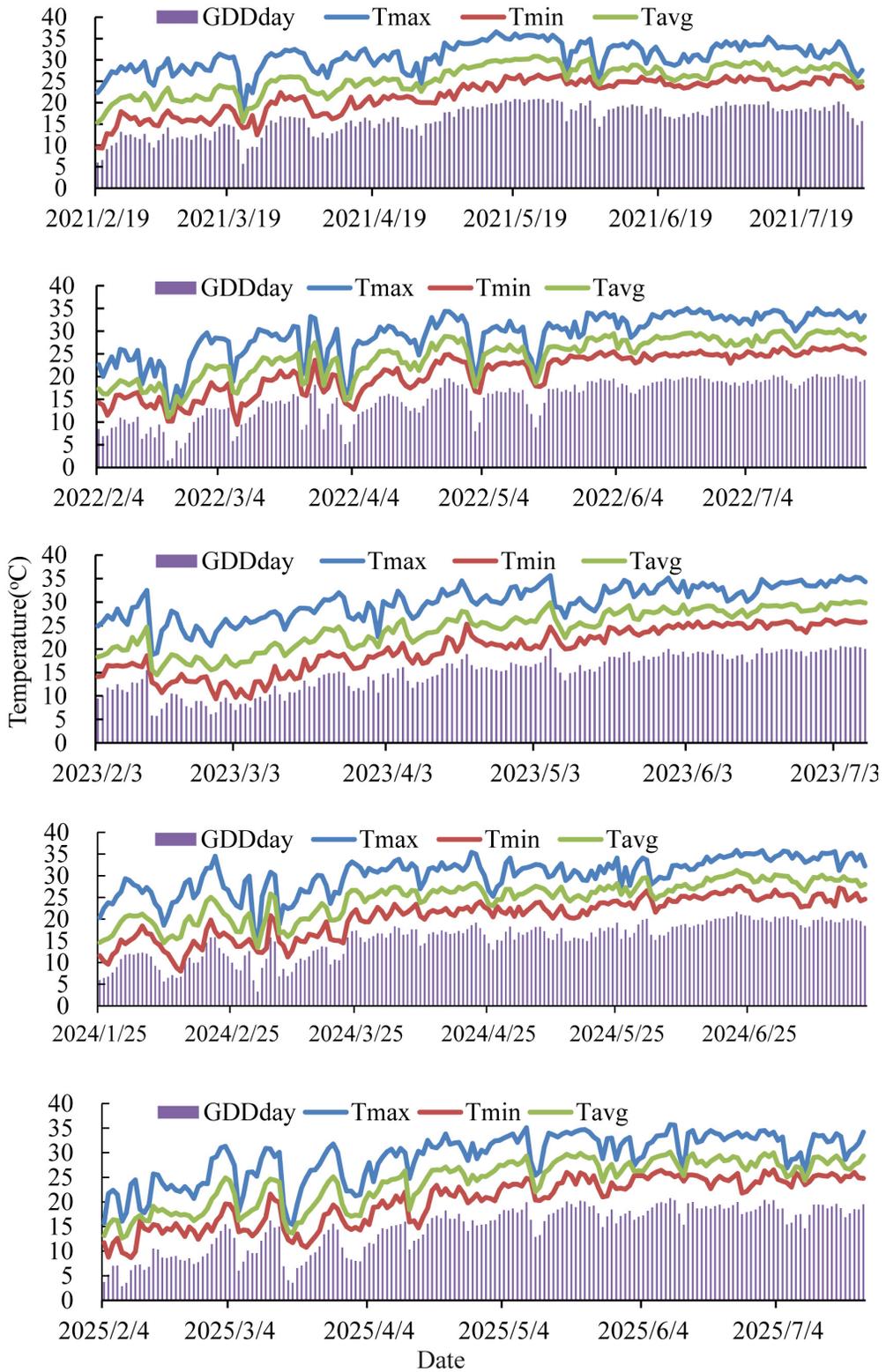


圖 2. 2021 年至 2025 年試驗期間每日最高溫度 (Tmax)、最低溫度 (Tmin)、平均溫度 (Tavg) 與每日有效積溫 (GDD<sub>day</sub>)

註：每日有效積溫 (GDD<sub>day</sub>) 計算以 10°C 為基準溫度、35°C 為上限溫度。當小時氣溫低於 10°C 或高於 35°C 時，小時積溫為 0；其餘則以「小時氣溫 - 10°C」乘以 1/24 計入當日積溫，將 24 小時的有效積溫加總即為每日有效積溫。

Fig. 2. Daily maximum temperature (Tmax), minimum temperature (Tmin), average temperature (Tavg), and daily growing degree days (GDD<sub>day</sub>) during the experimental period from 2021 to 2025

Note: The calculation of daily growing degree days (GDD<sub>day</sub>) adopts 10°C as the base temperature and 35°C as the upper temperature threshold. When the hourly air temperature is below 10°C or above 35°C, the hourly thermal contribution is assigned a value of zero. For all other hours, the hourly contribution is computed as (hourly temperature - 10°C) × 1/24. The sum of the effective hourly contributions over 24 hours constitutes the daily growing degree days.

