

從實地調查到預警工具應用 草莓因應氣候變遷的調適

撰文 | 農業試驗所 何佳勳、楊滿霞、李長沛
苗栗區農業改良場 葉人豪
中央氣象署 張惠玲

前言

農業為高度依賴環境條件之產業，氣候與天氣變化對農作物生產具直接且顯著之影響，如何有效應用氣象預報資訊，強化作物調適與管理措施，以降低極端氣候事件所造成之農業損失，已成為當前重要的研究課題。草莓為臺灣高經濟價值作物之一，主要栽培於中北部地區，尤以苗栗大湖最具代表性。依據112年農業統計年報資料顯示，草莓栽培面積約586公頃，主要產區以苗栗縣（522公頃）為主，其他面積則零星分散至新竹縣、臺中市及南投縣等其他縣市。由於草莓果實酸甜適口且富含濃郁香氣深受消費者喜愛，其廣泛應用在鮮食、加工與觀光農業等多元用途，對地方經濟與休閒農業發展具有重要貢獻。

草莓屬溫帶作物，其生長適溫約為18至25°C，溫度高於30°C會阻礙其生長，造成果實減產且降低果實品質。隨著全球氣候變遷日趨明顯，再加上極端天氣事件頻繁，對草莓生產造成極大衝擊，如何結合氣象資訊強化栽培管理，成為農業調適的重要方向。

草莓栽培作業與生育期調查

為瞭解草莓農友在實務上的栽培管理方式，本研究訪談了來自不同地區的草莓農戶，包含桃園觀音、新竹關西、苗栗大湖、臺中清水、南投埔里及嘉義太保，並蒐集其在育苗、定植、開花與採收等生育階段的操作時間與管理考量。訪談農民之育苗面積約0.05－1公頃，以提供自家草莓生產為主，而生產面積約0.25－4公頃，主要作為觀光採果或宅配自銷（如右表）。草莓栽培

受訪草莓農民的生產概況

受訪者	育苗面積（公頃）	育苗場域	生產面積（公頃）	生產場域
桃園觀音－1	0.25	溫室高架	0.25	溫室高架
新竹關西－B1	0.1	露天高架	0.77	露天高架
新竹關西－B2	0.15	溫室高架	0.3	露天高架 / 溫室高架
苗栗大湖－C1	0.05	露天高架	0.3	露天土耕 / 溫室土耕
苗栗大湖－C2	0.1	露天高架	0.35	露天土耕 / 露天高架
臺中潭子－D1	1.1	露天高架 / 溫室高架	3	露天土耕 / 網室高架
臺中清水－E1	4.5	溫室高架	0.1	溫室高架
南投國姓－F1	0.15	露天高架	0.65	露天土耕
南投埔里－G1	1	溫室高架	0.8	露天 / 溫室高架
嘉義太保－H1	0.4	溫室高架	0.4	溫室高架

品種多元化，經訪談調查有「紅顏」、「香水」、「天來3號」、「優雪」及「台農1號」等，其中以「香水」為最大宗。各農戶的操作時間雖略有差異，但都展現出對氣候條件與市場時機的靈活調整能力。

育苗方式多元 培育時間差異明顯

受訪農友中，有些自行採種育苗，最早在12月便開始育苗準備，最晚甚至到翌年5月產季結束後才開始（圖1）。育苗方式包含傳統走莖繁殖，也有少數農友導入外購組織培養苗（組培苗），將其養成母株後再繁殖。組培苗的育苗起始時間多在每年4－5月，可節省約4－5個月的育苗作業時間，雖然組培苗通常不帶病原，但出瓶後仍需謹慎管理以防感染病害。

定植策略：搶早市還是避風險？

定植時間因地區與作物安排而異，北部農友多在9月中旬進行定植，其他地區則普遍在10月（下頁圖1），部分農戶因蔬果育苗或夏季生產番茄等因素而延後定植。雖然近年氣候轉涼時間逐漸延後，有農友考慮將定植推遲1至2旬，以降低早期熱害與病害風險，但大多數農戶仍傾向儘早定植以搶得高價市場先機，尤其在能提升定植存活率的條件下。

