

探討氣候變遷下桃園市農業領域之乾旱風險評估

Assessment of Drought Risk in the Agricultural Sector of Taoyuan City under Climate Change

劉佳怡¹ Liu, Chia-Yi

國立中央大學災害防治研究中心專案工程師

鐘志忠² Chung, Chih-Chung

國立中央大學災害防治研究中心副主任

摘要

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之環境衝擊，桃園市農業領域即將面臨更險峻之乾旱風險，本研究即應用國家災害防救科技中心之未來推估雨量資料及桃園市農糧作物相關圖資，透過風險評估探討桃園市農業領域乾旱風險，並針對高風險區提出調適對策。研究結果顯示平原農業區為主要高風險區，其中，新屋區、觀音區、中壢區及大園區為未來推估情境下乾旱高風險區域，農業密集與用水依賴度高之區域與氣候變異顯著之地區重疊，顯示桃園市未來農業乾旱風險之空間異質性明顯。透過系統性風險評估辨識高風險地區，即可精確掌握未來減災與調適目標，據以規劃調適策略與行動，短期策略包括優化農業灌溉調度系統；長期則推動以生態系統為基礎之調適，提升農業生態系統自我調節能力。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。

關鍵詞：氣候變遷、乾旱、災害風險、韌性城市、農業調適

一、前言

隨著全球暖化加劇所引發的氣候變遷影響日益明顯，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」（UNDRR, 2005）及「2015-2030 仙台減災綱領」（UNDRR, 2015），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。

近年來，我國亦為因應氣候變遷帶來的多重衝擊，於 2023 年公布修訂「氣候變遷因應法」，以強化氣候治理之法制基礎，並配合國際趨勢推動「國家氣候變遷調適行動計畫（112-115 年）」（行政院國家發展委員會，2023）。該計畫除建立暖化情境推估與調適架構、強化公眾參與等核心概念外，亦針對我國在氣候變遷下所面臨的七大調適領域提出具體行動方向，包括維生基礎設施、水資源、土地利用、海岸管理、能源與產業、農業生產、生物多樣性及健康等層面。計畫中除詳述各領域所受氣候衝擊與挑戰外，並整合災害風險評估及韌性提升為調適架構的核心基礎，強調政府應關注氣候變遷下高脆弱族群的適應能力，透過社會扶助機制協助其提升調適韌性。為落實在地氣候行動，

各地方政府亦須依據法規制定「氣候變遷調適執行方案」，推動因地制宜的調適策略，以促進社會、經濟與環境之永續發展。

以農業生產與生物多樣性領域為例，氣候變遷對農業的影響呈現多樣且複雜。氣溫升高可能導致果樹栽培區域北移、果實產期提前或延後及品質下降，亦可能改變病蟲害分布模式，增加作物損失風險；降雨型態的變異則可能造成蔬果產量及品質不穩定，進一步衝擊農業生產體系（張翊庭，2011）。以桃園市為例，根據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」的分析，在全球暖化 2°C 情境下，桃園市年高溫超過 36°C 的天數平均將增加約 10 天，冬季降雨量減少 5.1%，而夏季降雨量增加 7.8%，顯示未來桃園將面臨更明顯的高溫化與降雨不均問題（國家災害防救科技中心，2024）。桃園市為北臺灣主要農業生產地區，擁有石門水庫穩定的灌溉來源與完善的農田水利系統，土地肥沃、雨量充沛，孕育出多樣化且具特色的農產品，如桃園三號米、桃映紅茶、東方美人茶與拉拉山水蜜桃等，深受市場青睞。

在全球重視永續發展的趨勢下，桃園市政府以聯合國永續發展目標（SDGs）為施政依據，積極強化氣候行動相關政策，並於農業防災計畫中納入寒害、水旱災、森林火災及動植物疫災等防減災與復原措施，藉以降低災害對農業生產之衝擊，確保糧食供應穩定及災後迅速復原（桃園市政府，2020）。基於此，本研究參照我國現行氣候變遷風險評估操作流程及防減災策略，針對「乾旱」災害進行農業領域風險評估，識別桃園市各行政區之高風險地區，進一步提出防災調適策略建議，以應對氣候緊急情境下的極端乾旱威脅，並強化對風險變化的掌握與管理。

二、研究方法

依據前述背景，我國自 2023 年施行「氣候變遷因應法」後，為協助各級政府運用氣候變遷科學資訊進行風險評估，作為研擬調適方案與策略之依據，環境部於 2025 年發布「氣候變遷風險評估作業準則」（環境部，2025）。該準則的核心原則包括範疇界定、現況檢視與未來氣候風險評估三大面向，藉此建立一致且可操作之氣候風險評估流程，作為各層級政府與相關機構進行氣候風險分析的依循基礎。

本研究即參照上述作業準則，針對桃園市農業領域建立乾旱風險評估流程。整體研究架構分為三個主要階段，分別為：範疇界定、風險評估，以及調適規劃與行動，其流程如圖 1 所示，茲就研究方法簡述如下。



