

桃園市農業用地之災害風險減輕與氣候變遷調適策略

劉佳怡^{1*} 鐘志忠²

關鍵詞：氣候變遷、韌性城市、災害風險、農業調適。

摘要

隨著全球暖化所帶來之氣候變遷影響加劇，桃園市農業用地面臨淹水、坡地災害、乾旱、高溫等風險。本研究整合氣候變遷調適與災害風險減輕策略，應用國家災害防救科技中心之災害風險圖及氣候關鍵指標，透過危害-脆弱度分析評估農業風險分布，並針對高風險區提出調適對策。研究結果顯示八德區受淹水災害影響較高，而復興區 90% 農業用地位於坡災高風險區，新屋、觀音、楊梅區未來乾旱發生機率提高，高溫極端天數預計從 11 天增至 39 天。未來桃園市農業須面對更頻繁的極端氣候，透過系統性減災與調適，可提升農業韌性並確保糧食安全。短期策略包括強化排水系統、坡地水土保持、灌溉優化、遮陰降溫；長期則推動土地利用調整、智慧農業應用、耐候作物研發為主。本研究可作為政府規劃農業調適政策之參考，確保農業永續發展。。

DISASTER RISK REDUCTION AND CLIMATE CHANGE ADAPTATION STRATEGIES FOR AGRICULTURAL LAND IN TAOYUAN CITY

Chia-Yi, Liu

Research Center for Hazard Mitigation and Prevention
National Central University
Taoyuan, Taiwan 320317, R.O.C.

Chung-Chin, Chung

Department of Civil Engineering
National Central University
Taoyuan, Taiwan 320317, R.O.C.

Key Words : climate change, resilient cities, disaster risk, agricultural adaptation.

ABSTRACT

As the impacts of climate change driven by global warming intensify, agricultural land in Taoyuan City faces risks such as flooding, slope disasters, drought, and extreme heat. This study integrates climate change adaptation and disaster risk reduction strategies by utilizing disaster risk maps and climate key indicators from the National Science and Technology Center for Disaster Reduction (NCDR). Through hazard-vulnerability analysis, agricultural risk distribution is assessed, and adaptation measures are proposed for high-risk areas.

The results indicate that Bade District is highly affected by flooding, while 90% of agricultural land in Fuxing District falls within slope disasters high-risk zones. The probability of drought occurrence is expected to increase in Xinwu, Guanyin, and Yangmei Districts, and the number of extreme high-temperature days is projected to rise from 11 to 39 days.

In the future, Taoyuan's agricultural sector must confront more frequent extreme climate events. Systematic disaster risk reduction and adaptation strategies can enhance agricultural resilience and ensure food security. Short-term

¹*通訊作者，國立中央大學災害防治研究中心專案工程師

² 國立中央大學土木工程學系教授

strategies include strengthening drainage systems, implementing slope conservation measures, optimizing irrigation, and providing shading and cooling solutions. Long-term measures focus on land use adjustments, the application of smart agriculture, and the development of climate-resilient crops. This study serves as a reference for government agricultural adaptation policies, ensuring sustainable agricultural development.

一、前言

全球暖化所導致的氣候變遷影響日益顯著，面臨極端高溫日數增加、颱風強度增強、乾旱發生頻率增加等環境衝擊，聯合國發展計畫署專家會議提出「氣候變遷調適」以及「災害風險減輕」兩策略的系統性整合概念，採取經驗參照模式推動未來災害風險控管等具體作為，以避免更多損失與傷害，因此聯合國減災辦公室發表「2005 ~ 2015 兵庫行動綱領—建構國家與社區的災害回復力」[1] 及「2015 ~ 2030 仙台減災綱領」[2]，即呼籲世界各國未來的災害風險管理任務中，必須處理「氣候變遷」的驅動因子，同時鼓勵氣候變遷調適與災害風險減輕體系做系統性整合。另外「聯合國發展高峰會」所簽署 2030 年永續發展目標議程訂定 17 項永續發展目標 (Sustainable Development Goals，以下簡稱為 SDGs) 及 169 項具體指標，作為全球至 2030 年間的永續發展指導原則，涵蓋環境保護、社會進步、經濟成長三大面向外，也包括氣候行動等細項，建議採取緊急措施以因應氣候變遷及其影響 [3]。

為建構城市在面對環境改變下應變衝擊能力，聯合國減災辦公室啟動「讓城市有抗災韌性」運動 [4]，制定增進城市韌性之十大基本要素，目的是提高城市對災害風險的認知及減災意識，反映出現今社會對城市抗災韌性的重視並積極回應氣候衝擊，深化城市減災調適。近年來考量極端氣候狀態下威脅及為與國際接軌因應氣候變遷影響，第九屆行政院災害防救專家諮詢委員會，以上述聯合國減災辦公室所提及之十大基本要素為藍圖，建構「極端災害下之韌性城市」操作方法及八大韌性要素 [5]，包含災防體系的完備、掌握災害風險情境、增加財務面向的韌性、城鄉發展與設計應考量災害風險、重視及加強社會韌性、加強基礎設施因應災害之能力、精進災害應變能力及平時即重視及培育復原重建能力等要素，提供建構韌性城市的架構。

我國近年公告修訂「氣候變遷因應法」，完備氣候法制基礎以順應國際趨勢，並研擬「國家氣候變遷調適行動計畫(112 ~ 115 年)」[6]，除推動固定暖化情境、調適框架設定及公眾參與等重要概念外，提出我國目前面臨氣候變遷威脅下七大調適領域，包含維生基礎設施、水資源、土地使用、海岸、能源供給及產業、農業生產及生物多樣性與健康等領域，詳細陳述各領域所受氣候變遷下的挑戰，並且提供因應調適策略。此計畫進一步將災害風險評估及韌性提升納入能力建構做為其他調適領域架構之骨幹，並指出政府應考量氣候變遷環境衝擊下災害適應能力低、高脆弱性的高風險族群。據此建議加強社會扶助，協助高風險族群調整適應環境風險，因此明定地方政府需制定「氣候變遷調適執行方案」強化因地制宜之調適策略，推動我國社會、經濟及環境之永續發展。

以農業生產及生物多樣性領域中之農業部門為例，氣候變遷對農業主要的影響較複雜，例如溫度上升暖化趨勢可能會使臺灣果樹之栽培區域遷移、果實產期的提前或延後及品質的降低，更可能改變病蟲的遷移等造成危害；降雨型態改變則會影響蔬菜及果樹產量及品質不穩定等衝擊 [7]。以桃園市為例，透過國家科學及技術委員會所推動之「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」氣候資訊，於未來全球暖化程度 2°C 下的氣候變化顯示，桃園市年高溫 36°C 天數未來平均增加 10 天、冬季平均降雨量減少 5.1%，夏季之平均降雨量將增加 7.8% [8]，因此桃園市未來將面臨高溫趨勢增加、降雨量時空分布更不均之威脅。桃園市作為北臺灣的農業重鎮，主要農糧產品為水稻、蔬菜、茶、雜糧特作等，有石門水庫的灌溉，農田水利系統良好，土地肥沃、雨量充沛，非常適合農耕，因此桃園有不少優質特色農產品，如桃園三號米、桃映紅茶、東方美人茶及拉拉山水蜜桃等深受消費者喜愛。

在全球重視永續發展課題下，桃園市以聯合國所擬定的 SDGs 為標準，強化施政計畫與 SDGs 的連結，針對其中氣候行動永續發展目標採取相關氣候變遷措施，並提及桃園市農業防災計畫，應辦理寒害、水旱災、森林火災及動植物疫災等整備、應變及復原等規劃作業，以減緩或減輕各類型農業災害，避免糧食供應中斷或短缺，確保災後得以最快速回復供應 [9]。因此本研究參考我國現今調適案例操作流程及防災、減災策略建議，分析桃園市現況及未來農糧作物範圍面對相關災害的脆弱性議題，指出桃園市各區農糧作物範圍面對不同災害下之高風險地區，進而探討後續防災調適策略作為，因應現階段氣候緊急下的極端災害威脅及掌握風險變化。

二、文獻回顧

2.1 國內農業氣候變遷調適策略

為健全國家調適能力，降低社會脆弱度並建立整合性的運作機制，作為政策架構與計畫推動的實施基礎，行政院國家發展委員會核定「國家氣候變遷調適政策綱領」[10]，內容參考世界各國的調適作為，並考量臺灣環境的特殊性與歷史經驗，分別就災害、維生基礎設施、水資源、土地使用、海岸、能源供給及產業、農業生產及生物多樣性、健康等八大調適領域，據以訂定各領域所受氣候變遷衝擊及其調適方針。隨後農業部召開「因應氣候變遷農業調適政策會議」研議農業相關因應策略 [11]。將農業部針對「農業生產與生物多樣性領域」之氣候變遷調適策略謹分述如次：

1. 水資源運用措施

推廣旱作管路灌溉與現代化節水設施，檢討地區農田灌溉用水統籌運用機制，提升灌溉用水效率，並訂定乾旱時期分區輪流停灌計畫，提升水資源於旱災時期整體應變調度空間、維持糧食生產功能、降低對農業衝擊。強化農業用水調蓄設施，並進行田間試驗，發展出適合臺灣本土水田稻作蓄水及耐旱兩者並重之用水管理模式，利用調整田間灌溉用水方法，提升水資源利用效率與增加經濟效益。

2. 農地資源管理與利用措施

配合國土規劃維護適當總量及高品質之農地，審慎處理農地變更使用案件，針對優良農地實施較高強度之管制規範，以不影響農業生產環境之完整及兼顧農民權益，確保優質農地資源，維護農業之永續發展。並藉由農地資源空間規劃，有效掌握重要農業發展區，引導農業資源有效集中運用，以因應氣候變遷影響，確保糧食安全。

3. 農業生產規劃措施

活化休耕農地並輔導農地契作進口替代及外銷潛力作物，開發農田多元利用方式，確保農業永續發展。推動規模化產銷專區，輔導稻米、蔬菜產銷模式之調整，提高因應氣候變遷之能力與經營效率。並依風險程度建構糧食安全體系，調整農作物、畜牧、漁業的生產，加強生產資源合理規劃利用，維護糧

