

桃園市水稻田埂高度調查及蓄水減洪能力分析

Investigation on Ridge Height of Paddy Fields and Analysis on Capacity of Water Storage and Flood Reduction in Taoyuan

財團法人農業工程研究中心

研究員	助理研究員	助理技師	副研究員	副研究員兼組長
陳豐文	譚允維	卓宇謙	林修德	張雅婷
Feng-Wen Chen	Yun-Wei Tan	Yu-Chien Cho	Hsiu-Te Lin	Ya-Ting Chang

財團法人農業工程研究中心

短期研究助理	短期研究助理	短期研究助理
張嘉恩	陳薇婷	羅睿承
Chia-En Chang	Wei-Ting Chen	Rui-Chen Luo

摘 要

本研究為評估利用農田協助蓄存雨量蓄水抗旱功能及實際潛在的滯洪減災效益，本研究以桃園市為研究區域，針對桃園市境內水稻田進行田埂缺口高度現地調查作業，調查範疇包含農地(坵塊)下游排水側之田埂實際總高度(H)、田埂有效蓄水高度(h)、田埂缺口高度(d)；調查範圍為 12 個行政區，每 1 行政區規劃調查 500 處坵塊為基準，共計 6,000 處。調查結果顯示田埂實際總高度 H 平均分布範圍約 16.5~27.7 cm，整體平均值為 21.1 cm、有效蓄水高度 h 平均分布範圍約 0.9~6.5 cm，整體平均值為 2.7 cm、田埂缺水高度 d 平均分布範圍約 11.9~25.4 cm，整體平均值為 18.4 cm，利用上述成果評估水稻田蓄存雨量成果為桃園市整體平均為 617.7 mm/年，約 1.62 億噸/年，相當於 0.8 座石門水庫；顯見分攤減洪能力顯著，建議後續應應用於易淹水地區，透過提高田埂高度及訂定相關操作措施以發揮分攤減洪功能，降低淹水情事發生機會。

關鍵詞：田埂高度、蓄水減洪、稻田、逕流分攤

Abstract

In order to estimate the function of rainfall water storage in the crop field and potential benefits, the rainfall storage and benefits are investigated and evaluated by measuring the outlet of ridge height in paddy field for each district in Taoyuan city. The measurement includes the height of field ridge in the downstream of a crop field (H), effective water storage

height (h), outlet of ridge (d). 12 districts and 500 target fields are chosen randomly for each district in principle, 6,000 fields are calculated to investigate in total. The results of the present stage show that the field ridge heights are 16.5~27.7 cm (the total average is 21.1 cm), effective water storage height is 0.9~6.5 cm (the total average is 2.7 cm), the outlet height of ridges are 11.9~25.4 cm (the total average is 18.4 cm). The above results can be used as significant information to estimate the drought resistance to rainfall water storage for the paddy field. The overall average effective rainfall in Taoyuan city was 617.7 (mm/year), or about 162 million tons per year. (equivalent to 0.8 times of storage capacity of Shimen Reservoir). The research results show that the contribution of allocate runoff and reduce flood is significant by using paddy fields, and the authors suggest it could be suitable applied in flooded area. Finally, Raising the height of the paddy fields and formulating the relevant operational measures could be exert the function of flood sharing and reduce the chance of flooding.

Keywords: Ridge Height of Paddy Fields, Water Storage and Flood Reduction, Paddy Fields, Runoff Allocation.

一、前言

台灣是聯合國水資源評估報告評定國際第 18 位的缺水國家，同時面對豐水期颱風季節亦須經常性防範淹水，顯見面對天然雨量事件，蓄水亢旱及颱風防澇為水資源重要雙重課題；由於水稻栽培為台灣過去迄今的主要農業生產主角，水稻栽培所在的坵塊場域，過去已多次被提出討論其蓄水抗旱及蓄洪功能，顯見以稻作為主的坵塊仍被視為水資源調節功能設施可能利用的一環。有鑑於此，本研究針對各項產業均發達的桃園市為研究區域，進行水稻田區坵塊田埂高度進行調查，藉以了解桃園市甚至台灣地區普遍的稻田田埂現階段真實的蓄水能力為何？若透過田耕缺口的機動調整，最大的蓄水能力之潛能為何？因此本研究於 2021 年進行桃園市稻作區農地坵塊資訊的抽樣普查，藉以分析水稻田具體的蓄水功能及潛能貢獻，透過本研究的調查分析成果期能作為後續面對更嚴峻的水情挑戰時，水稻田區亦能作為抗旱及防澇之重要設施之一。