圖 1 本研究風險評估作業流程與架構

1、範疇界定

第一階段為範疇界定，主要係為釐清桃園市農業領域目前面臨之氣候危害類型，以及辨識可能受氣候變遷影響之對象，並進一步界定時間範疇以進行後續風險評估。

(1) 評估氣候危害類型及影響對象

「桃園市氣候變遷調適執行方案」（桃園市政府，2025）中界定桃園市農業生產與生物多樣性領域之氣候影響因子主要為「溫度上升（熱浪）」、「連續不降雨日數上升（旱災）」及「極端降雨（淹水與坡災）」。然而，上述氣候衝擊對不同生產區位及農產品項之影響程度各異，因應策略亦不盡相同，因此仍需針對各類產業及作物進行細部評估，方能掌握其風險差異與變化趨勢。

依據桃園市 109 年農林漁牧業普查結果顯示，桃園市農林漁牧業家數（含擁有資源但未從事者）於全國六都中排名第 4，其中以農牧業為主體，林業與漁業次之。各區統計結果顯示，農牧業家數以新屋區最多，位居全國鄉鎮市區第 3 名，其次為中壢區與大園區，三區合計占全市農牧業家數的 35%。在經營型態上，以家庭式農牧戶為主，主要從事稻作栽培（占 58%），其次為蔬菜栽培（占 25%）。整體而言，新屋區可耕地面積占全區土地逾五成，農業資源相對豐富，其次為觀音區與大園區，顯示桃園市農牧業發展以西部地區為核心。桃園市全區農糧作物分布範圍如圖 2 所

示。

綜合以上分析，考量桃園市農業生產以水稻與蔬菜為主要作物，對水資源供應高度依賴，且「連續不降雨日數上升」所造成的乾旱現象，將直接影響作物生長與灌溉調配，進而衝擊農業生產穩定性。因此，本研究以「乾旱」為桃園市農業領域之主要氣候危害類型，並以農糧作物分布範圍作為評估桃園市農業領域乾旱風險之主要受影響對象。

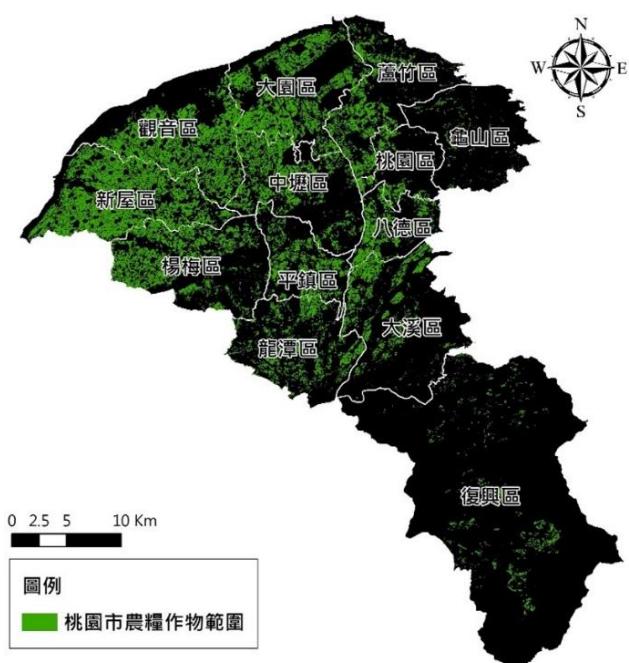


圖 2 桃園市全區農糧作物範圍（農地流通資料中心，2024）

(2) 時間範疇

參考國家氣候變遷調適行動計畫（112-115 年）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（1850~1900 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近期增溫 1.5°C 情境、中期增溫 2.0°C 情境及 21 世紀末增溫 4.0°C 等情境，其中近期增溫 1.5°C 情境指未來 20 年內多數排放情境會使全球升溫 1.5°C ，可能發生的時期在 2021~2040 年間；中期增溫 2.0°C 情境指未來 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。此兩種情境為「國家氣候變遷調適行動計畫（112-115 年）」優先採用之「國家調適應用情境」（行政院國家發展委員會，2023），然而針對農業領域而言，中期（增溫 2.0°C ）情境的風險量化評估仍具高度不確定性。基於情境適切性考量，本研究選用近期增溫 1.5°C 情境作為未來推估情境之依據。

2、風險評估

第二階段風險評估係透過現況檢視與未來推估情境，評估乾旱對農業領域的潛在風險程度，並依據危害度、暴露度及脆弱度三項指標進行量化分級，以判定高風險區域並辨識調適差距。

(1) 現況檢視

現況檢視旨在掌握桃園市農糧作物於現行氣候條件下之分布情形，以識別可能易受乾旱影響之區域與農作物品項，作為後續調適規劃與行動的重要基礎資料。根據桃園市政府農業局重要統計指標查詢平台 113 年資料彙整，各行政區農糧作物主要包含雜糧、蔬菜、稻米、特用作物及果品等五大類型。其中，以蔬菜種類 (61.6%) 與稻米種類 (33.5%) 為桃園市主要農糧作物，合計占全市農糧產量之 95.1%；在區域分布方面，雜糧種類產量以觀音區最高、蔬菜種類產量以八德區最高、稻米種類以新屋區最高、特用作物種類以龍潭區最高、果品種類以楊梅區最高。