食安全及競爭優勢之農糧產業。維持適量農地且適地適種，以達成水資源涵養及生態環境的改善，強化農地資源的有效利用。

4. 整合科技提升產業抗逆境能力措施

強化農糧產業研發抗逆境能力，建立種原交換計畫及抗逆境品種研發應用；強化重大動植物有害生物偵察與監測，建立預警模式與緊急因應系統；開發有害生物整合性防治技術，依據監測預警及流行病學資料，擬定減輕衝擊對策，並適時調整。

5. 建立農業氣象及國內外市場變動之監測評估系統

加強蒐集臺灣各地區的氣象因子變動、漁場變動資料作為氣候變遷調適之基礎資料，提供各地農作物氣象災害發生機率訊息，並建立監測與預警制度，以增進未來相關調適政策之效率。並加強國內外產銷動態資訊，建立監測與預警制度，以穩定國內糧食及飼料供應與價格之穩定。

另外各地方政府為強化因地制宜之調適策略，桃園市政府依據氣候變遷因應法公告「桃園市氣候變遷調適執行方案」[12]，依循國家行動綱領、國家調適計畫及修訂地方調適執行方案，對應農業生產及生物多樣性領域之潛在衝擊評估如表 1。提出目前桃園市農業生產與生物多樣性領域面對溫度上升、連續不降雨日數增加、極端降雨及坡災等潛在衝擊，並整理桃園市近年相關行動計畫如表 2。

表 1 桃園市農業生產與生物多樣性調適領域之潛在衝擊評估（彙整自桃園市氣候變遷調適執行方案（113~115 年）[12]）

調適領域	情境設定	潛在衝擊	關鍵課題
農業生產與生物多樣性	溫度上升（熱浪）	高溫造成農業產量減少	補助降溫設施
	連續不降雨日數增加（旱災）	缺水情況下農業用水受到排擠，導致需水量大之水稻面臨休耕 旱災缺水造成茶園灌溉水源不足，導致茶樹乾枯、產量減少	輔導轉作旱作 改善灌溉設施
	極端降雨（淹水）	因極端降雨導致發生洪水或積淹水，使農作物耕地或農田設施埋沒沖毀無法育種	稻種冷藏
	極端降雨（坡災）	強降雨造成複合性災害，破壞生物棲地環境及既有動植物分佈型態，降低生物多樣性	棲地營造

表 2 桃園市農業生產與生物多樣性調適領域之行動計畫列表（彙整自桃園市氣候變遷調適執行方案（113~115 年）[12]）

目標調適策略	調適計畫	預期成果
依風險程度建構糧食安全體系	桃園市獎助農業生產資材計畫	獎助及持續宣導農民汰換新型農業機械，提升整體生產力。 (1) 鼓勵種植雜糧作物、低耗水作物，調整水稻種植面積；(2) 輔導農會成立國產雜糧集團專區；(3) 開發推廣新興作物周邊商品，避免單一作物產量失衡過剩，建立長久穩定供銷。
	輔導農民進行農業低耗水耕作方式	(1) 持續進行受保護樹木及特定樹木維護及修剪工作；(2) 辦理樹木保護宣導講習。
	受保護樹木維護作業	(1) 完成桃園市外來種清除作業；(2) 辦理教育推廣；(3) 保護本土野生動物生態環境。
	生物多樣性推廣及移除入侵物種	建立農業保險危險分散及管理機制，以及進一步整合傳統補貼政策與天災救助，以建立農業所得安全網，充分保障農民所得使農業永續發展。
強化農業對抗氣候變遷能力	農產業保險推廣，降低經營風險	(1) 鼓勵種植雜糧作物、低耗水作物，調整水稻種植面積；(2) 鼓勵種植綠肥、景觀作物、辦理翻耕或蓄水等各項生產環境維護措施，藉以涵養土地維持生產力與促進農地多元化利用。
	推動綠色環境給付計畫	(1) 鼓勵種植雜糧作物、低耗水作物，調整水稻種植面積，增加作物多樣性；(2) 輔導農會成立國產雜糧集團專區；(3) 開發推廣新興作物周邊商品，避免單一作物產量失衡過剩，建立長久穩定供銷。
	增加作物多樣性，強化桃園農業適應性	完成補助本市核定之畜牧場添購節能設備及節水設備並補助本市畜牧場除臭酵素。
	推動節水減廢，促進畜牧產業轉型升級	補助青年農民發展智慧感控系統、智慧環控系統、智慧生產和智慧服務等 4 大項目，共計核定 18 處智慧農業示範場域。
	智慧農業	

2.2 農業氣候變遷調適示範案例

近年來國際調適方法學逐漸成形，透過各項計畫之間的參考與經驗學習有利於確保調適操作的完整性。參考國科會「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫(TCCIP)」[13]，劉雨蓁、徐永衡、姚銘輝等人[14]於新竹縣新豐鄉農業調適示範案例，其採用「辨識氣候風險與調適缺口」及「規劃與行動」兩階段依序推動之方法[15]，將六項工作項目依序操作，其調適構面與六大工作項目如圖1。本研究將其農業調適示範案例之操作方法及流程簡述如次：

1. 界定範疇

歸納農損災害類型及統整受氣候影響之主要經濟作物，並透過利害關係人訪談納入農業領域專家，包括政府部門、農業生產者及研究單位等，將「乾旱」及「水稻」做為其計畫主要因應之災害類型及標的作物，同時透過訪談尋找可配合推動調適示範區業者。

2. 檢視現況

水稻第一期作用水最多之整田期落於一月至三月的枯水期，另外統整全臺供水現況，於2010與2015年分別進行兩次全臺大面積一期稻作停灌措施，停灌範圍則包含桃園、新竹、苗栗、臺中及嘉南等地部分灌區。當時採取停灌搭配措施，計算被調用地區之稻作農家賺款，以此估算每公頃停灌補償標準。

3. 綜整決策

示範地點選定新竹新豐鄉水稻產區，而經可執行選項分別考量田間實務、農產專業、科學評估等因素，決定採用栽培方式改變（旱田直播）的調適行動合作方案進行合作，直播為不經過育苗，直接將種子播種進田地中，前期準備時間較短，因此在種植時間上較有彈性，可做為與育苗的慣行栽培互相輔助，達到省工的目的，雖旱田直播相較前期需注意事項較多，但由於約長至三葉後可依照慣行栽培管理方式，並可達到欲避免枯水期用水的重要目的，減少水稻生育初期對灌溉用水的需求。

4. 推動執行

旱田直播於2018年正式進行現地測試，由計畫團隊、農試所與農民進行三方合作，設置旱田試驗田與傳統插秧



圖1 調適構面流程 (臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫 [15])

對照田，並執行田間氣象觀測資料蒐集及田區用水量估算等科學數據量測。農民方面則依照務農實務經驗，進行旱田直播手段實施規劃、田間實務操作。

5. 評估危害與衝擊

針對降雨、日高溫及日低溫等指標，使用統計降尺度日資料針對溫室氣體排放極高排放量RCP8.5情境下世紀中(2036~2065年)、世紀末(2071~2100年)進行氣候變遷情境下該條件的改變情形，初步結論顯示新竹測站歷史資料，2月至4月的春雨降雨日數已呈現遞減趨勢，而未來推估臺灣北端春季降雨量呈現減少趨勢，乾旱強度增加約15%，另外全臺年平均日高溫呈現增加的趨勢，升溫較高的區域主要集中於台中以北。

6. 檢討修正

遭遇困境包含整地不均影響種子發芽問題、鳥害影響及雜草管理問題。

此計畫完整示範水稻栽培產業遇氣候變遷影響之調適案例，透過兩階段六工作項目訂定調適目標及具體化實際作為，搭配旱田直播之耕種制度及旱田直播田間試驗提出相關結論，供後續研究者作為調適方法及實際案例之參考。

另外，為應對氣候變遷帶來之嚴峻挑戰，各國積極採用智慧農業技術，以提高農業生產的韌性和效率。舉例相關案例：例如吉爾吉斯政府在國際農業發展基金的支持下，對畜牧產業跟牧場系統進行了氣候風險與脆弱度風險評估，以學術交流之角度分析未來氣候對牲畜和牧場系統的潛在影響，並提出將負面影響降至最低並增加機會的適應行動[16]。另外澳洲農民則透過物聯網技術建立田間監測系統，藉由環境數據及天氣預測、作物狀態等資料分析結果，以此制定最佳灌溉和施肥方案，提高水資源利用效率，減少乾旱對農作物的影響[17]；以色列則是因國家水資源匱乏，透過發展精準灌溉技術，如滴灌和智慧灌溉系統，利用感測器和數據分析，根據土壤濕度和作物需求，精確控制灌溉量，減少水資源浪費[18]。以上案例展示了智慧農業技術在應對災害風險中的重要作用。通過精確監測和管理水資源，農民可以提高農業生產的可持續性，減少氣候變遷帶來的負面影響。

2.3 氣候變遷災害風險圖

國家災害防救科技中心（以下簡稱災防科技中心）根據國科會「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫(TCCIP)」於2012年提供之氣候變遷情境AR4之動力降尺度時資料進行科研資料成果測試，採用指標法選擇關鍵因子，並評估衝擊及其風險應用於災害風險圖，於2014年完成全台四種不同災害風險圖，並建立風險圖評估流程[19]。2018年國科會TCCIP計畫發展高解析度統計降尺度日資料，提供更多元大氣環流模式，於2021年災防科技中心應用此資料完成AR5情境之多模式多空間尺度災害風險圖[20]。近年來隨著聯合國政府間氣候變遷專門委員會(IPCC)第六次評估報告(AR6)公告[21]，包含物理科學基礎、衝擊調適與脆弱性、氣候變遷減緩等三個工作組報告及特別報告等，於氣候變遷風險評估方法、風險框架與風險圖的設計