利用積溫進行芒果物候期調查之研究，因研究之品種、基準溫度設定或起始花期狀態不同，較難相互引用比較，但多數研究顯示早生品種在多個物候期階段所需的積溫較晚生品種少，特別是花穗生長所需天數與積溫累進效率有負相關性，意即溫度越低，生長所需日數越長<sup>(4,6,13)</sup>，這些對熱量需求較低、能較早熟的品種特性可作為育種或栽培管理之參考<sup>(6)</sup>。不同研究中，積溫數值差異大，熱帶及亞熱帶地區若無設定上限溫度則積溫數值易較高，例如 Ramteke 等人在印度進行 9 個芒果品種之積溫調查，以 10°C 為基準溫度，從花穗出現到果實成熟期 (BBCH 指標 511 到 801)，所需的積溫範圍為 3,095 ~ 3,811 度日<sup>(13)</sup>；公認之早熟品種 Dashehari 在亞熱帶地區果實成熟期積溫為 1,655 ~ 2,597 度日<sup>(4)</sup>；與本研究結果較為相近的是與愛文同為海頓 (Haden) 後代的中生品種 Tommy Atkins，在 13 ~ 32°C 區間進行積溫累積計算，從花序中約三分之二開花階段 (Christmas tree stage) 至採收積溫為 1,419 ~ 1,429 度日<sup>(5)</sup>；另一團隊在墨西哥調查 Tommy Atkins 品種以 10°C 為基準溫度，無上限溫度，Christmas tree stage 至採收積溫為 1,600 度日<sup>(11)</sup>。

在不同的研究報告中，試驗者使用的物候期階段與敘述方法各有不同，有人使用 BBCH 指標，有人使用傳統對芒果狀態的描述，例如 Asparagus stage (花穗初生階段)、Christmas tree stage (花序中約三分之二花開的階段)、Fruit set stage (著果階段)、Pea Stage (果實如豌豆大小) 等。商業應用上常以 Christmas tree stage 為觀察敘述，因其較容易進行大面積之目測，但是否達到三分之二開花常因主觀判斷而有誤差，加上觀測方式不同，有人使用「早期花」與「晚期花」的芒果植株標記觀察，有人是依據整個果園花期的平均進行估計，結果造成同為 Calypso 芒果品種，在不同地點與季節中觀察到的積溫範圍為 1,300 ~ 1,820 度日不等，最終研究團隊取某些地點之平均值，訂定目前已被業界採納的建議目標值為 1,640 度日<sup>(2)</sup>。為避免上述情形發生，本研究使用相對客觀之 BBCH 指標 610 階段，相較於開花量的判斷，「第一朵小花開放」之質性敘述較能降低人為判斷之誤差，增加應用之準確度，未來可用於工作規劃安排，例如利用早花之始花日推估最早之果實採收時間；也可利用採收高峰期預估大量出貨時間，事先進行訂單管理與出貨規劃，讓產銷更加順暢。

果實採收數量在固定之花後日數區間或積溫區間，隨時間推移呈現常態分布 (圖 5 至圖 10)，即採收初期與末期的果實數量較少、中期最多。當調查樣本數量增加時，此常態分布趨勢更為明顯，呈左右對稱之鐘型曲線分布 (圖 9)，果實成熟時序分布為常態分布之結

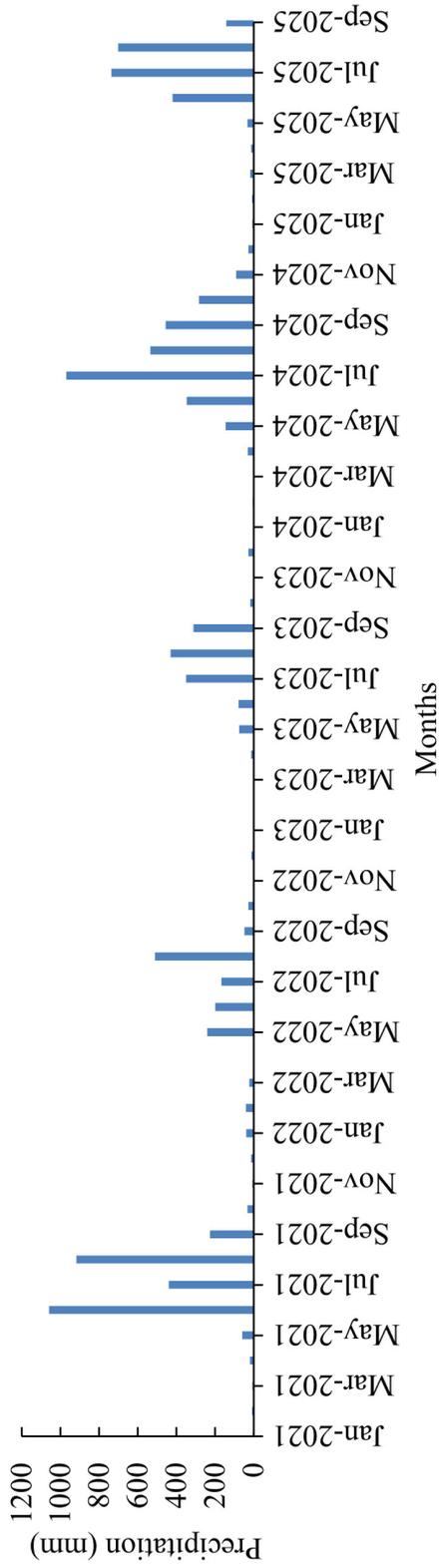


圖 3. 2021 年至 2025 年試驗期間每月雨量

Fig. 3. Monthly precipitation during the experimental period from 2021 to 2025

果與前人研究相符<sup>(9)</sup>。這種大多數果實成熟集中於採收區間中期之特性，也使得累積採收百分率呈典型的 S 形曲線，中期曲線斜率明顯上升即為盛產期 (圖 5 至圖 10)。由於臺灣春季氣候較不穩定，溫度變化極大，導致試驗期間花果生育初期每日積溫累積變化幅度較大 (圖 2)，但即使歷經不同年度之氣象條件，各年度之積溫資料仍展現出一定之穩定性，積溫指標可反映氣溫變化，具氣候調適潛力，為有效的產期預測工具，未來即可利用氣象資料或氣象預報進行當年度之果實發育階段及成熟時間預測，有效協助管理者判斷生長階段與成熟期，並進一步規劃施肥、灌溉、採收人力等管理作業或選擇適地適種之品種<sup>(6)</sup>；此外，採收期的預測與市場策略的提前部署，亦可協助生產者在果實達到適當成熟度時採收，進而提升