綜合上述結果可知，桃園市農糧生產結構以蔬菜及稻米為主，且主要集中於八德區及新屋區等農業發展重點地區。由於此二大類作物對水資源供應高度仰賴，若未來氣候變遷導致降雨時空分布不均或乾旱事件發生頻率增加，將可能對主要產區及作物生產造成顯著衝擊。是以掌握現況下農糧作物之空間分布與產量特性，對於後續辨識桃園市潛在乾旱風險熱區及規劃調適行動，具有關鍵之基礎參考價值。

表 1 桃園市各行政區農糧作物產量統計

行政區	雜糧種類		蔬菜種類		稻米種類		特用作物種類		果品種類		總計
	產量	比例	產量	比例	產量 (糙米公斤)	比例	產量	比例	產量	比例	
桃園市	1,958,176	1.1%	109,096,136	61.6%	59,309,551	33.5%	674,871	0.4%	6,073,221	3.4%	177,111,954
桃園區	10,079	0.1%	7,671,296	89.0%	840,545	9.8%	2,820	0.0%	95,232	1.1%	8,619,972
中壢區	270,416	2.0%	8,216,686	59.4%	5,241,878	37.9%	4,107	0.0%	103,919	0.8%	13,837,006
大溪區	174,192	1.3%	9,950,791	74.8%	2,892,201	21.7%	75,302	0.6%	214,972	1.6%	13,307,458
楊梅區	160,467	1.0%	6,817,413	41.8%	8,823,962	54.1%	45,766	0.3%	476,366	2.9%	16,323,974
蘆竹區	91,303	1.0%	5,848,587	63.8%	3,014,275	32.9%	34,531	0.4%	179,495	2.0%	9,168,191
大園區	98,918	1.4%	2,856,938	39.3%	4,241,388	58.4%	270	0.0%	70,106	1.0%	7,267,620
龜山區	40,183	2.7%	1,170,210	77.7%	178,429	11.9%	36,816	2.4%	79,890	5.3%	1,505,528
八德區	44,323	0.1%	30,512,836	91.2%	2,757,471	8.2%	1,667	0.0%	158,480	0.5%	33,474,777
龍潭區	67,925	0.9%	4,534,245	63.0%	1,697,652	23.6%	392,256	5.4%	509,805	7.1%	7,201,882
平鎮區	169,623	1.8%	6,513,109	67.8%	2,662,447	27.7%	20,942	0.2%	245,824	2.6%	9,611,945
新屋區	356,960	1.1%	13,921,431	41.6%	18,849,287	56.3%	11,877	0.0%	353,677	1.1%	33,493,231
觀音區	458,751	2.8%	7,469,657	46.0%	8,110,016	50.0%	5,697	0.0%	183,176	1.1%	16,227,297
復興區	15,036	0.2%	3,612,938	51.1%	-	-	42,819	0.6%	3,402,280	48.1%	7,073,073

備註：此表比例係指該行政區該種類之農糧作物產量佔該行政區總計產量之比例。

(2) 未來推估情境

本研究依據「氣候變遷風險評估作業準則」所示原則，綜合考量危害度、暴露度及脆弱度三項風險要素之關聯影響，採用分級法以進行未來推估情境之風險評估，分析桃園市農業領域於未來氣候變遷下乾旱風險空間分布。各項指標之資料來源與

計算方式說明如下：

1. 危害度：

危害度指氣候變遷下乾旱事件的發生強度與頻率，作為衡量氣候危害潛勢之依據。本研究採用臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台(以下簡稱 TCCIP)提供 1 公里網格之月雨量推估資料(國家災害防救科技中心, 2025)，選取近期增溫 1.5°C 情境(2021~2040 年)作為未來推估情境。並依據 McKee et al. (1993) 發展的標準化降雨指數(Standard Precipitation Index, SPI)定義乾旱的特性，做為本研究危害度指標計算方法。

標準化降雨指數可根據不同時間尺度之累積降雨量進行乾旱特性分析，其中較常使用之時間尺度分別為 3 個月、12 個月的累積降雨分別作為短時間尺度以及長時間尺度的乾旱分析。在短時間尺度，3 個月累積雨量的標準化降雨指數(以下簡稱 SPI3)，呈現的是與中、短期土壤濕度有相關的氣象以及農業乾旱的特性；在長時間尺度 12 個月累積雨量的標準化降雨指數(以下簡稱 SPI12)，則呈現的是與河川流量、水庫蓄水量以及地下水相關的水文乾旱特性(李昱祺等人, 2018)。故本研究為考慮農業乾旱的特性，採用未來推估情境之 SPI3 進行乾旱分析，將各個網格中由前 2 個月累積至當月的累積降雨，而後擬合 Gamma 分布曲線後獲得 Gamma 分布曲線的參數 α (形狀參數)、 β (比例參數)，接著將其代入計算 Gamma 累積機率分布函數，最後將 Gamma 累積機率分布函數逆轉換成常態累積機率分布函數，計算獲得 SPI3。簡而言之 SPI3 為各個網格前 2 個月累積至當月的降雨相對於自身歷史氣候降雨標準化後之結果。詳細的計算方法可參考 Edwards and McKee (1997)。為了應用於未來氣候變遷的分析，本研究先使用 TCCIP 之基期資料(1994~2014 年)當作歷史資料，計算各個網格之 SPI3 值用於擬合分布及取得參數，隨後將同一組參數套用到未來推估情境下之累積雨量，得到未來推估情境下的 SPI3 值。意義在於可直接比較未來推估情境相對於歷史資料的乾旱變化。