二、材料與方法

(一).研究區域及背景概述

桃園市共計由 13 個行政區組成，其中復興區屬於集水區上游，地形以坡地山區為主，區內並無稻田，因此本研究以桃園市 12 個具有稻田的行政區為研究區域；本文茲就與研究區域內之農地及作物類別資訊蒐集歸納如下。桃園市作物種植面積依據桃園市政府主計處統計資料，2020 年底桃園市耕作地面積總計 31,641 ha，佔總面積約 25.9 % (如表 1)。耕作地係指可以耕種之土地，又分為短期耕作地、長期耕作地及長期休閒地；其中短期耕作地係指能蓄水，經常可以栽培水稻之耕地、水稻以外之短期作耕地(蔬菜

等)及短期休閒地；長期耕作地係指土壤不容易貯水或水量不足只能栽培陸稻、雜糧及果樹類等之耕地；長期休閒地則係指耕地長期荒蕪，未種植作物之土地。桃園市各行政區中以新屋區耕地面積最大為 5,370 ha、其次為觀音區 4,538 ha，桃園區耕地面積最小僅 581 ha。水稻第 1、2 期作之收穫面積彙整如表 2。

本研究進一步彙整近 6 年(2015~2020 年)桃園市耕地面積統計如表 3 及圖 1，桃園市近 6 年總耕地面積平均為 32,740 ha，稻米收穫面積以新屋區 4,219 ha 最大，復興區因無稻作故收穫面積為 0 ha，龜山區耕地面積 1,225 ha、稻米收穫面積僅 71 ha，為除了復興區之外稻作面積最小者，稻米面積比例僅 5.8%，顯示該行政區可能受限於地形關係而不利於稻作栽培。統計數據中，種植面積係指田間種植稻株且實施管理之面積(不含田埂)。收穫面積指種植面積中實際收穫之面積，若水稻係種植兩期作則收穫面積為耕地面積的 2 倍，短期葉菜類當年度如收穫 6 次則收穫面積為耕地面積的 6 倍。由表 3 顯示近 6 年桃園市平均稻米產量以新屋區 17,072 公噸為最高，其次為楊梅區 9,162 公噸、觀音區 7,081 公噸，稻米產量較少之行政區為龜山區 282 公噸、桃園區 814 公噸。

為釐清桃園市境內主要作物類別等相關資訊，根據行政院農委會農業統計年報資料，針對近 6 年(2015~220 年)桃園市境內主要作物種植面積與產量進行資料蒐集與統計，統計成果如表 4，桃園市主要作物以水稻為主，近 6 年平均總種植面積為 14,725 ha，約占桃園市境內作物種植面積 60.5%，其次種植面積第 2 高者為蔬菜類，種植面積 6,752 ha、約占 27.7%，其餘雜糧、特用作物、水果類及花卉種植面積合計約 11.8%。產值方面，近 6 年桃園市境內作物年平均總產值為 56.7 億元，其中以蔬菜類作物產值最高為 21.2 億元，相當於作物總產值之 37.4%，其次為水稻，總產值 17.4 億元，約占 30.6%，第 3 為花卉類，總產值為 11.8 億元，約占 20.8%，其餘產值則較少約占桃園市境內作物總產值 11.1%。雖然稻作面積最大，然而單位產值不高，而花卉類作物面積較小，然而高單價之特性，使得 2.0%之種植面積，總產值佔了 20.8%，比例資訊如圖 2 及圖 3。

表 1 桃園市各行政區耕地面積統計(2020 年)