花期開始：轉涼時間是關鍵

多數農友表示，第一期花大約在定植後30天左右開花，時間多落在11月上旬至中旬。但定植時間過早且當時氣溫尚未轉涼時，會使花芽分化延後，甚至出現植株徒長等情況。因此農友普遍會視當年氣候狀況調整定植時機，以利花期正常展開。

採收安排：延長產期靠設施與氣候配合

草莓為連續採收作物，絕大多數受訪者表示會將採收期延續至228連假過後，因為此段期間仍有較佳的市場價格。3月之後價格走跌，若遇連續降雨，不少農戶會選擇讓草莓自然結束產季。不過，也有少數農戶因應市場需求，若溫度回升較慢，會延後至母親節

前後持續採收；而從事溫室生產者則因不受雨水影響，普遍可延長至4月左右。

高溫風險不容忽視：草莓溫害觀察與產區歷年溫害發生機率

草莓屬溫帶作物，其生產栽培仰賴適宜之環境與氣候條件，由於草莓耐熱



圖 1、草莓主要訪談區域之生育期。

性較低，因此在臺灣栽培時，高溫往往是影響生育表現與產量穩定的主要氣候因子。從受訪農友的經驗來看，草莓栽培過程中較常見的溫害情形，集中在育苗期與定植初期的高溫。

育苗期高溫：降低育成率，病害頻傳

受訪者指出，育苗期若遇高溫，常見問題包括病害好發（如炭疽病、葉枯病、萎凋病）、葉片捲曲、熱障礙、新葉焦黃、根系吸收不良及走莖繁殖速度變慢等，而高溫導致的苗株不健壯，會影響後續整體栽培效率。草莓農友常見的因應對策，包含遮陰網降溫、灑水或盆底灌溉、生物製劑與藥劑防治、補充鈣肥、肥培管理，以及抗病品種選用與即時剔除病株等。農友普遍表示這些措施效果雖有幫助，但很難量化能挽回多少產量，且若病勢擴大未即時處理，往往會出現「全軍覆沒」的慘況。

定植初期高溫：影響存活率與花芽分化

受到氣候變遷影響，近年來草莓定植期間經常出現30至34℃高溫，設施內更高達35℃以上，因此容易出現「整株枯死」、「燒根」、「花芽分化延後」、「病蟲害增多」等問題。受訪者提到，補植率從5%到50%不等，與苗期篩選標準、抗病品種選用及田間管理習慣有關。有些農戶會延後定植1到2旬甚至1個月，以避開熱害。不過，也有農友指出即使延後定植，開花時間與早

定植者相近，顯示花芽分化仍受到氣候與日照條件調控；此外，早定植仍有搶得高價早期市場的優勢，多數農友仍傾向在確保苗健壯的前提下，盡量提早定植。部分農戶也指出，在土耕搭配銀黑塑膠布覆蓋的情況下，地表溫度更容易升高，導致倒苗情形明顯增加。有農友表示，過去會等定植存活穩定後再蓋布，近年因人力緊縮改為先鋪布再定植，也可能因此加劇高溫影響。相比之下，高架栽培系統的農戶較少反映高溫導致倒苗問題，但仍指出在高溫期間病蟲害及花芽延後情況較常見。

產季後期：高溫加速成熟，品質下滑

除了育苗與定植初期外，有農戶也提到，產季後期（3—4月）氣溫升高會使果實快速成熟、品質下降，出現果實偏小、風味不足的情況。不過，由於此時草莓價格本就偏低，多數農友選擇自然結束產季，不會特別投入防護或調適措施。

主要產區歷年溫害發生機率

草莓屬溫帶作物，除非出現4℃低溫，否則不會對植株造成影響，然而4℃低溫在全臺各產區出現頻率較低，因此本試驗僅分析草莓育苗期及定植初期主要產區之過去40年（1980—2020年）發生高於門檻值（32℃）月份之逐日視覺化圖。由圖2結果發現，桃園觀音、新竹關西、苗栗大湖、臺中清水、

南投埔里及嘉義太保等地區，在2015－2020年6－9月發生高於32°C頻度明顯高於1980－2014年之歷史資料。育苗期及定植初期高溫容易發生病蟲害及熱障礙等問題，導致育苗期之育成率不佳進而影響走莖繁殖，定植初期高溫則會延後花芽分化，因此需積極開發高溫調適及病蟲害管理策略。