由 SPI3 定義乾旱事件的方式為當 SPI3 為連續負值且有至少一次小於-1(含)以上即定義為一次乾旱事件。定義出乾旱事件後，接著再由四種乾旱特性分析未來推估情境乾旱發生的變化情形。四種乾旱特性的定義如式 1~式 4 所示。分別是乾旱發生頻率(Drought Frequency, DF)、乾旱延時(Drought Duration, DD)、乾旱嚴重度(Drought Severity, DS)以及乾旱強度(Drought Intensity, DI)。乾旱發生頻率 DF 為總年份中(N)所有乾旱事件的次數，乾旱延時 DD 表示每次乾旱事件持續的時間，乾旱嚴重度 DS 為加總某次乾旱事件的 SPI3 絶對值，此特性無法區別長延時與短延時之影響，因此再將嚴重度除以延時，用以表示乾旱強度 DI。

$$DF = \frac{N_E}{N} , \text{ 其中 } N_E \text{ 為乾旱事件次數} \quad \text{式 1}$$

$$DD_i = n_i , \text{ 其中 } n_i \text{ 為第 } i \text{ 次乾旱事件的延時} \quad \text{式 2}$$

$$DS_i = \sum_{k=1}^{n_i} |SPI_k| \quad \text{式 3}$$

$$DI_i = \frac{DS_i}{DD_i} \quad \text{式 4}$$

接著再計算總年份 N 年間所有乾旱事件的乾旱總延時 (total Drought Duration, tDD)、乾旱總嚴重度 (total Drought Severity, tDS)，以及乾旱平均強度 (mean Drought Intensity, mDI)，定義如式 5~式 7 所示 (李昱祺等人, 2018)。

$$tDD = \sum_{i=1}^{N_E} DD_i \quad \text{式 5}$$

$$tDS = \sum_{i=1}^{N_E} DS_i \quad \text{式 6}$$

$$mDI = \frac{\sum_{i=1}^{N_E} DI_i}{N_E} \quad \text{式 7}$$

本研究採用各個網格於未來推估情境期間之乾旱平均強度 (mDI) 進行後續危害度五等分之分級，分級 5 代表乾旱危害程度最高，分級 1 則為最低。以反映未來乾旱發生之潛在程度與空間差異。

2. 暴露度：

暴露度係指受氣候危害影響之資源或對象暴露於乾旱風險中的程度。本研究以農糧作物種植面積作為暴露度評估基礎，資料來源為 112 年行政院農業部農地流通資料中心之統計資料。依據 TCCIP 提供之 1 公里網格範圍，計算各網格內所有農糧作物（含稻米、蔬菜、雜糧、果品及特用作物）之面積比率，作為暴露度分級依據，代表該區域農業生產對乾旱風險之潛在暴露程度，並同樣依最大值與最小值進行五等分分級，分級 5 表示農作物集中度與暴露程度最高。

3. 脆弱度：

脆弱度反映受衝擊對象在面對乾旱事件時的敏感性與承受能力。本研究以農業灌溉供水量作為脆弱度之代表指標，資料來源為 112 年農田水利署公開之供灌水量資料。依據各網格供水量進行分級，供水量較高者表示對灌溉資源需求較高，在乾旱條件下之調適能力較弱，脆弱度相對較高；反之則較低，故依最大值與最小值劃分為五分級，分級 5 為脆弱度最高區域。該指標用以描述桃園市農業用地於未來乾旱條件下之相對承受力。

綜合上述三項指標後，將危害度、暴露度及脆弱度分級結果相互相乘，以反映三項風險要素交互影響下的綜合乾旱風險指數。隨後再依其乘積結果進行五等分分級，分級 5 代表最高乾旱風險區。藉此建立桃園市未來乾旱風險分布圖，辨識潛在高風險農業區域，並作為後續調適策略與行動規劃之重要依據。

3、調適規劃與行動

本研究第三階段為「調適規劃與行動」，主要目的在於整合現有防減災與調適策略，並結合前述未來風險評估結果，提出桃園市農業用地面對乾旱風險之未來調適方向與具體行動方案。此階段首先彙整現行各級政府既有防災、減災及氣候調適