與應用方面取得了重要進展，首次統一風險框架定義，除強調氣候變遷影響、暴露與脆弱性之間的相互作用，以及適應與減緩措施在降低風險中的作用，透過整合最新的科學數據與模型模擬結果，提供了更精確與區域化的風險評估，有助於各國制定針對性的適應與減緩策略，為全球應對氣候變遷提供了更科學與全面的參考。CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6) 即為氣候變遷模擬結果，其數據持續更新用以支持 IPCC 第六次評估報告及其他氣候研究 [22]，因此隨國際氣候變遷模擬情境更新，2023 年 TCCIP 計畫公布最新 AR6 全球暖化增溫情境 (1.5°C 、 2°C 、 4°C) 資料，災防科技中心也於 2024 年公告新增不同情境下之多空間尺度淹水災害及坡地災害風險圖 [23,24]，提供臺灣氣候變遷衝擊風險評估資料。全臺鄉鎮市區尺度之 AR6 全球暖化增溫 2°C 情境淹水、坡地災害風險圖如圖 2 和圖 3 所示。

三、研究方法

3.1 研究架構與流程

本研究參考國科會「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫 (TCCIP)」於新竹縣新豐鄉農業調適示範案例之調適方法，針對桃園市各區農糧作物範圍進行工作項目「評估危害與衝擊」之探討，同時考量災害風險減輕及氣候變遷調適的觀點，應用國家災害防救科技中心所產製之 AR6 氣候變遷淹水、坡地災害風險圖以及氣候關鍵指標做為危害情境分析工具 [23-25]，評估桃園市各區農糧作物範圍所面臨之危害衝擊進行議題分析，並於後續提出初步氣

候變遷調適因應策略，目標是將災害風險減輕與氣候變遷調適相互融合，考量長期氣候變化風險的影響，最後落實以具體化實際作為。整體韌性防災調適架構如圖 4 所示。

3.2 危害情境分析工具

本研究為了解桃園市受到氣候變遷影響所可能帶來的災害衝擊，根據「國家氣候變遷調適行動計畫 (112 ~ 115 年)」[6] 提出之國家氣候變遷情境設定及調適框架，採用全球暖化增溫情境設定作為風險評估與辨別調適缺口之共同參考情境，此情境是以工業革命前 ($1850 \sim 1900$ 年) 全球尚未開始人為溫室氣體排放時期，以那時的溫度作為基準平均溫度，而距今 1995 年至 2014 年全球已升溫 0.85°C ，現今大約增溫接近 1°C 的情況，故全球暖化增溫情境以增溫 1°C 情境 (1995 年至 2014 年) 視為現況基期，不同增溫情境則視為未來推估。各項未來推估增溫情境包含增溫 1.5°C 情境、增溫 2.0°C 情境及增溫 4.0°C 等情境，其中依據國家情境設定，以未來推估增溫 2.0°C 情境做為調適框架，指未來 20 ~ 40 年內多數排放情境會使全球升溫 2.0°C ，可能發生的時期在 2041 ~ 2060 年間。因此本研究根據國家情境設定建議之全球暖化增溫情境，應用災防科技中心所產製之 AR6 世紀中 (2041 ~ 2060 年) 全球升溫 2°C 情境下氣候變遷災害風險圖 [23,24]，以及氣候關鍵指標 [25] 做為危害情境之依據，以現今基期 (1995 至 2014 年) 相較於未來情境之變化程度進行後續災害危害評估。以下災害評估分析工具依序分為淹水災害風險圖、坡地災害風險圖、乾旱指標及高溫指標等四種災害進行說明。

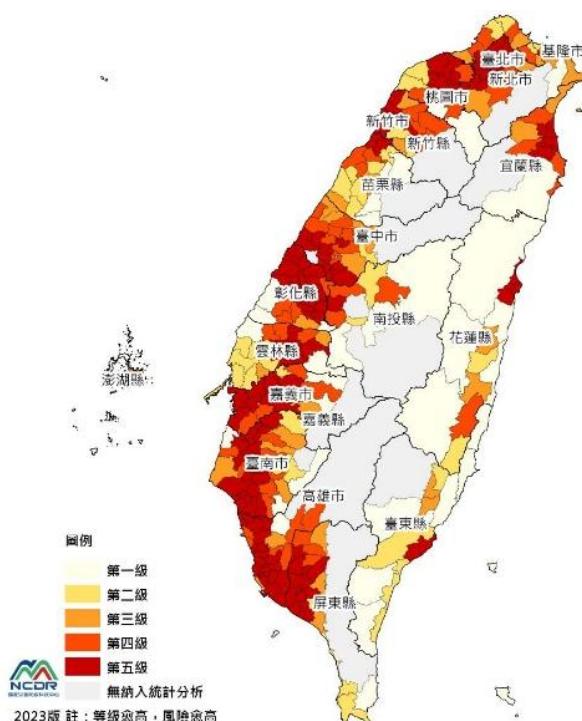


圖 2 全臺鄉鎮市區尺度之淹水災害風險圖
(國家災害防救科技中心 [23])

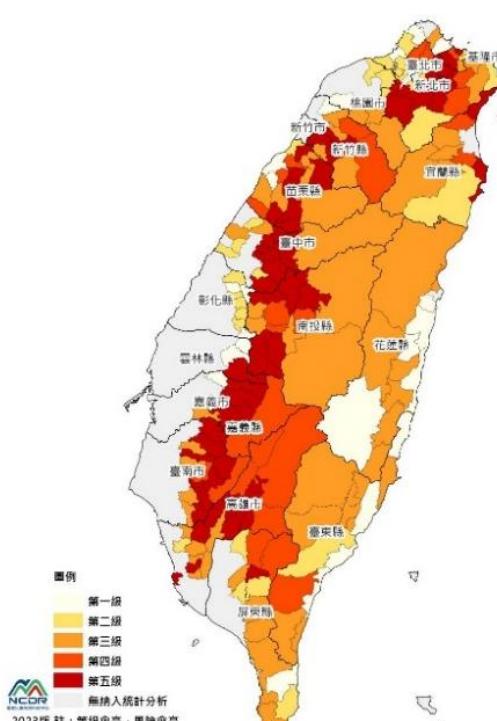


圖 3 全臺鄉鎮市區尺度之坡地災害風險圖
(國家災害防救科技中心 [24])

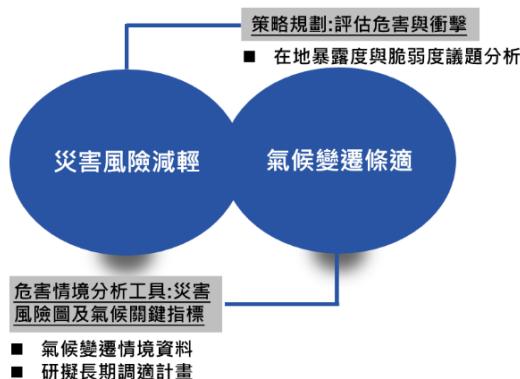


圖 4 韌性防災調適架構

1. 淹水災害風險圖

本研究採用災防科技中心提供之多空間尺度淹水災害風險圖 [23] 作為分析工具，係根據國際政府間氣候變化專門委員會評估報告 [26] 之風險定義，包含危害度、脆弱度及暴露度等三大指標，用以評估氣候變遷下受影響人口之淹水災害風險。評估方法則採用各指標原始數值分別以等分類法分級，將所有樣本數依數值由小到大排序，再將其等分為五個等級，其後再依風險矩陣計算方法疊加危害度、脆弱度及暴露度等級，依照數值區間再等分成五級，風險等級五為最高風險等級，反之風險等級一為較低風險等級。同時氣候變遷災害風險具有不確定性，相關淹水災害風險圖資之指標組成架構，整理如表 3。危害度係採用多模式全球氣候模擬資料之網格日資料，進行頻率分析，針對淹水災害之日雨量超過 650 公釐之年降雨量最大值，分析全球暖化情境之降雨發生機率，以進行危害度指標計算；另外脆弱度指標選取係依據經濟部水利署所公告之第三代淹水潛勢圖，選用 24 小時定量降雨量 650 公釐，桃園市的淹水深度與淹水範圍，進而繪製出淹水脆弱度圖。此外，依據災防科技中心建議，原風險圖之「暴露度」指標主要針對人口密度，考量到農業應用的差異性，本研究排除該指標，改以農作物範圍作為評估對象，應用危害-脆弱度等兩指標疊，計算每個行政區內的農糧作物用地，並分析其與不同等級的「危害-

脆弱度」區域的交集範圍，加以評估不同農作物範圍暴露度之淹水災害衝擊影響。

關於淹水災害風險圖之空間尺度，主要有三種空間尺度供研究者依據不同研究議題套疊相關圖資。第一種為鄉鎮市區尺度，為製作災害風險圖最大的空間單元，以行政單元劃設，對行政機關而言較好判讀及執行相關規劃，較適用於全國國土計畫或縣市國土計畫；第二種為最小統計區尺度，為內政部統計區分類系統裡人口或社會經濟資料蒐集及彙整的最小空間單元，資料易讀性高，其區域內的資料盡量會呈現均勻的特性，因此在製作災害風險圖可明顯分析出位於人口集中的區位，也保存原始資料的空間分布特性，較適用於縣市層級，或以人口為討論對象的政策規劃；第三種為 40 公尺之網格尺度，為災害風險圖之最小空間單元，係淹水潛勢圖的網格尺度，不確定性較低。此圖資建議使用於縣市層級之小區域之土地利用規劃。因此為探討未來氣候變遷情境下桃園市農糧作物受淹水災害之影響，後續農糧作物受淹水災害風險評估將會以最小空間尺度單元，40 公尺網格之淹水危害-脆弱度圖做為主要分析工具，套疊桃園市農糧作物範圍後評估受淹水災害影響之危害脆弱度等級。