行政區	總計 (ha)	耕作地(ha)						長期 休閒地 (ha)	農耕土地 占總面積 (%)
		合計	短期耕作地			長期 耕作地			
			小計	水稻	短期旱作		短期休閒		
復興	1,856	1,655	1,058	0	21	1,036	597	202	5.3
大溪	2,091	2,046	1,303	581	68	654	743	45	19.9
龍潭	2,437	2,433	1,821	330	88	1,404	611	4	32.4
八德	1,135	1,135	1,099	486	190	423	36	-	33.7
桃園	581	487	457	147	67	243	30	94	16.7
大園	3,013	2,952	2,798	1,201	119	1,478	154	61	34.5
中壢	2,411	2,395	2,176	1,378	104	694	219	16	31.5
龜山	1,225	1,043	915	45	22	848	128	182	17.0
蘆竹	1,572	1,508	1,333	826	132	375	175	64	20.8
平鎮	1,149	1,043	988	612	94	282	55	106	24.1
新屋	5,370	5,369	5,246	2,096	1,827	1,323	123	1	63.2
楊梅	4,263	4,255	3,941	1,327	82	2,532	314	9	47.8
觀音	4,538	4,342	4,059	1,487	203	2,370	282	196	51.6
總計	31,641	30,662	27,193	10,515	3,016	13,662	3,469	979	25.9

資料來源：桃園市政府主計處統計資料庫查詢系統。

表2 桃園市各行政區梗稻面積統計(2020年)

區別	第 1 期作				第 2 期作			
	初步種植面積(ha)	實際種植面積(ha)	收穫面積(ha)	無收穫面積(ha)	初步種植面積(ha)	實際種植面積(ha)	收穫面積(ha)	無收穫面積(ha)
大溪	576	576	576	0	284	282	282	0
龍潭	324	324	324	0	197	191	191	0
八德	486	486	486	0	323	337	337	0
桃園	147	147	147	0	56	74	74	0
大園	1,201	1,201	1,201	0	134	104	104	0
中壢	1,363	1,363	1,363	0	107	136	136	0
龜山	45	45	45	0	24	23	23	0
蘆竹	826	826	826	0	81	73	73	0
平鎮	592	592	592	0	280	300	300	0
新屋	2,095	2,095	2,095	0	2,522	2,315	1,200	1,115
楊梅	1,327	1,327	1,327	0	705	732	605	127
觀音	1,400	1,400	1,400	0	120	149	149	0
合計	10,381	10,381	10,381	0	4,835	4,717	3,475	1,242

資料來源：行政院農業委員會農糧署農情報告資源網。

表3 桃園市各行政區近6年耕地面積、稻米收穫面積與產量統計

行政區	總耕地面積(ha)	稻米收穫面積(ha)	稻米面積比例(%)	稻米產量(公噸)
復興	1,857	0	0	0
大溪	2,191	820	37.4	3,333
龍潭	2,821	522	18.5	2,198
八德	1,149	829	72.2	3,366
桃園	592	217	36.6	814
大園	3,229	1,060	32.8	4,599
中壢	2,505	1,336	53.4	6,266
龜山	1,225	71	5.8	281
蘆竹	1,597	841	52.7	3,883
平鎮	1,240	916	73.9	3,919
新屋	5,380	4,219	78.4	17,072
楊梅	4,273	2,163	50.6	9,162
觀音	4,683	1,730	36.9	7,081
合計	32,740	14,725	—	61,973