作為，後續研究結果章節再依據本研究推估之高風險區域與農糧作物分布，針對高風險區域補充可行之調適策略，作為地方政府後續政策與行動計畫研擬之參考依據。

根據「桃園市氣候變遷調適執行方案」（2025），農業生產及生物多樣性領域之調適目標，旨在「增進生態系統因應氣候變遷之服務量能」、「提升農業氣候風險管理能力」，以及「發掘氣候變遷下多元農產業發展機會」。為達成上述目標，該方案提出多項調適策略，包括：

- (1) 建構糧食安全體系以確保農產品穩定供應；
- (2) 建立永續且具韌性的林業經營與農業調適模式；
- (3) 推動綠色造林及永續耕作以減緩人為擾動；
- (4) 強化農業對抗極端氣候（如乾旱、高溫）之能力；
- (5) 保護與復育海岸生物棲地與濕地生態系統。

其中，針對「連續不降雨日數增加（旱災）」之氣候課題，「桃園市氣候變遷調適執行方案」與 113 年桃園市執政計畫中皆有對應之具體作為（如表 2 所示），主要策略方向包括輔導農民轉作旱作作物，鼓勵以耐旱作物取代需水量高之作物品項，降低乾旱衝擊風險；改善灌溉設施效率，提升供水穩定度。

表 2 桃園市農業生產及生物多樣性領域之乾旱課題與對應計畫數

災害因子	保全對象	標的	影響	課題	計畫數
連續不降雨日數增加（旱災）	農業用水	優良農地	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	輔導轉作旱作	3
		茶	旱災缺水造成茶園灌溉水源不足，導致茶樹乾枯、產量減少	改善灌溉設施	1

三、研究成果與討論

本章針對前述研究方法與評估架構所獲得之分析成果進行說明與討論。首先，分別說明危害度、暴露度與脆弱度三項風險指標之空間分布特性，再將三項指標整合以產出桃園市農業領域未來乾旱風險分布圖，進行高風險區位辨識與結果分析。其後，綜合本研究推估結果與桃園市現有防減災與氣候變遷調適策略，探討未來可能的農業調適方向與具體行動建議，最後提出綜合討論與後續研究建議。

1、乾旱風險評估成果

本研究以 TCCIP 提供之未來推估情境降雨資料為基礎，建構桃園市農業領域之乾旱風險三項要素指標：危害度、暴露度及脆弱度。各指標依據原始數據之最大值與最小值進行分級分析，分級 5 代表最高值即最不利情境，反之分級 1 為最低值。以下分別說明各指標之結果特性：

(1) 危害度

危害度係根據未來推估情境 1 公里網格月降雨資料進行危害度評估，採用標準化降雨指數 (SPI3) 作為乾旱強度判釋指標，分析未來推估情境（近期增溫 1.5°C ）之乾旱平均強度，代表未來乾旱事件之危害程度。

危害度分級數據如表 3，分析結果如圖 3。從結果顯示危害度高值主要分布於桃園市西北部平原區，特別是楊梅區、新屋區、觀音區、大園區及中壢區，顯示此區域於未來氣候變遷情境下可能面臨較長期或較嚴重的乾旱事件。

表 3 桃園市未來農業領域乾旱風險之危害度分級

乾旱平均強度	危害度分級	網格數
1.15376	5	137
1.10656	4	546
1.05935	3	292
1.01214	2	197
0.96496	1	51
總計		1,223

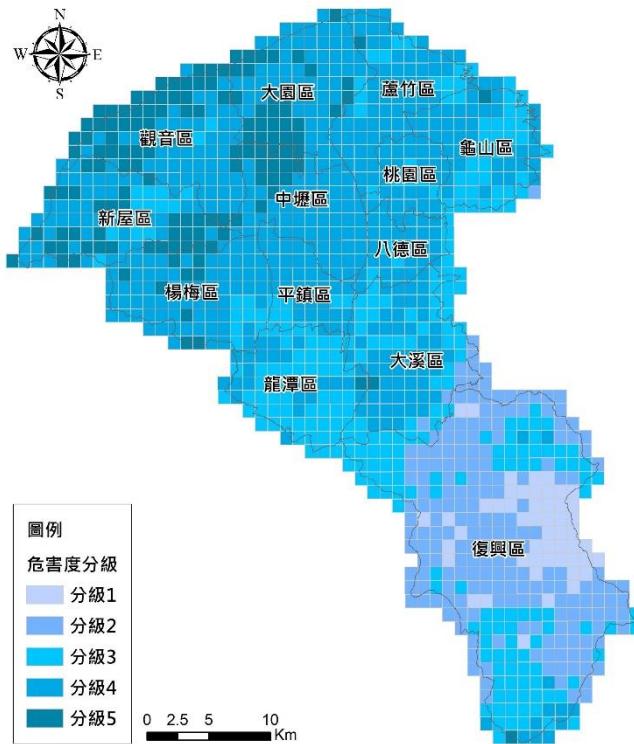


圖 3 桃園市未來農業領域乾旱風險之危害度分布圖

(2) 暴露度

暴露度係以桃園市農糧作物空間分布為基礎進行評估。根據農地流通資料中心提供之農糧作物分布範圍資料，計算各網格農糧作物面積，並依面積大小進行分級分析。暴露度分級數據如表 4，分析結果如圖 4。結果顯示，楊梅區、新屋區、觀音區、大園區及部分平鎮區、中壢區、八德區等農業生產密集區之暴露度較高，顯示農業活動與灌溉需求高度集中之區域在乾旱期間將承受較大影響。此外，新屋區為本市稻米主要產區之一，若未來乾旱事件發生頻率增加，將可能對該區稻米產量及整體農業產值造成間接衝擊。