2. 坡地災害風險圖

坡地災害風險是指山坡地在氣候變遷極端降雨下，具有崩塌潛勢區域可能衝擊暴露的人或資產的損失，本研究採用災防科技中心提供之坡地災害風險圖作為分析工具 [24]，同樣採用指標法用以評估坡地災害風險，組成包含危害度、脆弱度、暴露度等三大指標，有關指標說明如表 4。危害度同樣採用多模式全球氣候模擬資料之網格日資料進行頻率分析，針對日雨量超過 350 公釐之極端降雨，分析全球暖化情境之降雨發生機率以進行危害度指標計算；脆弱度指標則採用地質災害潛勢及衛星判釋崩塌範圍分析各分析單元的面積比作為坡地脆弱度指標；另外，於本研究暫無考慮人口暴露度指標，係以農作物範圍作為評估對象，應用危害-脆弱度等兩指標疊，計算每個行政區內的農糧作物用地，並分析其與不同等級的「危害-脆弱度」區域的交集範圍，加以評估不同農作物範圍暴露度之災害衝擊影響。

表 3 淹水災害風險指標組成 (參考自國家災害防救科技中心 [23])

風險指標	淹水災害	資料來源
危害度	日降雨量超過 650 mm 年最大值	TCCIP-AR6 (2023)
脆弱度	選用定量降雨 650 mm/24 hr 之淹水潛勢深度與範圍	經濟部水利署 (2021)
暴露度	現況人口密度 (鄉鎮市、最小統計區)	內政部戶政司 (2021)

表 4 坡地災害風險指標組成 (參考自國家災害防救科技中心 [24])

風險指標	坡地災害	資料來源
危害度	一日降雨量超過 350 mm 機率	TCCIP-AR6 (2023)
脆弱度	地質災害潛勢：順向坡、岩屑崩滑、岩體滑動、落石	經濟部地礦中心 (2016)
	裸露地面積比指標：福衛判釋全島崩塌地圖	農業部林業及自然保育署 (2018)
暴露度	現況人口密度 (鄉鎮市、最小統計區)	內政部戶政司 (2022)

關於坡地災害風險圖之空間尺度，主要為三種空間尺度，分別為鄉鎮市區尺度、最小統計區尺度及 5 公里之網格尺度，其中 5 公里之網格尺度係依據氣候模式之統計降尺度高解析度網格資料進行分析，由於是氣候資料的空間尺度，其資料不確定較低，因此本研究之坡地災害風險評估依據災防科技中心建議，應用 5 公里網格尺度之坡地危害-脆弱度圖套疊農糧作物範圍進行後續危害脆弱度等級評估。

3. 乾旱指標

本研究參考國科會氣候變遷關鍵指標圖集中與乾旱災害相關之氣候關鍵指標進行評估 [25]。氣候變遷關鍵指標圖集之資料來源為第六次評估報告中使用的全球氣候模擬資料進行資料加值，彙整由世界氣象組織建議的氣候變遷指標，從中挑選適用臺灣氣候特徵之 22 項指標，並透過統計降尺度 5 公里高解析度氣候模式網格資料進行後續資料處理成氣候關鍵指標，應用於臺灣氣候變遷推估，其中包含極端高溫、低溫、暴雨及乾旱等極端指標，並強調未來情境相對於基期的變化程度進行評估。針對乾旱災害，本研究參考氣候關鍵指標原始數據，挑選年最大連續不降雨量指標進行桃園市於未來氣候變遷情境下之乾旱評估，其指標定義為一年之中，日降雨量少於 1 毫米之連續最長天數，單位為天。於研究結果統整各行政區乾旱連續天數，以等分類法分為五個區間，並以不同色溫方式統整桃園市各行政區之氣候變遷乾旱指標。

4. 高溫指標

針對高溫災害，本研究參考國科會氣候變遷關鍵指標圖集中之日高溫最大值及極端高溫持續指數等兩氣候關鍵指標進行評估 [25]。其中日高溫最大值指標定義為一年之中，日最高溫的最大值，單位為°C；而極端高溫持續指數則使用氣候模擬資料中之基期 1995 ~ 2014 年的日最高溫資料，利用 20 年內每一筆資料計算第 95 百分位數的溫度，作為判斷是否為極端高溫事件的溫度門檻值，計算一年之中連續 3 天以上日最高溫高於門檻值的事件數，得到所有事件數的天數總和即為極端高溫持續指數，單位為天。最後於研究結果統整各行政區高溫指標，以等分類法分為五個區間，並以不同色溫方式統整桃園市各行政區之氣候變遷高溫指標。

四、結果與討論

4.1 桃園市農糧作物議題探討

桃園市 109 年農林漁牧業普查統計結果顯示 [27]，桃園市農林漁牧業普查家數（包含擁有資源但未從事者）為六都中排第 4 位，其中農牧業最多、林業及漁業次之；以各區統計結果顯示，農牧業家數以新屋區最多，在全國各鄉鎮市區排第 3 位，中壢區居桃園市之次，大園區再次之，此三個行政區合占桃園市農牧業家數 35%。經營組織型態則多屬家庭式經營之農牧戶，經營種類以農耕業為主，主要係從事稻作栽培業，占農耕業家數比例 58%，其次為蔬菜栽培業占 25%，另外林業因桃園市西北部地勢平緩多台地、階地，東南部地勢多為丘陵地、階地及山岳，故林業多分布在本市

東南部區域之復興區。整體而言，新屋區農牧業可耕作地占全區土地面積逾五成，農牧業資源相較豐沛，其餘觀音區及大園區次之，顯示此三區農牧業發展較為突出，桃園市全區農糧作物範圍如圖 5。

本研究使用之農業用地圖資，係透過農地流通資料中心取得「農糧作物」之坵塊範圍相關數值資料，並用圖資分析方式探討氣候變遷下淹水災害、坡地災害、乾旱、高溫等各類型災害影響農業生產之脆弱性議題分析。為了解氣候變遷對農業衝擊的區域差異，本研究依農業部農業試驗所提供的桃園市各鄉鎮市主要特產作物，以區為分析單元進行災害衝擊分析。有關桃園市各區主要特產作物如表 5 及圖 6 所示。

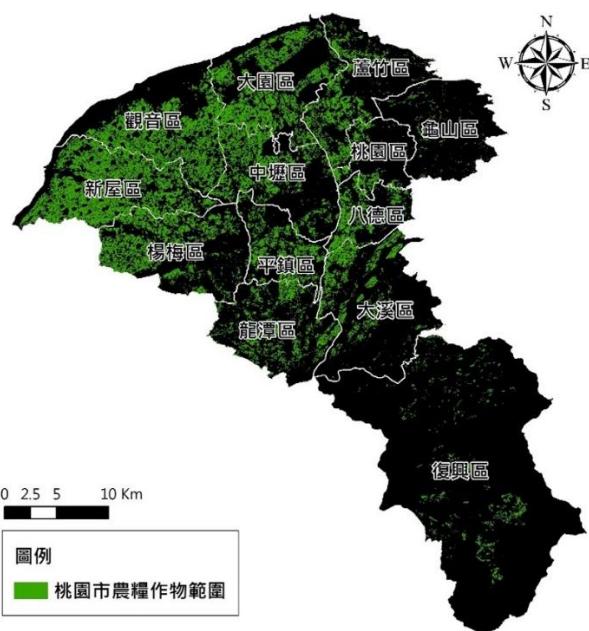


圖 5 桃園市全區農糧作物範圍（來源自農地流通資料中心）

表 5 桃園市各區特產作物種類（來源自農作物災害預警平台 <https://disaster.tari.gov.tw/ARI/>, 2024）

區	農糧作物範圍 (公頃)	主要特產作物
中壢區	2177	水稻、西瓜、油茶、甘藷、食用玉米
八德區	1026	水稻、食用番茄、竹筍、食用玉米、香蕉
大園區	2987	水稻、蓮藕、西瓜、大豆、甘藷
大溪區	1415	水稻、竹筍、油茶、食用番茄、香蕉
平鎮區	1223	水稻、茶、油茶、筭白筍、小麥
復興區	806	竹筍、桃、甜柿、茶、桶柑
新屋區	4707	水稻、洋香瓜、西瓜、大豆、甘藷
桃園區	501	水稻、蓮藕、蔥、竹筍、甘藷
楊梅區	2645	水稻、茶、香蕉、西瓜、油茶
蘆竹區	1661	水稻、竹筍、蓮藕、甘藷、番石榴
觀音區	3475	水稻、西瓜、大豆、小麥、甘藷
龍潭區	1484	水稻、茶、油茶、竹筍、筭白筍
龜山區	233	水稻、竹筍、油茶、茶、文旦
總計	24340	

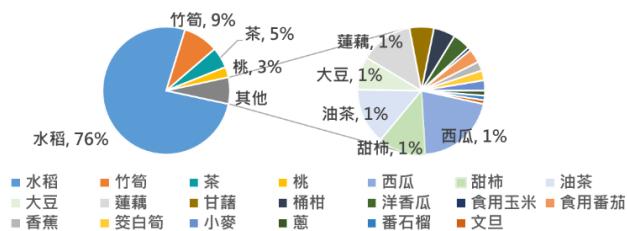


圖 6 桃園市特產作物統計比例 (來源自農作物災害預警平台 <https://disaster.tari.gov.tw/ARI/>, 2024)

4.2 淹水災害風險

桃園市降雨量多來自春夏季由鋒面引起之春雨和梅雨，夏秋季另有颱風帶來之異常降雨，在秋冬季節則有東北季風及冷鋒過境帶來之降雨，未來氣候變遷將使雨量分布時間和空間更加不平均，極端降雨將易發生淹水災害，其多雨的逆境會使果樹發生萎凋、葉片老化脫落等傷害，若發生在催花前後則使催花無效或降低催花成功率；若發

生在果實充實階段則易發生裂果、落果、落葉及開花與結果障礙 [7]。

桃園市各區農糧作物範圍之基期及未來推估淹水危害脆弱度如圖 7 所示，並整理基期情境下各區農糧作物面積之危害脆弱度等級統計如表 6。統計結果顯示八德區之農業用地受淹水災害影響面積比例相較其他區高，佔八德區總耕作面積之 31%。另外為探討受淹水災害之高風險地區，將淹水危害脆弱度等級為最高等級五之農耕用地面積除以受影響之總面積，發現於基期情境下，八德區最高風險地區佔影響面積比例 42% 為桃園市最高，代表八德區現今之農糧作物範圍大多位於高淹水風險地區。