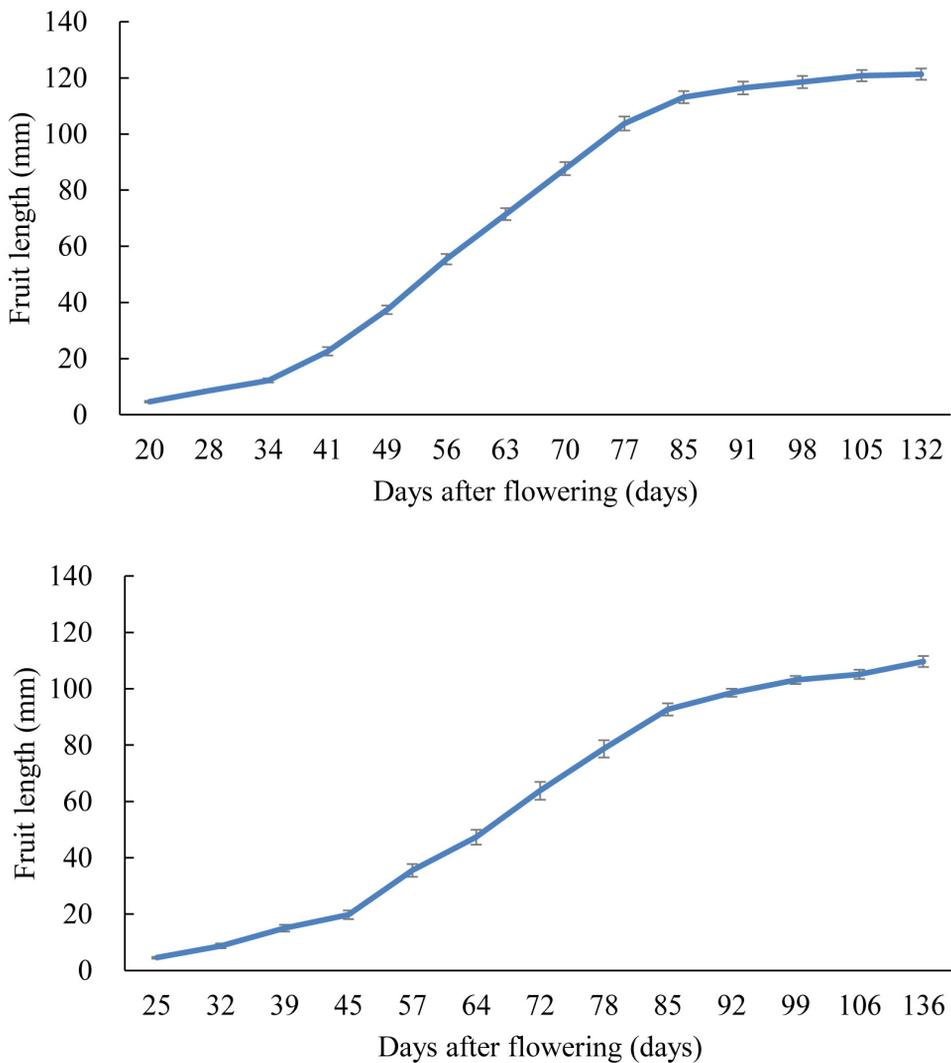


圖 4. 2022 年 (上) 與 2023 年 (下) 愛文芒果果實長度之生長曲線。數據以平均值表示 (n = 15)

Fig. 4. Growth curves of fruit length of 'Irwin' mango in 2022 (top) and 2023 (bottom). Data represent mean values (n = 15)

果實品質、延長貯藏壽命，降低採後損耗進而提升收益；面對氣候變遷所造成的季節變異與極端天氣事件，積溫指標可作為管理調適與育種的參考依據<sup>(2,11)</sup>，有助於果園之永續經營與穩定產能，強化氣候變遷下之生產韌性。