資料來源：桃園市政府主計處；本研究利用 2015~2020 年資料進行平均值計算。註：總耕地面積係指水稻、水稻以外短期作、短期休閒、長期耕作地及長期休閒地。

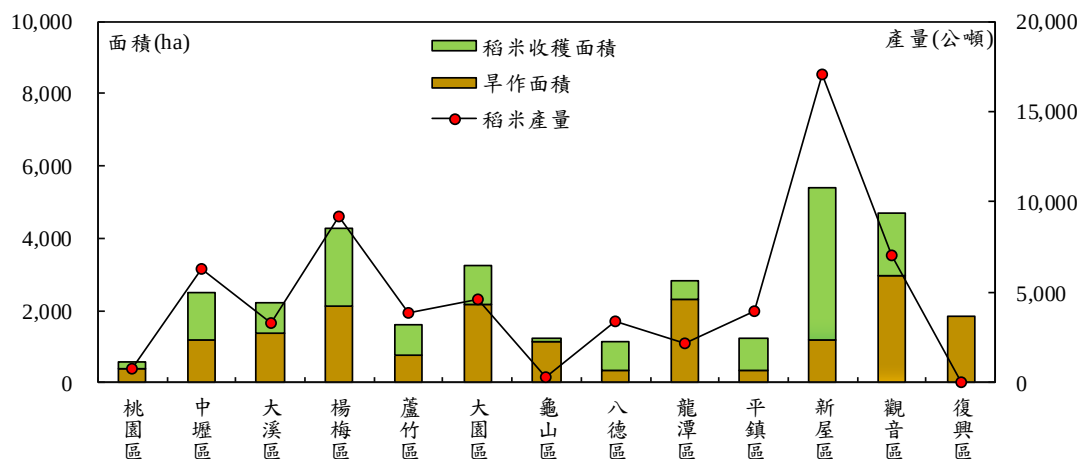


圖 1 桃園市各行政區近 6 年稻米收穫面積與早作面積統計

表4 桃園市近6年主要作物種植面積、產量與產值

作物類別	種植面積		產量	桃園市作物產值	
	ha	%	公噸	萬元	%
水稻	14,725	60.5	77,058	173,615	30.6
大豆	282	1.2	420	1,291	0.2
雜糧	830	3.4	393	758	0.1
甘藷	119	0.5	2,624	4,028	0.7
食用甘蔗	1	0.0	11	11	0.0
特用作物	549	2.3	452	24,068	4.3
短期蔬菜	5,528	22.7	100,040	154,651	27.3
蔬菜類	262	1.1	4,611	15,541	2.7
瓜果莓類	962	4.0	7,991	41,866	7.4
長期蔬菜	604	2.5	6,098	32,810	5.8
水果類	497	2.0	—	118,052	20.8
花卉					