於未來推估情境下各區危害脆弱度等級統計如表 7，於未來受氣候變遷影響下，龜山區雖受淹水影響面積較少，但比較基期與未來推估情境之等級變化，會從較低等級上升至最高等級，因此需特別關注目前龜山區受影響之農耕用地範圍，並提前擬定相關調適策略以面對未來淹水災害之威脅，另外變化趨勢較大之中壢區以及新屋區也需提前擬定相關對應策略，以防範未來災害威脅。

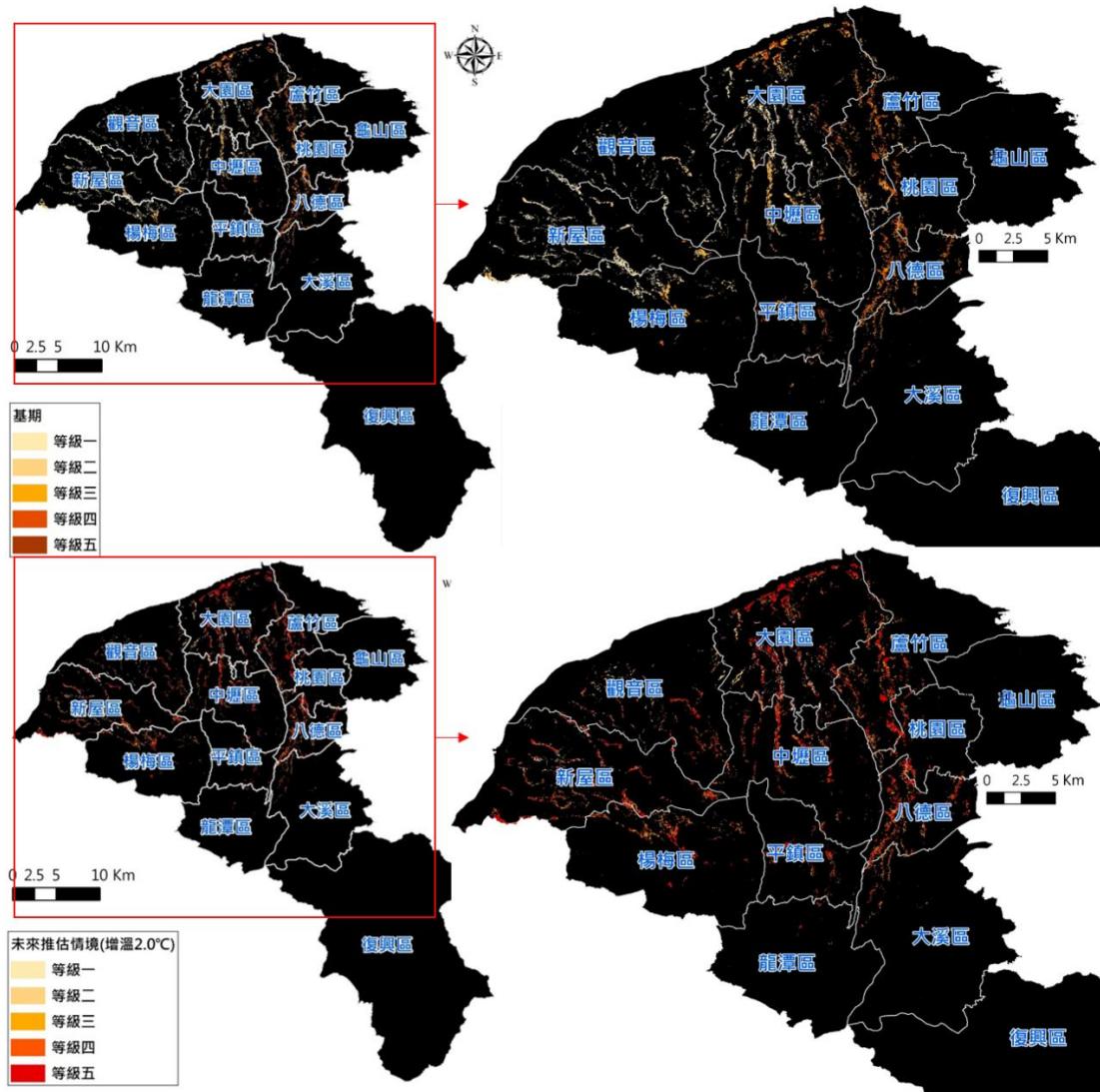


圖 7 桃園市農糧作物範圍之淹水危害脆弱度圖

表 6 桃園市農糧作物範圍之淹水基期危害脆弱度統計

鄉鎮市	總耕作面積 (公頃)	基期危害-脆弱度等級 (單位公頃)					影響面積佔總耕作面積比	
		等級 1	等級 2	等級 3	等級 4	等級 5 (註 ¹)		
桃園區	500.5	—	12.6	31.6	29.3	26.6(27%)	100.2	20%
大溪區	1415.2	32.2	1.6	34.1	—	—	67.9	5%
中壢區	2177.0	91.0	17.7	149.6	28.8	8.2 (3%)	295.4	14%
楊梅區	2644.9	135.1	11.9	55.4	16.8	2.5 (1%)	221.8	8%
蘆竹區	1660.8	—	55.5	129.5	32.8	120.9 (36%)	338.7	20%
大園區	2987.1	247.1	105.8	150.2	72.4	38.6 (6%)	614.1	21%
龜山區	233.2	0.4	0.4	0.1	—	—	0.9	0%
八德區	1026.0	—	0.2	130.3	55.4	134.3 (42%)	320.3	31%
龍潭區	1483.7	—	0.6	5.0	2.9	3.0 (26%)	11.4	1%
平鎮區	1223.4	—	3.9	42.3	31.4	36.9 (32%)	114.5	9%
新屋區	4706.9	348.7	60.1	35.7	1.9	—	446.4	9%
觀音區	3475.0	194.8	37.1	6.2	—	—	238.1	7%
復興區	806.0	—	—	—	—	—	0.0	0%
總計	24339.6	1049.2	307.6	770.0	271.9	370.9 (13%)	2769.5	11%

註¹：危害脆弱度等級五佔影響面積比例

表 7 桃園市農糧作物範圍之淹水未來推估危害脆弱度統計

鄉鎮市	總耕作面積 (單位公頃)	增溫 2.0°C 情境危害-脆弱度等級 (單位公頃)					影響面積佔總耕作面積比	等級五佔影響面積比例與基期比較
		等級 1	等級 2	等級 3	等級 4	等級 5 (註 ¹)		
桃園區	500.5	—	—	35.6	—	64.5 (64%)	100.1	20% +38%
大溪區	1415.2	—	—	34.1	—	33.8 (50%)	67.9	5% +50%
中壢區	2177.0	0.6	—	108.2	—	186.5 (63%)	295.3	14% +60%
楊梅區	2644.9	—	—	105.5	—	116.3 (52%)	221.8	8% +51%
蘆竹區	1660.8	—	—	131.8	—	206.9 (61%)	338.7	20% +25%
大園區	2987.1	116.9	—	122.7	—	374.5 (61%)	614.1	21% +55%
龜山區	233.2	—	—	0.1	—	0.8 (89%)	0.9	1% +89%
八德區	1026.0	—	—	130.2	—	190.0 (59%)	320.2	31% +17%
龍潭區	1483.7	—	—	3.8	—	7.7 (67%)	11.5	1% +41%
平鎮區	1223.4	—	—	39.9	—	74.7 (65%)	114.6	9% +33%
新屋區	4706.9	65.1	—	114.5	—	266.8 (60%)	446.4	9% +60%
觀音區	3475.0	65.0	—	63.5	—	109.6 (46%)	238.1	7% +46%
復興區	806.0	—	—	—	—	—	0.0	0%
總計	24339.6	247.7	—	889.9	0.0	1631.9 (59%)	2769.5	11% +46%

註¹：危害脆弱度等級五佔影響面積比例

因本研究採用指標法，主要依賴危害度指標（如氣候變遷降雨量相關）及脆弱度指標（如淹水潛勢），因此這些指標的選擇與權重分配直接影響了研究結果。整體而言，八德區之農糧作物範圍大多位於桃園市受淹水災害較高風險地區，檢視其原始指標結果發現八德區之危害度指標相較其他行政區高，係表示發生極端降雨機率相對較高，整體綜合後影響八德區之淹水評估結果，因此需持續關注八德區相關淹水因應對策，發展短期調適策略以面對淹水災害威脅。另外，其餘中壢區、新屋區及龜山區也係因其危害度指標於未來推估情境中等級升高，表示未來發生極端降雨機率相對較高，應持續關注未來農業相關因應對策，研擬規劃中、長期面對淹水災害風險調適策略，以達到未來災害減輕目標。

為提高農業生產用地面對氣候變遷淹水災害之韌性，可進行以下相關策略擬定，參考如農業部提出之調適策略

[11]，短期可規劃改善排水水道等系統，考量到相關基礎設施的現狀與維護需求，短期內的改善措施主要包括針對已知的排水瓶頸進行增設或修繕，以提高排水效率，減少淹水災害的影響，另外透過畦面高度提升、增建防洪設施等工程技術方法減輕淹水災害衝擊，或是將作物產期避開汛期，將易淹水用地轉作等，具體執行仍需根據地方政府的規劃與資源分配來決定；長期地方單位則可研擬規劃特定易淹水農地鼓勵休耕並給予補貼等措施、劃定土地保護區域避免土地受洪患影響等非工程類方法 [28]。為了提升可行性，建議在短期內應優先規劃小範圍的改造，並尋求地方政府與民間合作，探索公私協力的方式進行資金籌措，並且應加強政策的透明度，與農民進行充分溝通，確保農民的意見得到重視。透過政策引導、補償機制和協商，實現土地保護與農民權益之間的平衡，進而達成可持續發展的目標。