表 4 桃園市未來農業領域乾旱風險之暴露度分級

農糧作物面積（平方公尺）	危害度分級	網格數
855,047	5	59
684,037	4	123
513,028	3	131
342,019	2	163
171,009	1	747
總計		1,223

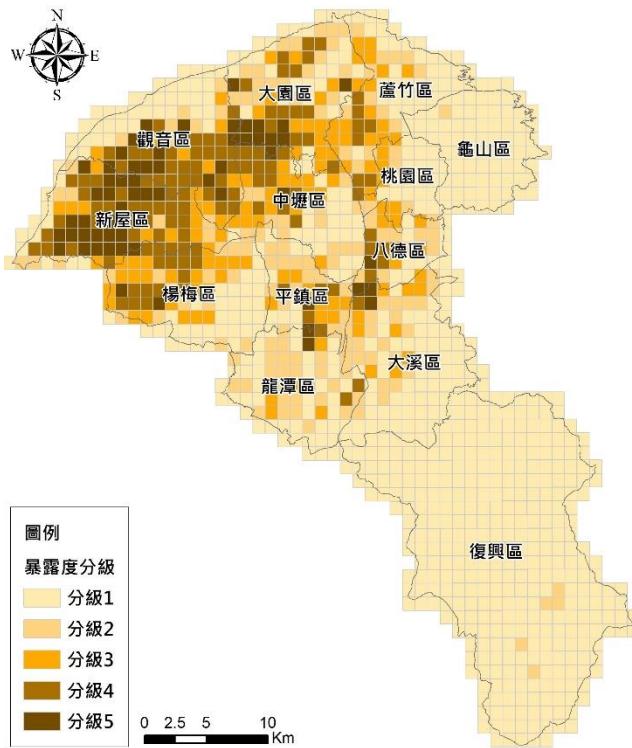


圖 4 桃園市未來農業領域乾旱風險之暴露度分布圖

(3) 脆弱度

脆弱度主要以桃園市農業灌溉系統供水能力作為評估依據，根據桃園市農業灌溉用水統計資料，計算各網格之灌溉用水量並進行分級，藉以反映不同區域在乾旱期間對灌溉水源可近性的差異，桃園市未來農業領域乾旱風險之脆弱度分級數據如表 5，分析結果如圖 5。

桃園市農業灌溉系統共分為「桃園管理處」與「石門管理處」兩大供水系統，兩者在地形、水源及灌溉方式上具有明顯差異，導致各區之灌溉脆弱度呈現空間變化。

桃園管理處灌溉區域主要位於桃園台地，包括桃園區及中壢區一帶。該區地勢自東南向西北傾斜，河川短促且水源有限，早期多屬仰賴雨水蓄池之「看天田」，乾旱期間易出現水源不足、作物受損情形。隨著石門水庫及桃園大圳的興建，區內池塘整建後已形成較完整之灌溉系統。

石門管理處灌溉區域涵蓋鶯歌、八德、大溪、龍潭、觀音、中壢、新屋、楊梅、湖口及新豐等十二個行政區，灌溉水源以石門水庫為主，輔以池塘蓄水、攔河堰回灌及地下水抽灌等方式，形成較為穩定的多元供水系統。

整體而言，桃園市農業灌溉系統在空間上呈現明顯差異性，此結果顯示，桃園市乾旱脆弱度主要受供水系統覆蓋範圍與灌溉設施完善程度所影響，亦顯示未來乾旱調適策略可優先針對桃園管理處灌區內之高脆弱地區進行水源調度與節水農法之強化。

表 5 桃園市未來農業領域乾旱風險之脆弱度分級

農業灌溉用水量 (百萬立方公尺)	危害度分級	網格數
315	5	380
252	4	189
189	3	0
126	2	0
62	1	654
總計		1,223