資料來源：行政院農業委員會農業統計年報；本研究利用 2015~2020 年資料計算；—表示無資料。

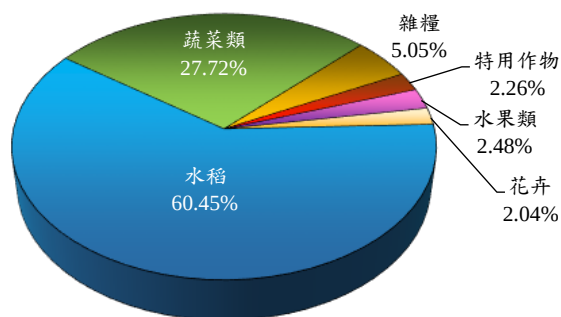


圖 2 桃園市境內作物種植面積比較

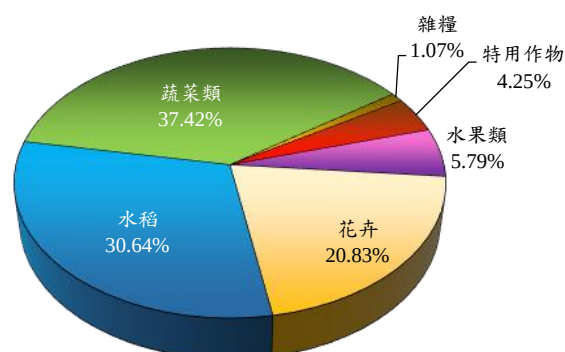


圖 3 桃園市境內作物產值比較

(二).水稻田田埂調查方法及規劃

為評估利用農田協助蓄存雨量抗旱滯洪之功能及實際潛在的效益，本研究進行桃園市境內各行政區水稻田有效雨量蓄存效益調查及評估，擬針對桃園市水稻田田埂及其田埂缺口高度進行現地調查測量作業，現地測量作業內容包含田區(坵塊)下游排水側之田埂實際總高度(H)、田埂有效蓄水高度(h)、田埂缺口高度(d)，參數說明如圖 4，田埂有效蓄水高度(h)之測量可評估水稻田現階段的蓄水能力，其意義為無特別輔以提高田埂有效蓄水高度的做法下可蓄存之有效雨量，田埂實際總高度測量之目的則可評估水稻田未來若輔以簡易設施(例如田埂高度可調整式堰版)提高蓄水高度之潛在雨量最大蓄存量。

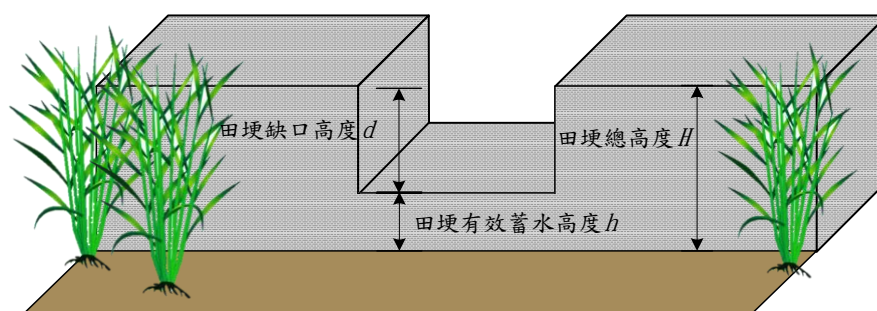


圖 4 田埂高度相關參數測量示意圖

本研究調查範圍涵蓋桃園市 12 個行政區(復興區無種植水稻，不調查)，以抽樣調查方式進行現地坵塊下游端田埂及田埂缺口高度之調查作業，每 1 行政區規劃調查 500 處

坵塊，共計 6,000 處。期望利用田埂高度之調查，來評估整個桃園市境內水田可蓄存雨量之能量。上述每 1 個行政區原則上各以抽樣 500 處坵塊作為田埂測量之調查場址，因此現地測量作業前須先確認調查點位；為順利由各行政區範圍抽樣選定 500 處場址、且總數符合 6,000 處之要求，本研究乃利用農委會農業試驗所(農試所)於 2018 年出版之衛星判釋作物圖資，針對桃園市水稻田進行坵塊抽樣劃設，彙整歸納桃園市各行政區面積、耕地面積、坵塊數量及預定調查坵塊數量如表 5，資料顯示桃園市水稻田坵塊總計約 4 萬 8,273 處，耕地面積最高者為新屋區，耕地面積占總行政區面積約 64.6 %、坵塊計有 1 萬 7,223 處，其次為觀音區及楊梅區，耕地面積比例分別為 47.2、47.9 %，坵塊數量分別為 7,515、5,779 處；水稻田坵塊數量最少者為龜山區，僅 184 處，由於不足 500 處，因此規劃調查 180 處坵塊，缺額 320 處則適度分配至其他耕地面積較大、坵塊數量較多之行政區(新屋區、觀音區、中壢、楊梅及大園等行政區)，如表 5 所示。

表 5 桃園市各行政區耕地面積與調查坵塊數量規劃一覽

行政區	行政區面積(ha)	耕地面積(ha)	耕地面積比例(%)	稻作坵塊數量(處)	規劃調查數量(處)
復興	33,041	1,857	5.6	0	0
大溪	9,874	2,211	22.4	2,389	500
龍潭	7,492	2,897	38.7	1,020	500
八德	3,322	1,151	34.7	1,391	500
桃園	3,389	594	17.5	778	500
大園	8,514	3,272	38.4	3,736	550
中壢	7,539	2,523	33.5	3,918	550
龜山	7,133	1,225	17.2	184	180
蘆竹	7,283	1,602	22	2,887	500
平鎮	4,531	1,258	27.8	1,453	500
新屋	8,336	5,383	64.6	17,223	600
楊梅	8,922	4,275	47.9	5,779	550
觀音	9,981	4,712	47.2	7,515	570
合計	119,357	32,960	—	48,273	6,000