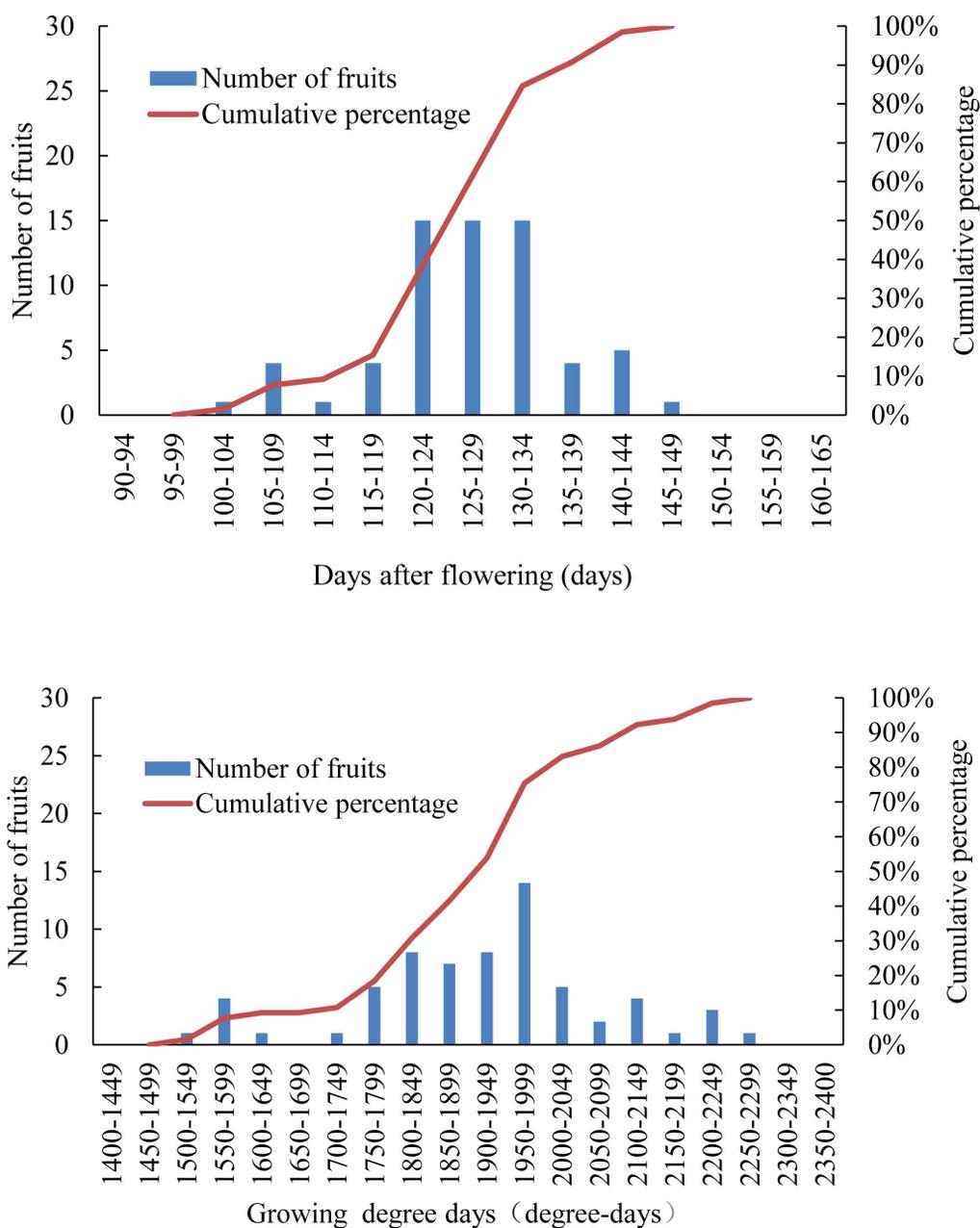


圖 5. 2021 年一般花期「在欖紅」採收之花後日數及花果期生育積溫

Fig. 5. Days after flowering and growing degree days during the flowering-to-fruit period for tree-ripe harvest in 2021 under natural flowering

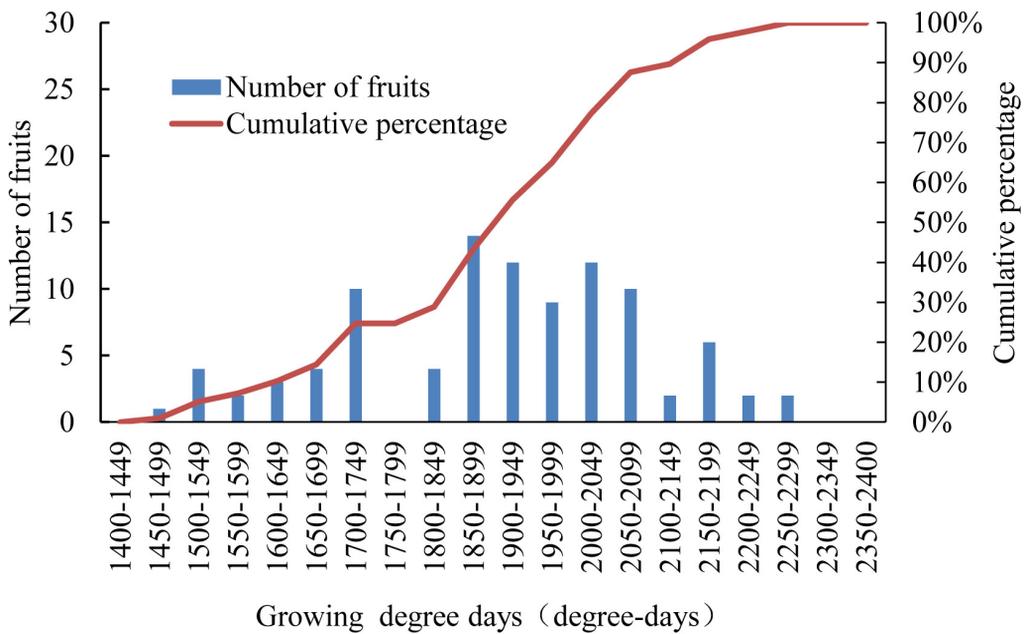
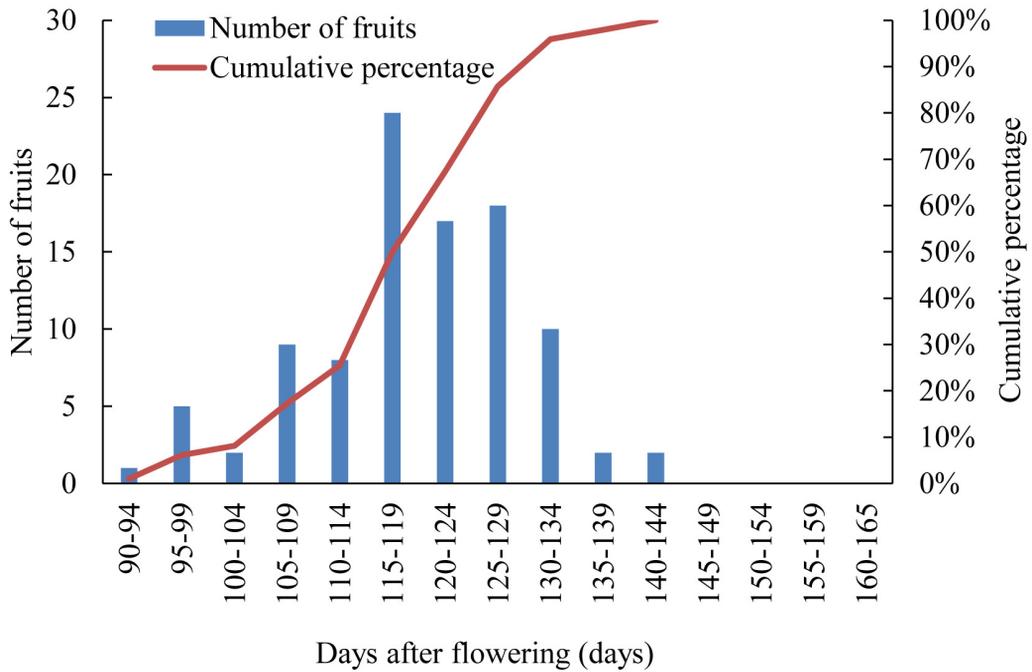