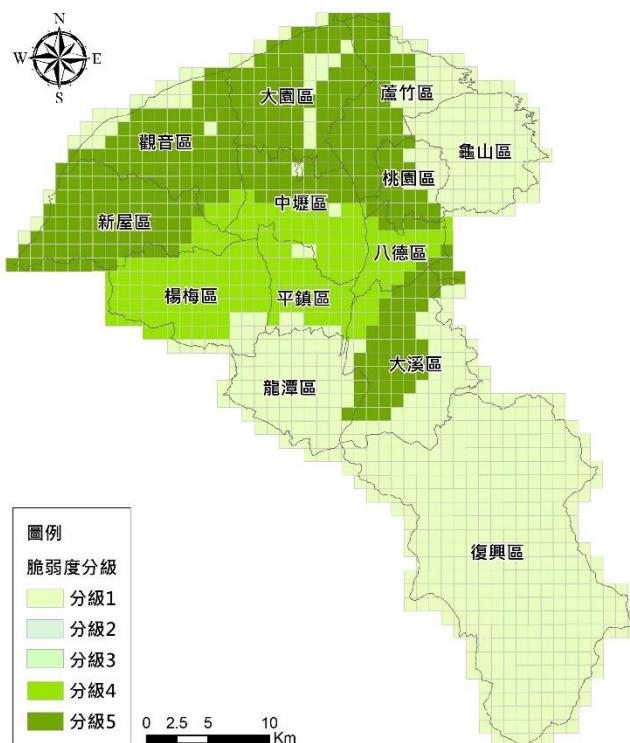


圖 5 桃園市未來農業領域乾旱風險之脆弱度分布圖

2、綜合風險分級

為綜合反映三項風險要素之交互影響，本研究將危害度、暴露度及脆弱度三項分級結果進行相互乘積，再依據結果進行分級，分級 5 代表最高風險分級，分級數據詳如表 6，建立桃園市未來農業領域乾旱風險分布圖（詳如圖 6）。

整體而言，桃園市乾旱風險呈現由東南向西北遞增之分布趨勢，平原農業區為主要高風險區。其中，新屋區、觀音區、中壢區、大園區、部分楊梅區及大溪區綜合風險分級達分級 5，顯示乾旱事件發生時農業生產將面臨較高損失風險。

綜合比較各區特性可知，農業密集與用水依賴度高之區域與氣候變異顯著之地區重疊，顯示桃園市未來農業乾旱風險之空間異質性明顯，亟需依據不同區域特性採取差異化調適措施。

表 6 桃園市未來農業領域乾旱風險之分級

危害度×暴露度×脆弱度	風險分級	網格數	各行政區佔比*
125	5	76	新屋區 (39%)
			觀音區 (26%)
			中壢區 (17%)
			大園區 (13%)
			楊梅區 (3%)
			大溪區 (1%)
100	4	77	新屋區 (31%)
			觀音區 (19%)
			大園區 (18%)
75	3	103	新屋區 (17%)
			中壢區 (15%)
			大園區 (12%)、楊梅區 (12%)
50	2	185	楊梅區 (17%)
			大園區 (15%)
			大溪區 (11%)、中壢區 (11%)
25	1	782	復興區 (47%)
			龍潭區 (10%)
			龜山區 (9%)
總計		1223	-

備註：*各行政區佔比表示該行政區佔該風險分級比例。因行政區數量眾多，僅風險分級 5 表列所有行政區佔比，其餘僅呈現該風險分級前三高佔比之行政區。

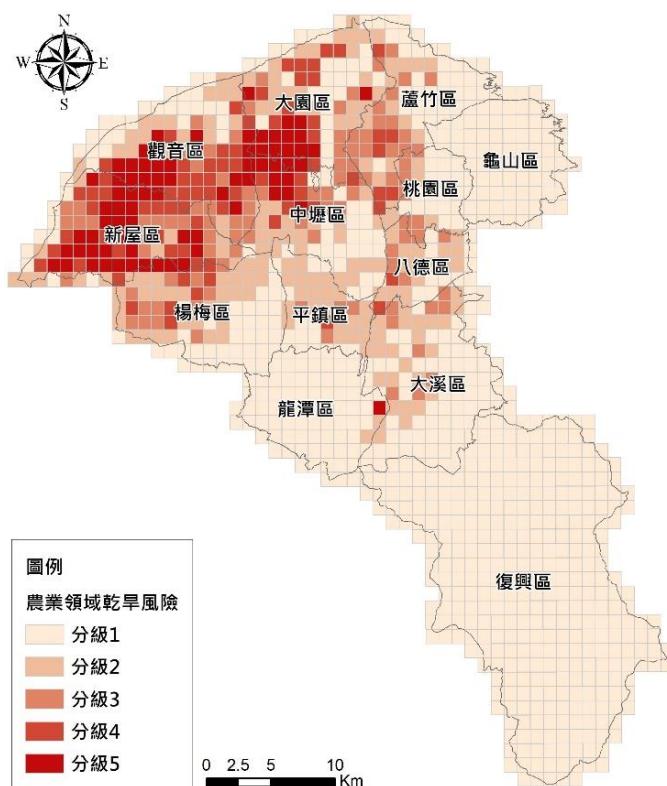


圖 6 桃園市未來農業領域乾旱風險分布圖

3、調適策略建議

為檢視桃園市現行氣候變遷調適措施之完整性與乾旱風險評估結果之關聯，本研究彙整桃園市氣候變遷調適執行方案相關計畫。根據該方案，農業生產及生物多樣性領域之調適目標包含：（1）增進生態系統因應氣候變遷之服務量能；（2）提升農業氣候風險管理能力；（3）發掘氣候變遷下多元農產業機會。

現行策略包括：建構糧食安全體系、推動永續林業經營與綠色造林、減緩人為擾動造成之生物多樣性流失、強化農業氣候韌性，以及保護與復育海岸生物棲地及濕地等。針對連續不降雨日數增加之旱災課題，政府已推動之措施包括輔導旱作轉型、改善灌溉設施等。