資料來源：桃園市政府官網(2021)、桃園市政府主計處官網(2021)。

完成桃園市各行政區坵塊調查數量規劃後，進一步利用亂數挑選擬調查坵塊，使調查坵塊均勻散布於整個行政區，避免點位過於集中產生分析結果偏頗。桃園市 6,000 處田埂調查點位分布規劃詳如圖 6，以新屋區為坵塊調查點位抽樣成果進階範例，如圖 6 所示，另針對桃園市 12 個行政區進行坵塊抽樣選點作業分布位置如圖 7~18。

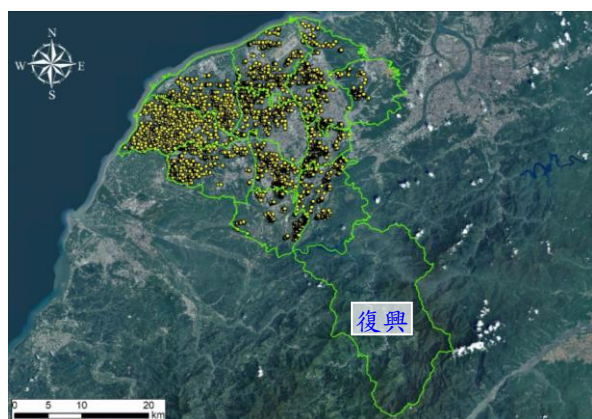


圖 5 坵塊調查點位抽樣空間分布總範圍



圖 6 坵塊調查點位抽樣進階範例(新屋區)

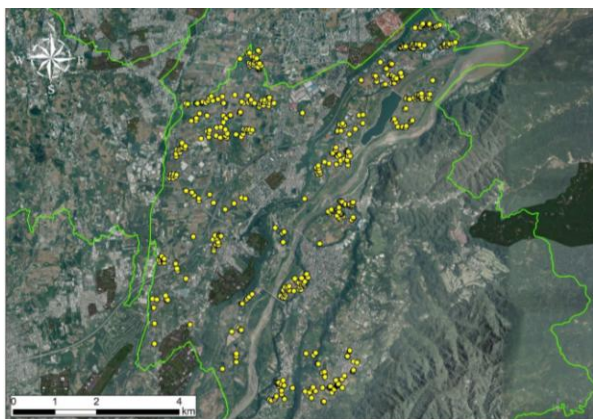


圖 7 坵塊調查點位分布(大溪區)

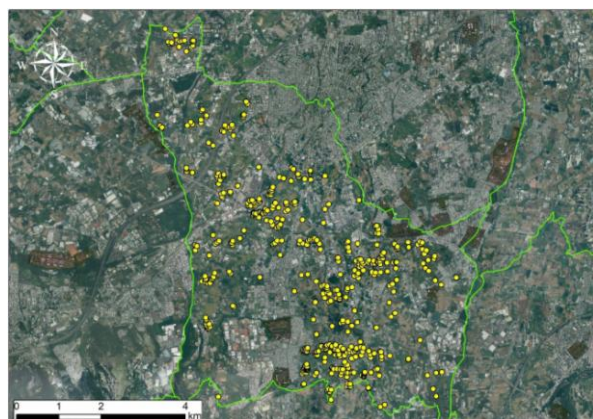


圖 8 坵塊調查點位分布(平鎮區)

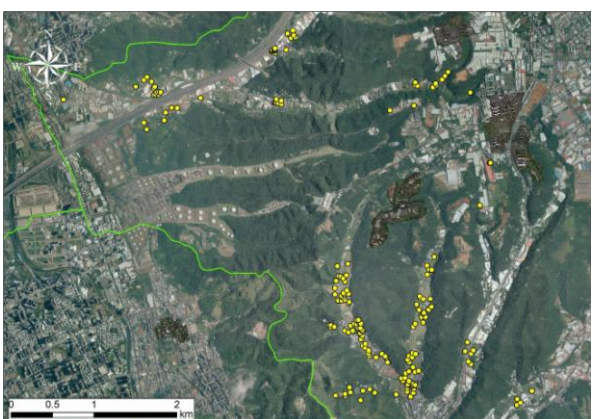


圖 9 坵塊調查點位分布(龜山區)