圖 6. 2021 年摘花處理「在橫紅」採收之花後日數及花果期生育積溫

Fig. 6. Days after flowering and growing degree days during the flowering-to-fruit period for tree-ripe harvest in 2021 under flower-thinning treatment

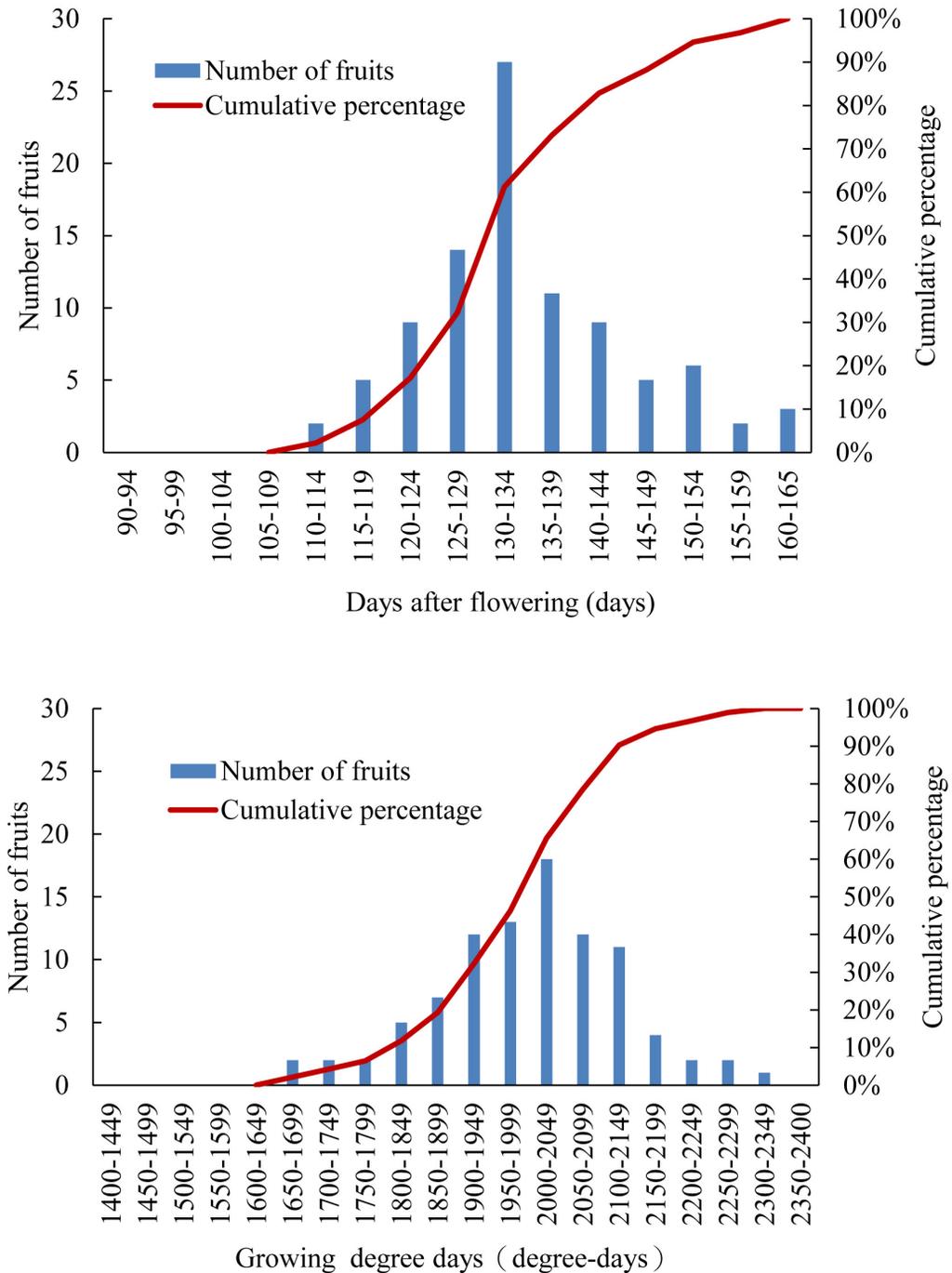


圖 7 2022 年一般花期「在橫紅」採收之花後日數及花果期生育積溫

Fig. 7. Days after flowering and growing degree days during the flowering-to-fruit period for tree-ripe harvest in 2022 under natural flowering