氣候變遷加劇溫害風險，調適管理成為草莓生產關鍵技術

根據聯合國政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental panel on climate change, IPCC）第6次評估報告（AR6），未來氣候趨勢推估顯示，臺

灣的季節變化將更為極端：夏季長度可能延長至155至210天，而冬季則可能縮短至0至50天。儘管冬季縮短，低溫事件的強度仍可能升高。此外，極端高溫事件日數也將明顯增加，在最不利的氣候情境（SSP5－8.5）下，至本世紀中葉與末期，每年高溫超過36°C的日數預估將分別增加8.5天與48.1天，對農業生產構成嚴峻挑戰。面對日益升高的溫害風險，開發因應氣候變遷的調適栽培管理技術已成為當務之急。

以下列出具體的管理建議：

- ① 選擇適當定植期：依據各地氣溫趨勢調整定植期，以避免花芽分化延後，如北部地區於9月下旬後定植，

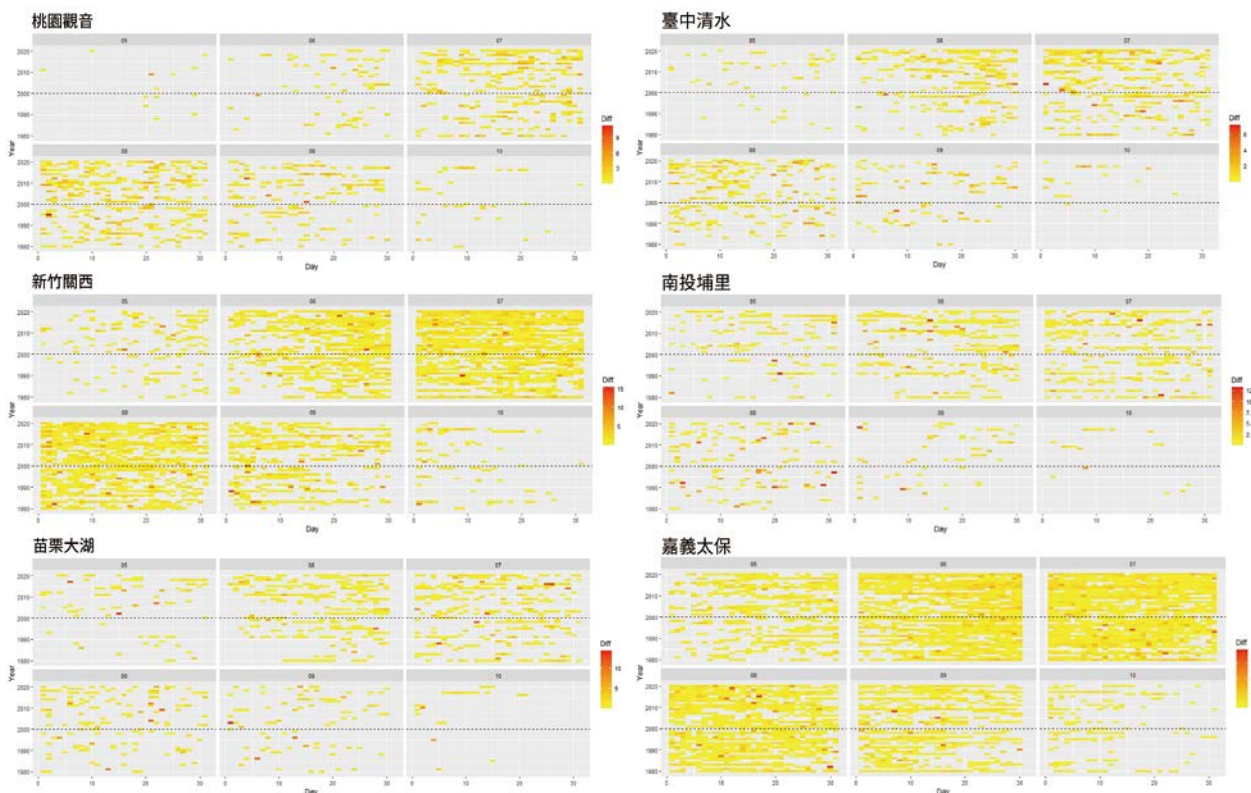


圖 2、草莓育苗期主要產區之過去 40 年（1980－2020 年）發生高於門檻值（32°C）月份之逐日視覺化圖。



中部地區於10月中下旬定植，南部地區於10月下旬定植。

- ② 合理化施肥管理：定植後高溫環境及高氮肥會增加病害發生風險，且過量氮肥會抑制鈣吸收，造成植株生長異常。
- ③ 利用遮蔭網降低育苗期熱害，即降低日照強度與地表溫度，有助於提升育苗存活率。
- ④ 灑水或滴灌降溫，利用水分蒸發作用降低植株周邊溫度。
- ⑤ 採用高架栽培系統，可減少地表熱輻射影響，改善根部通風與溫度狀況。
- ⑥ 銀黑塑膠布鋪設時機調整，建議於定植後再鋪設塑膠布，避免土壤積熱導致苗傷等問題。
- ⑦ 清園與病株移除，積極管理可避免

病害擴散，減少後續損失。

除了栽培管理之外，品種選育、調適技術與導入設施等亦是長期因應之道。未來應優先育成耐熱與耐病的品種，以提高育苗與定植成活率；同時，導入設施自動化技術，可減少環境逆境對草莓生長造成的衝擊，藉由穩定品質與產量，進一步提升臺灣草莓產業的競爭力。最後，農民在進行田間管理時，若能結合氣象預報資訊進行預先規劃與預警防範，將有助於提升調適管理成效，是未來草莓產業不可或缺的利器。

氣象預報 在栽培管理上的應用

中央氣象署近年開發「農作物溫害預警工具」，讓農民可以透過簡單操作，提早掌握未來天氣對作物的潛在威