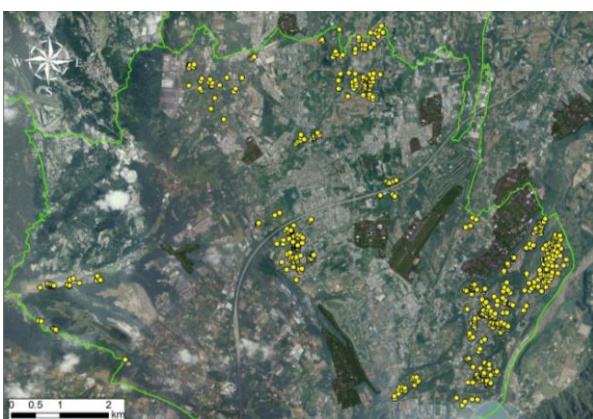


圖 10 坵塊調查點位分布(龍潭區)

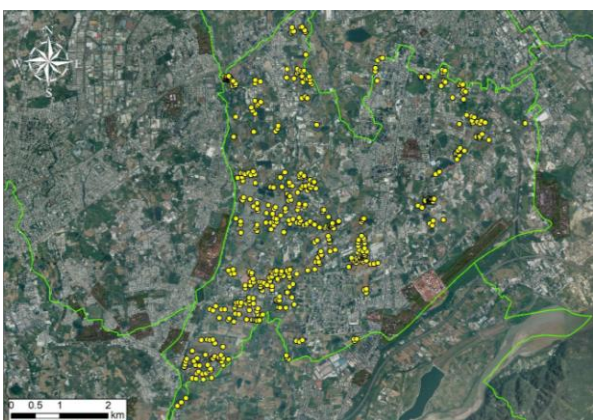


圖 11 坵塊調查點位分布(八德區)

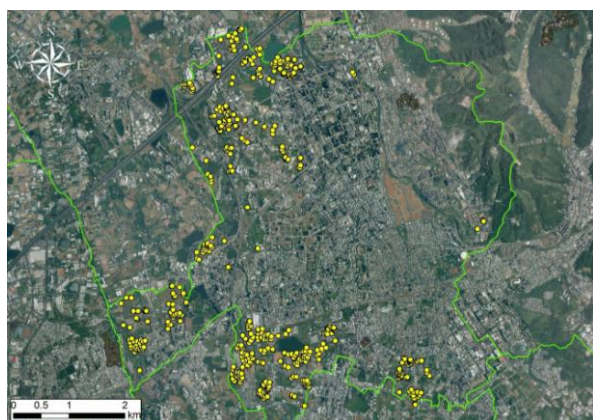


圖 12 坵塊調查點位分布(桃園區)

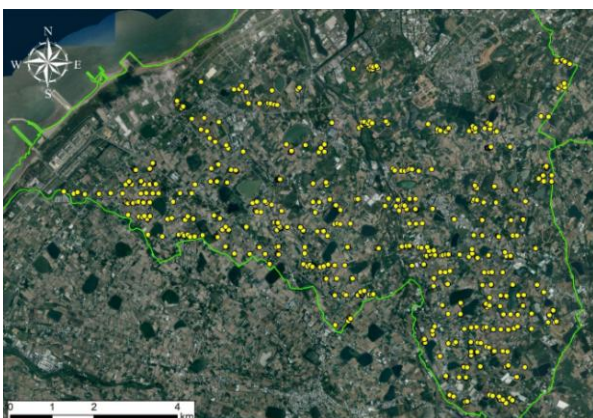


圖 13 坵塊調查點位分布(觀音區)



圖 14 坵塊調查點位分布(大園區)