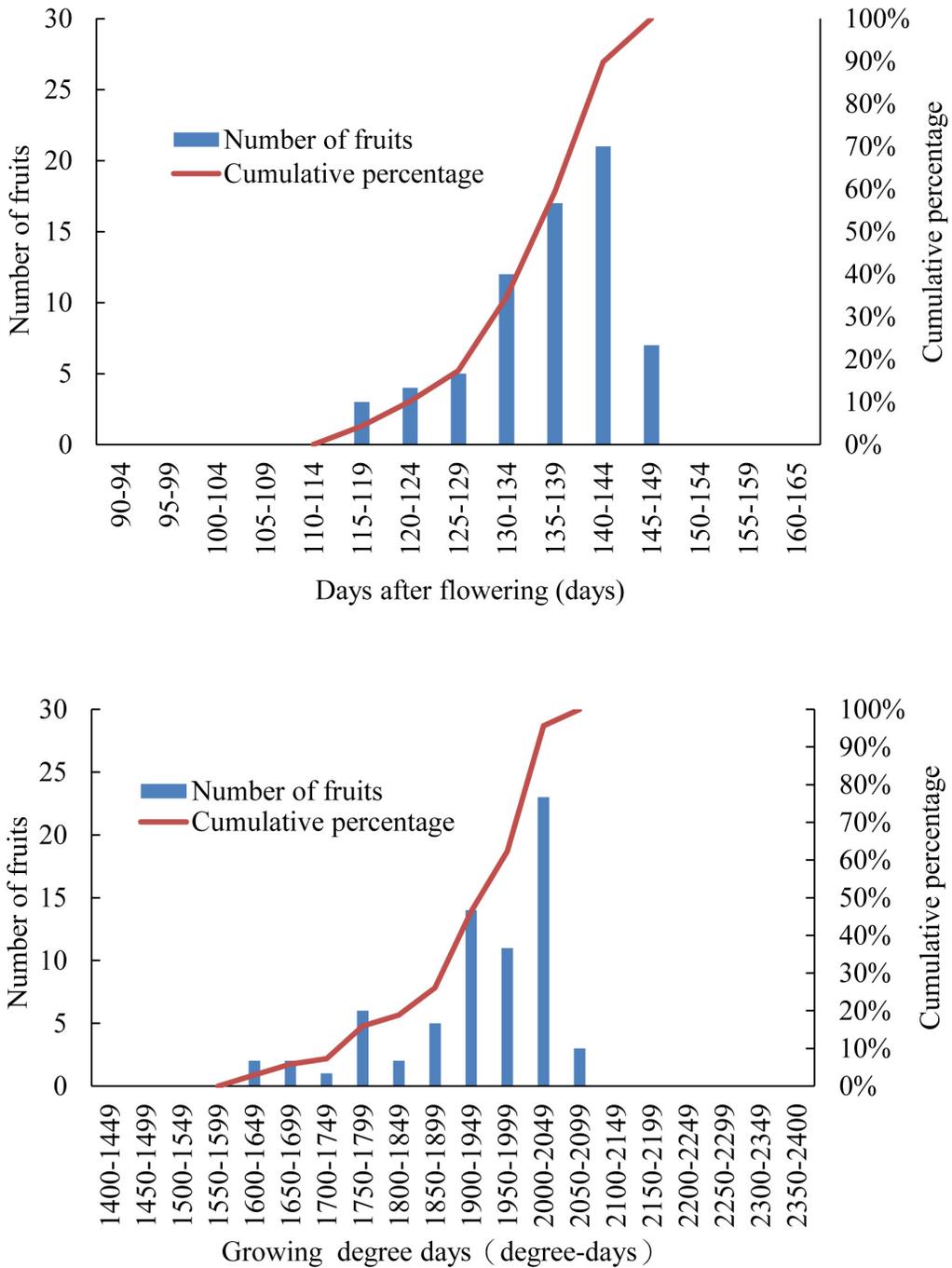


圖 8. 2023 年一般花期「在欖紅」採收之花後日數及花果期生育積溫

Fig. 8. Days after flowering and growing degree days during the flowering-to-fruit period for tree-ripe harvest in 2023 under natural flowering