4.3 坡地災害風險

本研究所指之農業坡地災害是指山坡地在氣候變遷極端降雨下，具有崩塌潛勢區域可能衝擊暴露的農業損失，又坡地農業主要以水果及茶葉等經濟作物為主，極端降雨帶來之超大暴雨將可能引發山崩、落石及土石流等災害嚴重影響坡地農業。

桃園市各區農糧作物範圍之基期及未來推估坡地危害脆弱度如圖 8 所示，並整理基期情境下各區農糧作物面積之危害脆弱度等級統計如表 8。統計結果顯示復興區、龍潭區及龜山區全部農業用地都位於坡地災害影響範圍內，其

中於基期情境下，復興區高危害脆弱度之農耕用地佔總耕作地 74%，針對桃園市農耕用地之坡地災害衝擊，復興區為現今較高風險之區域，又於未來推估情境下，如表 9 所列，因坡地災害之危害脆弱度提升，復興區之農耕範圍將會面臨更高坡地災害風險。檢視其原始指標結果，比對地礦中心公告之環境地質圖，復興區及龜山區等地大範圍涉及到山崩地滑地質敏感區及大規模崩塌潛勢區，因此復興區及龜山區都屬高脆弱度區。綜合評估成果，復興區之主要特產作物為竹筍、桃、甜柿、茶及桶柑，多為經濟作物，又復興區為桃園市重要林業據點，因此需持續針對復興區農業產業提前擬定相關調適策略以面對未來坡地災害威脅。

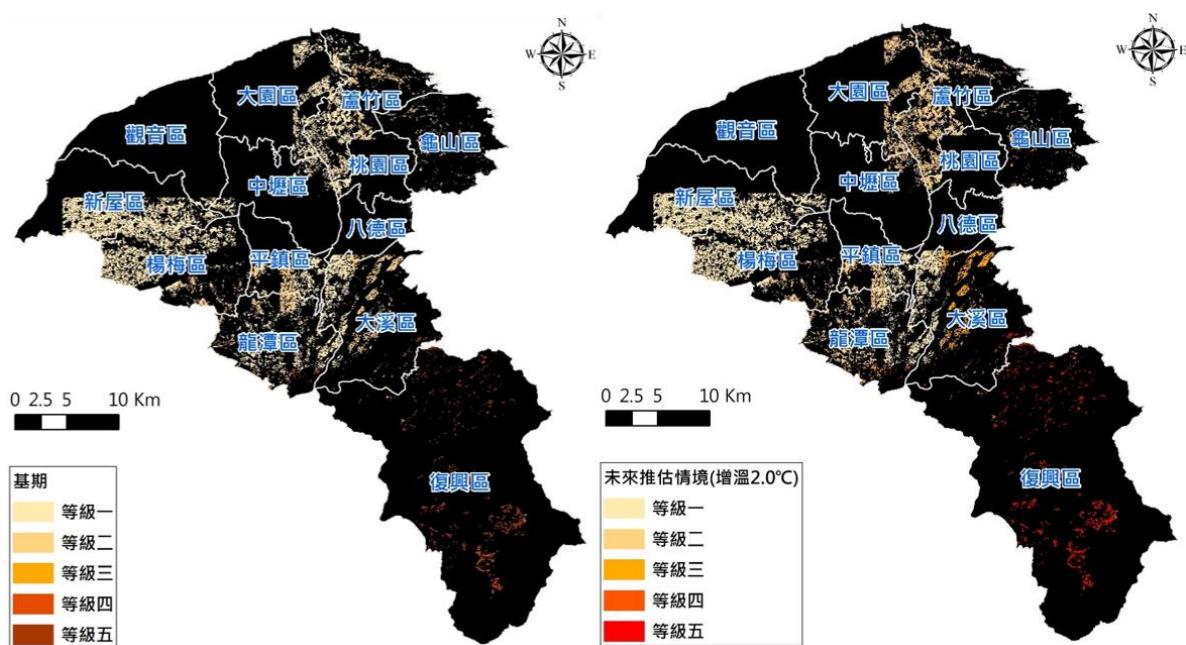


圖 8 桃園市農糧作物範圍之坡地危害脆弱度圖

表 8 桃園市農糧作物範圍之坡地基期危害脆弱度統計

鄉鎮市	總耕作面積 (單位公頃)	基期危害-脆弱度等級 (單位公頃)					影響面積佔總耕作面積比	
		等級 1	等級 2	等級 3	等級 4	等級 5 (註 ¹)		
桃園區	500.5	85.4	51.3	—	—	—	136.7	27%
大溪區	1415.2	626.8	665.0	11.4	3.7	34.3 (3%)	1341.1	95%
中壢區	2177.0	357.1	—	—	—	—	357.1	16%
楊梅區	2644.9	2235.7	388.1	—	—	—	2623.8	99%
蘆竹區	1660.8	1182.7	445.5	—	—	—	1628.2	98%
大園區	2987.1	791.2	—	—	—	—	791.2	26%
龜山區	233.2	4.6	228.6	—	—	—	233.2	100%
八德區	1026.0	67.1	30.1	—	—	—	97.2	9%
龍潭區	1483.7	1053.0	406.5	—	24.2	—	1483.7	100%
平鎮區	1223.4	398.7	459.2	—	0.0	—	857.9	70%
新屋區	4706.9	1070.2	—	—	0.0	—	1070.2	23%
觀音區	3475.0	60.2	—	—	0.0	—	60.2	2%
復興區	806.0	—	—	26.0	183.4	596.7 (74%)	806.0	100%
總計	24339.6	7932.6	2674.4	37.4	211.2	631.0 (5%)	11486.5	47%

註¹：危害脆弱度等級五佔影響面積比例

表 9 桃園市農糧作物範圍之坡地未來推估危害脆弱度統計

鄉鎮市	總耕作面積 (單位公頃)	增溫 2.0°C 情境危害-脆弱度等級 (單位公頃)					影響面積佔總 耕作面積比	等級五佔影響面積 比例與基期比較	
		等級 1	等級 2	等級 3	等級 4	等級 5 (註 ¹)			
桃園區	500.5	—	136.0	0.8	—	—	136.7	27%	0%
大溪區	1415.2	626.8	0.0	676.4	3.7	34.3 (3%)	1341.1	95%	0%
中壢區	2177.0	115.2	241.9	0.0	—	—	357.1	16%	0%
楊梅區	2644.9	2234.5	389.2	0.0	—	—	2623.8	99%	0%
蘆竹區	1660.8	—	1628.2	0.0	—	—	1628.2	98%	0%
大園區	2987.1	—	791.2	0.0	—	—	791.2	26%	0%
龜山區	233.2	—	150.4	82.8	—	—	233.2	100%	0%
八德區	1026.0	65.3	1.8	30.1	—	—	97.2	9%	0%
龍潭區	1483.7	497.7	884.9	77.0	24.2	—	1483.7	100%	0%
平鎮區	1223.4	398.7	459.2	—	—	—	857.9	70%	0%
新屋區	4706.9	1070.2	—	—	—	—	1070.2	23%	0%
觀音區	3475.0	60.2	—	—	—	—	60.2	2%	0%
復興區	806.0	—	—	17.9	61.3	726.8 (90%)	806.0	100%	+16%
總計	24339.6	5068.6	4682.7	884.9	89.2	761.2 (6%)	11486.5	47%	+1%

註¹：危害脆弱度等級五佔影響面積比例

為提高農業生產用地面對氣候變遷坡地災害之韌性，可進行以下相關策略擬定，短期可規劃緩坡整地、水道分流及導引排放，維持坡地梯田良好的排水性和土壤通氣功能等減輕極端降水引致坡地災害衝擊；長期地方單位則可研擬水土保持計畫、提高農作物多樣化種植強化災害風險分攤，及採取特定易受災農地補貼等措施。

4.4 乾旱災害風險

未來氣候變遷將使雨量分布時間和空間更加不平均，除極端降雨事件外也易發生多日未降雨情形導致乾旱，在少雨的乾旱逆境下，導致農作物生產降低，主要以落葉果樹等作物易受衝擊，乾旱會使果樹根部吸水不易將造成細胞或組織缺水，嚴重時會達到永久性萎凋進而導致果樹死亡[7]。根據農委會調查將梨、高接梨、柿、葡萄、桃、柑桔、

百香果、竹筍、草莓、西瓜，以及茶葉等 11 項作物列為對乾旱高敏感作物，於臺灣氣候環境下，三月至七月較易處於缺水敏感時期 [29]。

參考國科會氣候變遷關鍵指標之年最長連續不降雨日，其氣候資料於桃園市各區分布如圖 9 所示，統計如表 10。農業乾旱定義，當乾旱現象持續，則土壤含水量逐漸減少，造成農作物產量下降，若該地區連續 20 日無可量測的降水紀錄，即可稱為「乾旱」，連續 50 日不降雨定為「小旱」，連續 100 日不降雨為「大旱」。因此整體而言，桃園市未來氣候變遷推估情境下，新屋區、觀音區、楊梅區及大園區於本世紀中發生乾旱現象機率都較其他行政區高。根據桃園市農林漁牧業家數統計結果，新屋區及觀音區為全市農牧業家數較高之地區，主要係從事稻作栽培業，因此針對稻作於未來推估情境下乾旱衝擊，需提前擬定相關調適策略以面對未來乾旱災害威脅。