圖 3、中央氣象署開發之 15 天溫害預警工具（第 1 階段）。

脅。農友只要輸入作物區域的地址（或地號）與溫害的警戒門檻，就能即時獲得未來15天的溫度預測與溫害發生的機率資訊。這套工具的預報資料經過偏差修正與降尺度處理，能提供更貼近田間實際情況的氣象預測結果，並以2種視覺化方式呈現，包含以月曆圖表的方式，讓農民一眼看出未來15天內哪幾天有較高的溫害發生機率（如圖3上圖），另一種則以時間序列圖的方式，呈現溫度預測的變化趨勢與不確定性，包含（1）最可能發生的預測結果（如紅色溫度曲線），以及（2）可能的溫度範圍（以淡粉紅著色區顯示，如圖3下圖）。

本研究結合該預警工具，透過 Line Notify 平台進行溫害預警推播試辦（如下頁圖4），將預報結果即時發送給合

作農友，協助他們在高溫或低溫事件來臨前提早因應，以期減少損失。農試所與中央氣象署合作，希冀藉由跨領域合作完成階段性任務，在第1階段的試行中，我們著重於以燈號方式提供風險提醒，例如當高溫或低溫出現機率升高時，預警燈號就會自動發送，提醒農民進行遮陽、防寒、灌溉等調適措施。接下來的第2階段，我們希望導入「最大化經濟效益」的概念，將氣象預報結合經濟效益分析，進一步以燈號方式，建議農民是否啟動防災或調適行動，透過這種決策支援，協助農民在氣候風險下做出更有利、成本效益最佳的管理選擇（如下頁圖5）。

結語與展望

隨著氣候變遷加劇，高溫對臺灣草



圖 4、Line Notify 預警推播試辦服務。



圖 5、中央氣象署開發之 15 天溫害預警工具（第 2 階段），此階段擬進一步結合溫度機率預報及經濟效益分析，以燈號方式提供農民是否採取防災行動之建議，其中紅燈和黃燈對應到不同的溫害程度。

莓生產的衝擊日益嚴峻，形成產業上嚴重挑戰。透過本研究的田間訪談與歷年溫害資料分析，我們發現育苗期與定植初期的高溫風險，已成為影響草莓穩定生產的關鍵因素。農民雖已發展出許多調適管理策略，如遮陰、滴灌、調整定植期與育種選擇等，但高溫所帶來的風險仍需透過更系統化的氣象資訊管理來

提前因應。

本研究結合中央氣象署開發的「農作物溫害預警工具」，以推播方式協助農友即時掌握未來15天的高溫風險，並以燈號提示，協助其提早進行防護措施。未來更將進一步導入經濟效益評估模型，讓農民在面對高溫時，能做出更具成本效益的管理決策。