現行措施著重於基礎設施與工程面，對於區域差異性、氣候資訊融入農業決策及農民氣候適應能力培養等面向，本研究建議進行相關調適規劃。綜合乾旱風險評估結果與既有政策盤點，針對桃園市未來農業領域乾旱高風險區，本研究提出桃園市未來農業乾旱調適策略之方向與具體建議如圖 7，透過短、中、及長期階段之策略，逐步提升桃園市農業體系面對乾旱風險之韌性，並促進永續農業發展。

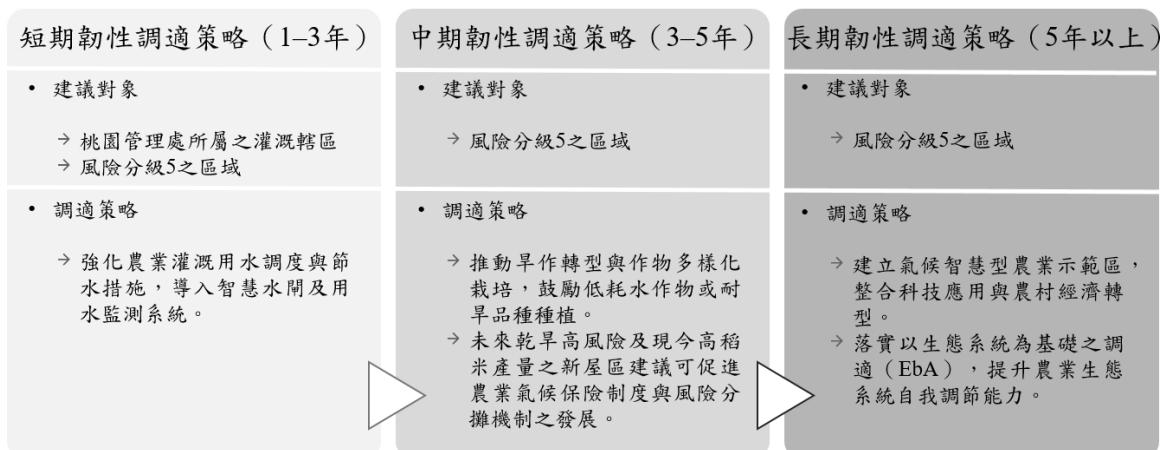


圖 7 桃園市未來農業乾旱調適策略

4、綜合討論

本研究以未來氣候變遷推估情境與農糧作物相關資料為基礎，建構桃園市農業領域之乾旱風險評估。結果顯示，乾旱風險受氣候條件影響，呈現明顯之空間差異性。高風險區域多集中於沿海平原農業地帶，顯示水資源管理與農業結構調整為未來調適重點。

然而，本研究仍存在若干限制：其一，未來氣候變遷推估資料未考慮短延時的極端暴雨事件評估，可能影響危害度推估之準確性；其二，農糧作物資料缺少各行政區不同農糧作物種植分布，難以評估不同種類農糧作物受乾旱之影響；其三，目前農業用水灌溉系統未涵蓋本市復興區範圍，雖復興區受限於地形限制，農糧作物範圍面積佔該行政區面積不大，農業收益卻是當地區民眾重要收益來源之一，故未來風險評估需再納入針對復興區之農業灌溉水源相關資料。

綜合而言，本研究成果除可提供桃園市政府於農業氣候調適策略規劃之科學依據外，亦可作為後續風險比較與政策協調的重要參考。

參考文獻

- UNDRR, 2005. *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) .
- UNDRR, 2015. *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030.*, United Nations office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) , Geneva, Switzerland.
- McKee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J., 1993. *The relationship of drought frequency and duration to time scales.* In: Proc. 8th Conf. on Applied Climatology, American Meteorological Society, Anaheim, CA, January 1993 , pp.179 – 184.
- Edwards, D. C. & McKee, T. B., 1997. *Characteristics of 20th Century Drought in the United States at Multiple Time Scales.* Climatology Report.
- 行政院國家發展委員會，2023。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。
- 張翊庭，2011。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，22(1) ， 23-25 。
- 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，2024 。
縣市氣候變遷概述-桃園市，新北，國家災害防救科技中心。
- 桃園市政府，2020。聯合國永續發展目標桃園市自願檢視報告，桃園市政府。
- 桃園市政府，2025。桃園市氣候變遷調適執行方案，桃園市政府。
- 環境部，2025。氣候變遷風險評估作業準則，環境部，來源自：
<https://oaout.moenv.gov.tw/law/LawContent.aspx?id=GL007941>。
- 桃園市政府，2020。桃園市 109 年農林漁牧業普查統計結果，桃園市政府主計處，來源自：https://dbas.tycg.gov.tw/News_Content.aspx?n=12133&s=1216336。
- 李昱祺、王嘉琪、翁叔平、陳正達、鄭兆尊，2019。臺灣氣象乾旱特性未來趨勢推估，大氣科學，47(1) ， 66 – 93 。DOI:10.3966/025400022019034701003 。