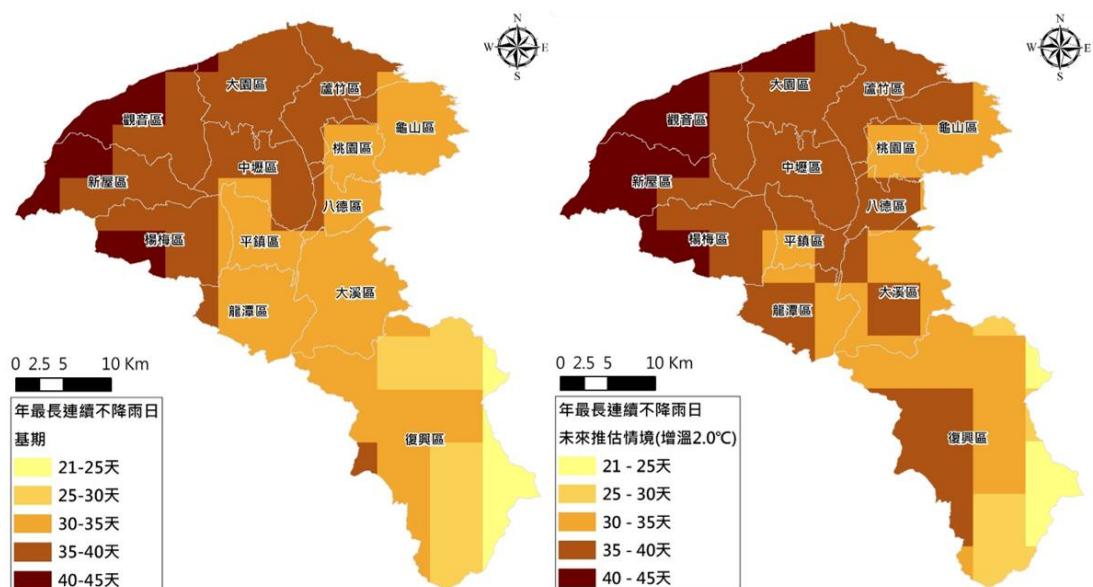


圖 9 桃園市年最長連續不降雨日指標分佈

表 10 桃園市各區年最長連續不降雨日指標統計 (單位: 天)

	桃園區	大溪區	中壢區	楊梅區	蘆竹區	大園區	龜山區	八德區	龍潭區	平鎮區	新屋區	觀音區	復興區	平均
基期	34	33	36	37	35	38	34	34	34	34	40	39	29	35
未來推估	36	34	38	39	37	39	35	35	36	35	41	41	30	37

針對乾旱現象，短期可建議農民改變種植習慣採省水栽培方法，例如採用間歇式灌溉技術來減少水分蒸發，並提升水資源利用效率，也可研擬調整水稻播種和移植時間，避開高溫乾旱期；於果樹方面，果農習慣把草除淨，但果園裡的草可幫助土壤保持濕度，因此果農可改採草生栽培方式種植果樹，另外適當修剪樹枝可降低樹葉密度，減少水分蒸散，以及適時適量疏果，能使剩餘果實長得更好，也能減少水分的流失 [29]。參考臺南市氣候變遷調適執行方案做法，為給予農業用水足夠保障，提及通過優化灌溉技術、推行智能用水管理系統和多源水供應策略等手段，並且辦理市內非重劃區既有農水路改善，以提高水資源利用效率應對氣候變遷之影響 [30]。因此，中、長期則建議可規劃省水設施輔助計畫，包含管路灌溉設施、調蓄設備、調節控制設施，以及動力抽水設備等，及參考農業部氣候變遷調適策略，持續強化農糧產業研發抗逆境能力，建立種原交換計畫及抗逆境品種研發應用。

4.5 高溫災害風險

極端高溫不僅會降低植物的光合作用效率，也會影響花粉活性導致授粉困難使結果率下降，對農作物生理及生長

發育的影響都會造成產量及品質的變化，例如水稻於抽穗開花期，日均溫度超過 35°C 可能導致穗部不育或空殼率增加，又如玉米於開花期高溫超過 35°C 會使花粉失活，結果率降低等影響 [31]。另外隨著溫度上升，可能會使原本於冬季以少量族群越冬之害蟲，若有適合寄主植物存在的情況下，其族群越冬存活率可能因此提高，使害蟲族群量因而大增，或是溫度的持續上升，使原先在南部發生較嚴重之胡麻葉枯病及台灣黑尾葉蟬，將隨溫度暖化逐漸擴及北台灣，因此溫度變遷也會使病蟲害擴散進一步導致農業產量受損 [32]。

參考國科會氣候變遷關鍵指標之日高溫最大值指標，其氣候資料於桃園市各區分布如圖 10 所示，統計結果如表 11。中央氣象署定義「高溫」為日最高溫升至 36°C 以上之現象。而桃園市全市除復興區外，其餘各區於未來氣候變遷情境下都面臨著高溫災害。另參考極端高溫持續指數，分布如圖 11 所示，統計結果如表 12，意指一年之中，連續 3 天以上日最高溫高於基期第 95 百分位數溫度門檻值之事件總天數，可發現全市從基期平均 11 天上升至未來推估世紀中期情境平均達 39 天，桃園市全區相對現今持續高溫之日數明顯增加，尤以中壢區、楊梅區、新屋區及觀音區增加趨勢最為顯著。

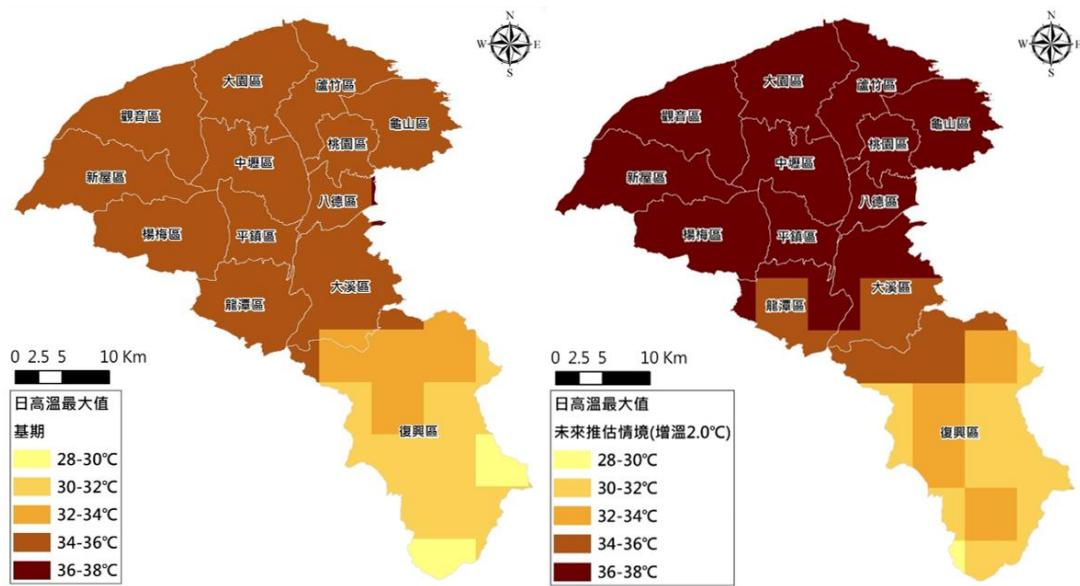


圖 10 桃園市日高溫最大值指標分佈

表 11 桃園市各區日高溫最大值指標統計 (單位: °C)

	桃園區	大溪區	中壢區	楊梅區	蘆竹區	大園區	龜山區	八德區	龍潭區	平鎮區	新屋區	觀音區	復興區	平均
基期	36	35	36	35	36	36	36	36	35	36	35	35	31	35
未來推估	37	36	37	36	37	37	37	37	36	37	36	37	32	36

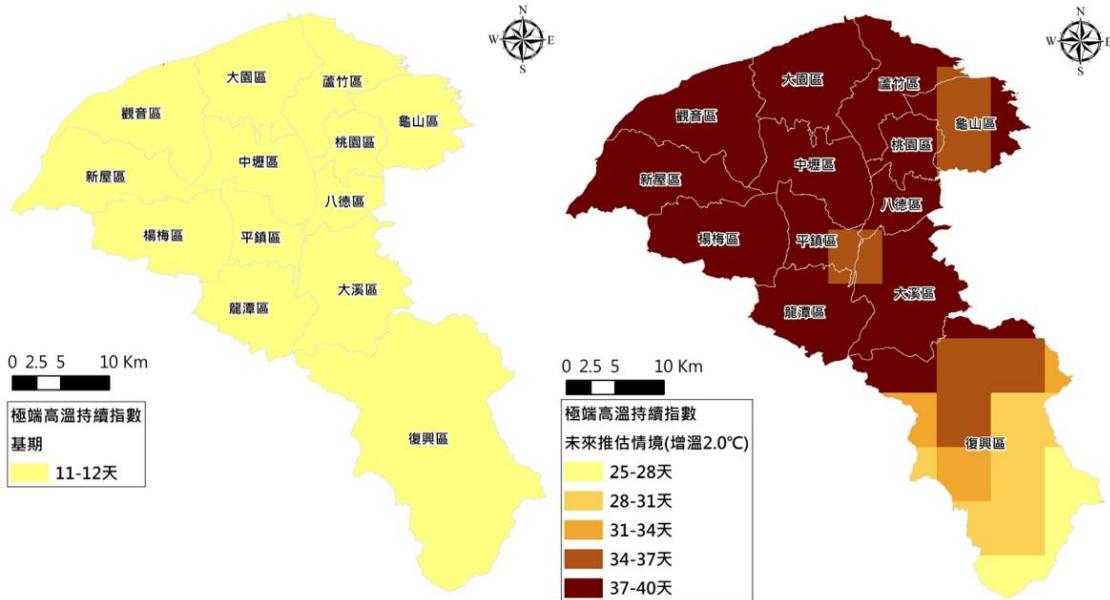


圖 11 桃園市極端高溫持續指數分佈

表 12 桃園市各區極端高溫持續指數統計 (單位：天)

	桃園區	大溪區	中壢區	楊梅區	蘆竹區	大園區	龜山區	八德區	龍潭區	平鎮區	新屋區	觀音區	復興區	平均
基期	12	11	11	11	12	11	12	12	11	12	10	11	11	11
未來推估	39	39	40	40	39	40	38	38	39	38	40	40	32	39