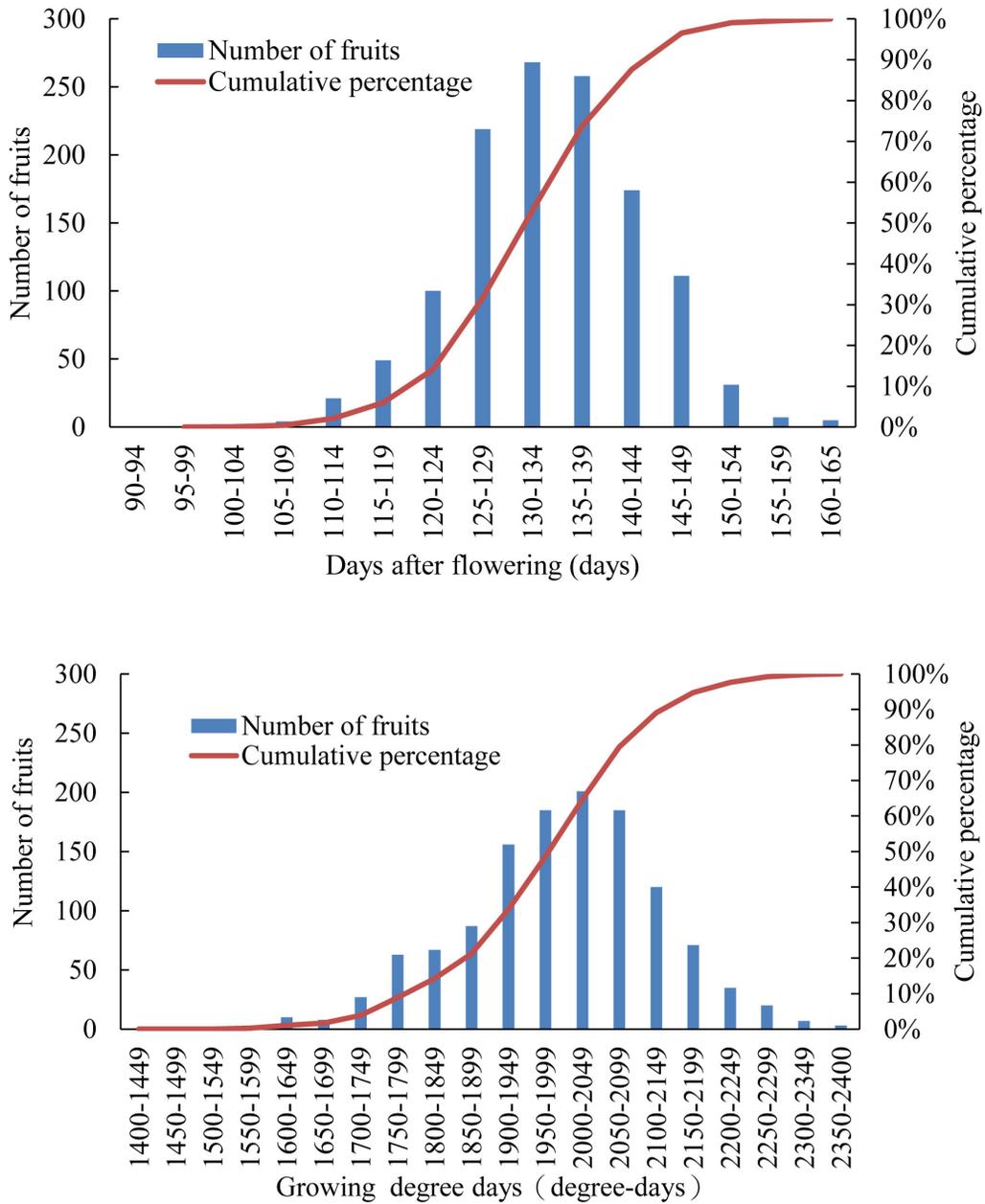


圖 9. 2024 年一般花期「在穠紅」採收之花後日數及花果期生育積溫

Fig. 9. Days after flowering and growing degree days during the flowering-to-fruit period for tree-ripe harvest in 2024 under natural flowering

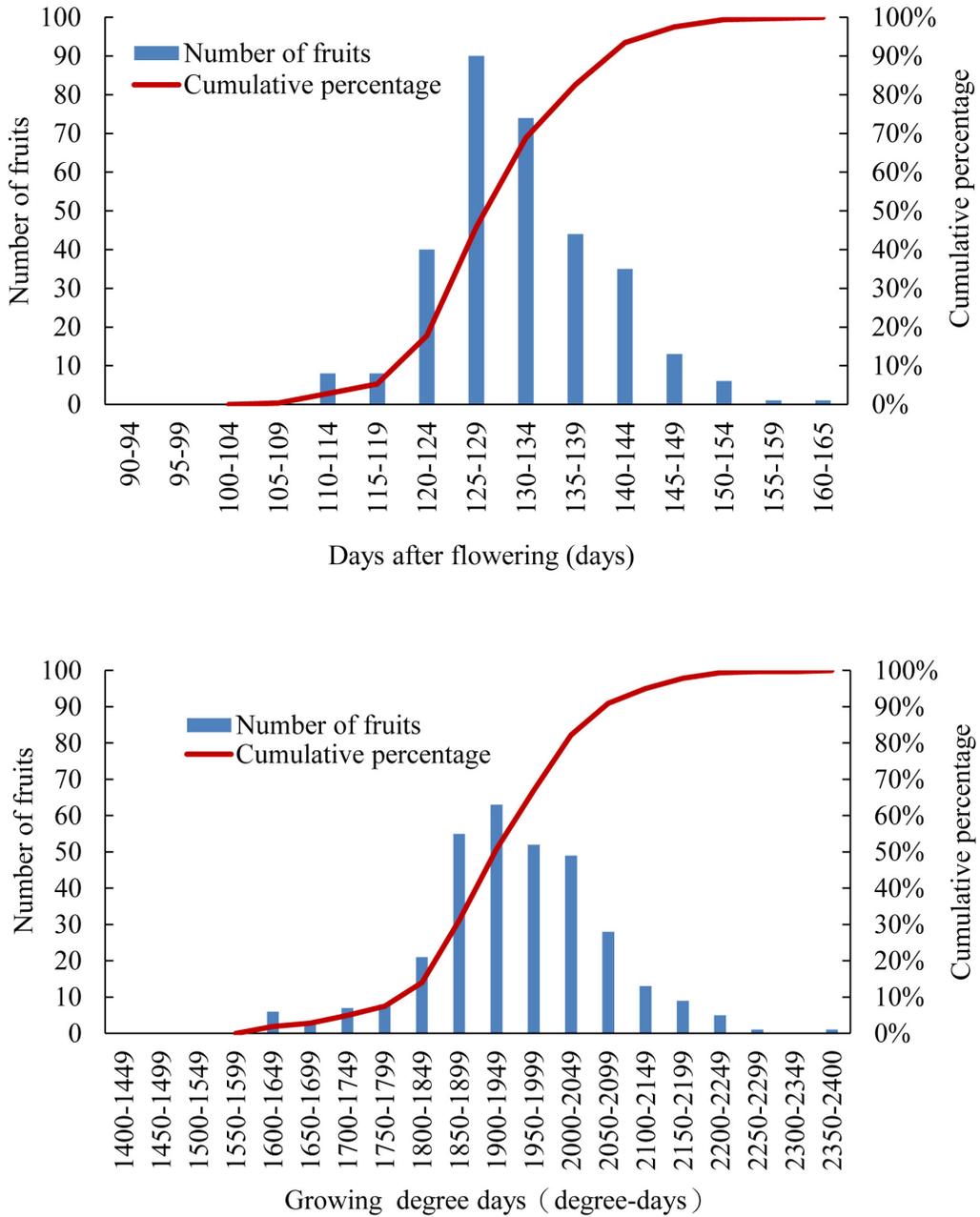


圖 10. 2025 年一般花期「在橫紅」採收之花後日數及花果期生育積溫

Fig. 10. Days after flowering and growing degree days during the flowering-to-fruit period for tree-ripe harvest in 2025 under natural flowering

## 結 論

本研究調查分析 2021 年至 2025 年間愛文芒果採收期之積溫變化，一般花期「在欖紅」果實的發育積溫介於 1,513 ~ 2,379 度日，採收高峰主要集中在 1,940 ~ 2,020 度日，年度間差異不大，積溫有潛力作為預測「在欖紅」芒果採收之方法，且適用於不同年份及花穗摘折之產期調節處理，顯示其穩定性高，綠熟期果實的積溫也可作為早期採收時機的判斷依據。本研究以 BBCH 指標 610 階段「第一朵小花開放」為積溫起點，有助於提升資料一致性與未來應用的準確性。整體而言，透過積溫資料建立，不僅能進行未來果實產期預測與產銷工作規劃，也有助於因應氣候變遷、降低產銷風險，促進芒果產業穩定與永續發展。

## 致 謝

本研究得以順利推展，特別感謝國立臺灣大學農藝學系劉力瑜教授於試驗數據整理與分析過程中所提供之寶貴指點與建議，劉教授在資料分析與結果詮釋上的專業協助，使本試驗之資料處理得更臻完善，亦讓研究方向與未來預測應用具備更明確之可行性，在此謹致上誠摯謝意。

## 引用文獻

1. Adak, T. and N. Babu. 2025. Recent changes in thermal indices in Mango cv Dashehari under subtropical climate. *J. Eco-Friendly Agr.* 20(1): 99-108.
2. Amaral, M. H., C. McConchie, G. Dickinson, and K. B. Walsh. 2023. Growing degree day targets for fruit development of Australian mango cultivars. *Hort* 9(4): 489.
3. Benachio, S. and W. Avilán. 1982. Agroclimatic assessment approaches for major cropping areas of Venezuela. *Ceniap-inia*. Maracay, Venezuela.
4. Bhise, D. R., Bhosale, A. M. Kharat, M. A., and K. M. Naik. 2022. Effect of heat units and time period on maturity indices of different varieties of mango (*Mangifera indica* L.). *The Pharma Innovation J.* 11(12): 2806-2808.
5. Castro, W. C., J.C. Rodrigues, and A.M.L. Sousa. 2017. Thermal necessity of mango trees from northeast Para's state, Brazil. *Revista Brasileira Agricultura Irrigada.* 11(6): 1116-1126.
6. Chalak, S. U., S. J. Patil, and B. M. Mote. 2023. Heat unit requirement for different phenophases in mango varieties under south Gujarat condition. *Indian J. Hort.* 50(1): 230-233.
7. Hofman, P. 2011. Development of best practice pre- and postharvest protocols for production of Calypso mango: Phase 2. Hort. Australia Limited. Sydney, Australia.
8. Kushwaha, A. K., D. Thukkaram, D. Rastogi, N. S. Singh, K. Beer, P. Debnath, V. Dayal, A. Yadav, S. S. Das, A. Bajpai, and M. Manoharan. 2025. Climate-induced heat stress responses on indigenous varieties and elite hybrids of mango (*Mangifera indica* L.). *Agriculture* 15:1619.
9. Moore, C. 2010. Developing a Crop Forecasting System for the Australian Mango Industry.

- Hort. Australia Limited. Sydney, Australia.
10. Oppenheimer, C. 1947. The acclimatization of new tropical and sub-tropical fruit trees in Palestine. *Bul. Agr. Res. Sta. Rehovot* 44: 184-189.
  11. Osuna García, J. A. 2019. Validation of the Heat Unit's Technique to Determine the Optimum Harvest Time on Main Exporting Mango Varieties. INIFAP and National Mango Board. Nayarit, Mexico.
  12. Rajan, S., D. Tiwari, V. K. Singh, P. Saxena, S. Singh, Y. T. N. Reddy, K. K. Upreti, M. M. Burondkar, A. Bhagwan, and R. Kennedy. 2011. Application of extended BBCH scale for phenological studies in mango (*Mangifera indica* L.). *J. Applied Hort.* 13: 108-114.
  13. Ramteke, V., A. Sanadya, N. Kumar, and A. K. Kerketta. 2022. Thermal requirement for phenophases of mango varieties in the sub humid tropics of east central India. *Indian J. Hort.* 79(4): 425-430.

# Preliminary investigation of accumulated temperature from flowering to maturity in 'Irwin' mango<sup>1</sup>

Shih, P. Y.<sup>2</sup>, T. A. Chen<sup>3</sup>, C. S. Chang<sup>2</sup> and T. S. Lin<sup>4</sup>

## Abstract

To investigate the relationship between mango fruit development and accumulated temperature, 'Irwin' mango trees cultivated at the Tainan District Agricultural Research and Extension Station were used as experimental materials. From 2021 to 2025, the dates of first flower bloom on the inflorescence (initial flowering) and harvest of fully ripened ("tree-ripe") fruits were recorded, along with corresponding accumulated temperatures. Results showed that the number of harvested fruits followed a normal distribution over time, and the cumulative harvest rate exhibited an S-shaped curve, with a markedly higher volume of mature fruits occurring during the mid-harvest period. For fruits from the main flowering period, the harvest occurred 102 to 165 days after flowering, with accumulated temperature ranging from 1,513 to 2,379 growing degree days (GDD). Peak harvest was concentrated between 126 and 136 days after flowering, corresponding to 1,940 to 2,020 GDD. Interannual variation was minimal, indicating a strong correlation between the time from flowering to fruit maturity and temperature accumulation. These findings suggest that accumulated temperature serves as a more precise indicator than days after flowering for predicting mango harvest periods. It can be effectively used for production forecasting and marketing planning, providing more flexible and dynamically adjustable information for harvest scheduling under variable climatic conditions.

### **What is already known on this subject?**

At present, there are no published studies in Taiwan specifically focusing on accumulated temperature in mango cultivation.

### **What are the new findings?**

This study continuously recorded the dates from flowering to harvest of mangoes over a five-year period and calculated the corresponding accumulated temperature, providing a valuable reference for future research.

### **What is the expected impact on this field?**

By utilizing accumulated temperature data and meteorological information, it is possible to predict the harvest period of mangoes, which can support more effective harvest scheduling and production-marketing planning.

**Key words:** Mango, Growing Degree Days, Harvest Period Forecast

Accepted for publication: November 21, 2025

- 
1. Contribution No.593 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.
  2. Assistant Researcher, Researcher and Chief of crop improvement division, respectively, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712009, Taiwan, R.O.C.
  3. Consultant of Link Join Agricultural Technology Co., Ltd.
  4. Emeritus Professor of Department of Horticulture and Landscape Architecture, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.
- \* Corresponding author, Email: pyshih@mail.tndais.gov.tw.