高溫現象對農作物衝擊顯著，調適策略主要以提高作物耐高溫能力、改善管理技術以、調整生產方式以及減少病蟲害之影響等為主，以減少高溫對農作物產量和品質的影響。可參考嘉義市做法，推動地方政府疫病蟲害主動調查制度計畫，透過地方政府及試驗改良場所執行重要植物有害生物主動監測及診斷服務，提供民眾正確防治方式策略[33]。另外，短期可建議農民採取覆蓋措施降低土壤溫度減少水分蒸發，另外於育苗期搭建遮陰網可有效減少直射高溫對幼苗的傷害。中、長期適合規劃農作適育期，透過適時提前或推遲播種，避開水稻抽穗開花期與當地高溫期的重疊，另外積極培育熱害耐性改良品種，及發展智慧農業技術，以精準灌溉和管理的方式有效減緩災害衝擊。整體而言，面對高溫的調適策略需要結合技術與管理方法，從品種選擇到田間管理都需要綜合考量。以科技創新和科學管理為核心，能有效減少高溫對農作物品質的影響，保障農業生產的可持續性。

五、結論與建議

本研究目的為結合災害風險減輕與氣候變遷調適等策略，應用災科技中心產製之災害風險圖及氣候關鍵指標，針對桃園市農糧作物範圍進行淹水、坡地、乾旱、高溫等極端災害類型衝擊分析，評估未來於氣候變遷情境下之災害風險及提供初步防災調適策略，冀望藉此達成城市具包容、安全、韌性及永續特質之目標。

5.1 結論

針對桃園市農業用地受到各類型災害風險評估結論分述如下：

1. 水災

桃園市行政區中以八德區之農業用地受淹水災害影響面積比例相較其他區高，而以未來氣候變遷推估情境比較，龜山區、新屋區及中壢區之淹水高風險趨勢增加，因此上述等地區需注意未來淹水風險造成農作物生產之影響。

2. 坡災

復興區、龍潭區及龜山區等區之農業用地皆位於坡地災害影響區內，尤其復興區為較高風險區，於未來推估情境下，將有 90% 農作物耕地範圍位於最高等級坡地災害風險區，需特別注意坡地風險並研擬相關農作物調適策略。

3. 乾旱

桃園市全區都有農業乾旱之風險，並以新屋區、觀音區、楊梅區及大園區於本世紀中發生乾旱現象風險較其他區高。上述行政區以稻作栽培為主要作物，因此上述地區建議發展稻作智慧農業系統，以技術及智慧管理方法持續強化農糧產業抗逆境能力。

4. 高溫

桃園市全區都將面臨高溫風險，尤以中壢區、楊梅區、新屋區及觀音區持續高溫日數增加趨勢較顯著。高溫現象對農作物衝擊顯著，建議上述地區採取調適策略以提高作物耐高溫能力、改善管理技術以及調整生產方式等策略為主，以減少高溫對農作物產量和品質的影響。

表 13 桃園市農糧用地範圍綜合風險評估與調適策略

類型	高風險行政區	主要影響作物	短期調適策略	長期調適策略
淹水	八德、中壢、大園、新屋	水稻、蔬菜	改善排水、調整播種期	低窪地休耕補助、智慧農業
坡地災害	復興、龍潭、龜山	果樹、茶葉	水土保持、作物多樣化	土地保護、補助防風樹
乾旱	新屋、觀音、楊梅、大園	水稻、果樹	滴灌、草生栽培	儲水設施、抗旱作物
高溫	中壢、楊梅、新屋、觀音	水稻、果樹	遮陰、土壤覆蓋	培育耐熱品種、智慧農業

總結桃園市農業用地災害風險評估與調適策略於表 13，其中桃園市之主要農產區新屋區、大園區及中壢區未來可能面臨淹水災害、乾旱及高溫災害之影響，於復興區及龜山區則可能面臨高風險坡地災害，建議地方政府考量氣候變遷之威脅，提前研擬相關調適措施，透過短期調適策略可減少即時損失，而長期策略則應聚焦於農業結構轉型與智慧農業發展，以提升農業韌性與永續經營能力。

5.2 建議

持續參考國內新竹縣新豐鄉農業調適示範案例，依序完成「辨識氣候風險與調適缺口」及「規劃與行動」兩階段六構面之策略，有利於確保調適操作的完整性，並後續建議與地方政府以工作坊形式建立溝通管道，參考地方相關單位之建議，持續深化各項議題的調適方向，以利促成更貼近地實際情況的韌性防災調適策略。

本研究已初步評估桃園市農業用地受淹水、坡地災害、乾旱、高溫等災害影響的空間分布，目前之評估方式主要係考量農作物生長環境，但尚未細緻劃分不同季節性災害影響，未來將進一步使用氣候模式之統計月資料，將氣候變遷影響細分至不同季節，並結合農業氣象資料，強化時序性分析各季節對不同農作物的影響。

參考文獻

- UNDRR, "Hyogo framework for action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters," World Conference on Disaster Reduction in Hyogo Japan, United Nations office for Disaster Risk Reduction(UNDRR) (2005).
- UNDRR, "Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030," United Nations office for Disaster Risk Reduction(UNDRR), Geneva, Switzerland (2015).
- United Nations, "Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development," New York: United Nations (2015).
- Amaratunga, D., Sridarran, P., and Haigh, R., "Report on the Making Cities Resilient (MCR) Campaign: Comparing MCR and non-MCR cities," United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) (2019).
- 行政院專家諮詢委員會，行政院災害防救專家諮詢委員會政策建議-極端災害下之韌性城市，國家災害防救科技中心 (2020)。
- 行政院國家發展委員會，國家氣候變遷調適行動計畫 (112-115 年)，行政院 112 年 10 月 4 日院臺綠能字第 1121034942 號函核定 (2023)。
- 張翊庭，「漫談氣象環境對果樹生產之可能影響」，農業試驗所技術服務，第二十二卷，第一期，第 23-25 頁 (2011)。
- 國家科學及技術委員會「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」編撰，「縣市氣候變遷概述-桃園市」，國家災害防救科技中心，取自 https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/km_publish.aspx。
- 桃園市政府，聯合國永續發展目標桃園市自願檢視報告，桃園市政府 (2020)。
- 行政院國家發展委員會，國家氣候變遷調適政策綱領，行政院 101 年 6 月 25 日院臺環字第 1010036440 號函核定 (2012)。
- 農業部，「因應氣候變遷我國農業之調適策略」，農政與農情，第 285 期 (2016)。
- 桃園市政府環境保護局，桃園市氣候變遷調適執行方案 (113 年-115 年)，桃園市政府 (2024)。
- 林李耀等人，臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫(TCCIP)成果報告，國家科學及技術委員會補助專題研究計畫報告，計畫編號：NSC110-2621-M-865-001 (2023)。
- 劉雨蓁、徐永衡、姚銘輝，「氣候變遷下提高農業水資源使用效率之旱田直播理論與實測」，臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台 (TCCIP) 電子報，第五十四期 (2021)。
- 國家科學及技術委員會「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」編撰，「調適構面 2022」，國家災害防救科技中心 (2022)。
- 國家科學及技術委員會「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」編撰，「吉爾吉斯-氣候變遷對牧場和畜牧系統的影響」，國家災害防救科技中心，取自 https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ark_02_case_one.aspx?case_id=CF。
- Himesh, S., Prakasa Rao, E. V. S., Gouda, K. C., Ramesh, K. V., Rakesh, V., Mohapatra, G. N., Kantha Rao, B., Sahoo, S. K., and Ajilesh, P., "Digital revolution and big data: A new revolution in agriculture," *CABI Reviews*, Vol. 13, No. 021 (2018).
- Philippe, M., Tal, S., and Yeres, J., "Water management in Israel: Key innovations and lessons learned for water-scarce countries," USA Washington: World Bank Group (2017).
- 陳韻如、陳偉柏、林又青、劉佩鈴、施虹如、蘇元風、陳永明、張志新，氣候變遷衝擊下災害風險地圖，新北，國家災害防救科技中心 (2014)。
- 陳韻如、林宣汝、張駿暉、陳永明，應用 RCP8.5 氣候情境評估氣候變遷下之災害風險圖，國家災害防救科技中心 (2021)。
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change," Edited by H. Lee and J. Romero, IPCC (2023).
- Meehl, G. A., Eyring, V., Taylor, K. E., Stouffer, R. J., and Sanderson, B. M., "CMIP6: The Coupled Model Intercomparison Project Phase 6," *Geophysical Research Letters*, Vol. 47, No. 1, e2019GL086963 (2020).

23. 陳韻如、林宣汝、黃亞婷、劉俊志、連琮勛、陳永明，多模式多空間尺度之氣候變遷淹水災害風險圖，國家災害防救科技中心（2021）。
24. 陳韻如、林宣汝、劉俊志、童裕翔、陳永明，坡地災害氣候變遷風險圖研發與應用，國家災害防救科技中心（2024）。
25. 國家科學及技術委員會「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」編撰，「臺灣氣候變遷關鍵指標圖集：AR6 統計降尺度版」，國家災害防救科技中心（2023）。
26. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), “Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working,” (2012).
27. 桃園市政府主計處，桃園市 109 年農林漁牧業普查統計結果，桃園市政府（2023）。
28. 蕭逸華、李欣輯，「暖化情境下農業淹水災害之調適效益分析—以大甲溪流域為例」，農業工程學報，第六十五卷，第一期，第 83-95 頁（2019）。
29. 陳儼方，「上半年乾旱高敏感作物 11 項出列落葉果樹是苦主」，農傳媒，第 20210326 期（2021）。
30. 臺南市政府環境保護局，臺南市氣候變遷調適執行方案（初稿），臺南市政府（2024）。
31. 謝光照、戴宏宇、孫凭偉，「玉米生長對溫度因子的需求與受影響的門檻值」，農業試驗所技術服務，第 124 期（2020）。
32. 朱盛祺，「氣候變遷對水稻病蟲害之發生與防治」，苗栗區農業專訊，第五十四期（2011）。
33. 嘉義市政府環境保護局，嘉義市氣候變遷調適執行方案（初稿），嘉義市政府（2024）。

114 年 1 月 24 日 收稿
114 年 2 月 25 日 修改
114 年 3 月 11 日 接受