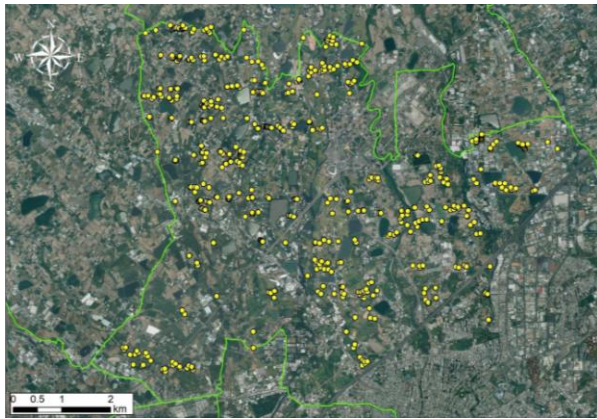


圖 15 坵塊調查點位分布(中壢區)



圖 16 坵塊調查點位分布(新屋區)



圖 17 坵塊調查點位分布(蘆竹區)

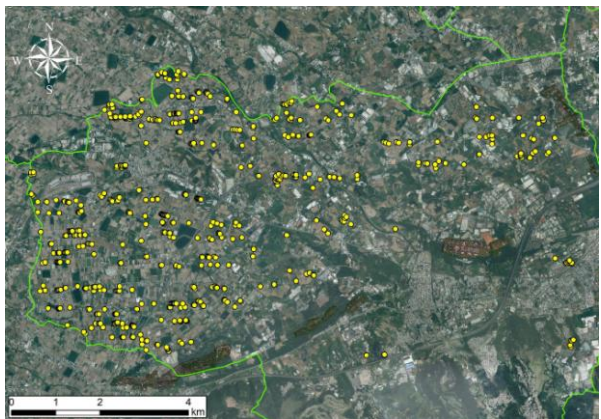


圖 18 坵塊調查點位分布(楊梅區)

三、結果與討論

(一).水稻田田埂調查成果

本研究進行水稻田田埂現況調查時，現地量測資訊包含田埂實際總高度(H)、田埂有效蓄水高度(h)、田埂缺口高度(d)等 3 種，全數田埂調查成果彙整如表 6，其中田埂實際總高度(H)平均分布範圍約 16.5~27.7 cm，以大園區最高、八德區最低，整體平均值為 21.1 cm，此為不改變田埂高度狀態下，利用田區蓄存雨量的最大值，亦即未來若有機會進一步於田埂缺口處施設具備控制高度的排水設施時，可透過農民操作，配合作物生長所需蓄水或排水之需求，任意調整坵塊蓄水高度之最大值；有效蓄水高度 h 分布範圍約 0.9~6.5 cm，以蘆竹區最高、新屋區最低，整體平均值為 2.7 cm，此值為現階段發生降雨事件時，田區能有效蓄存雨量的能力；而田埂缺口高度 d 平均分布範圍約 11.9~25.4 cm，以觀音及相鄰的大園區最高、桃園區最低，整體平均值為 18.4 cm，其值代表田埂缺口透過修補或是施設簡易操作設施後能提高的蓄水高度值。各行政區之田埂實際總高度(H)、田埂有效蓄水高度(h)、田埂缺口高度(d)之分布比較如圖 19~21 所示。

表 6 桃園市各行政區水稻田田埂資訊調查成果統計一覽

調查項目		田埂實際總高度 H		田埂有效蓄水高度 h		田埂缺口高度 d		樣本數 (處)
		(cm)		(cm)		(cm)		
統計參數		平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差	
行政區	大溪	20.4	12.5	2.2	3.7	18.2	11.8	500
	平鎮	17.5	8.2	1.8	2.7	15.7	8.3	500
	龜山	20.4	13.0	2.5	6.9	17.9	10.0	180
	龍潭	18.1	9.6	3.0	4.5	15.1	8.7	500
	八德	16.5	8.2	3.0	3.5	13.5	7.8	500
	桃園	16.8	10.1	4.9	5.5	11.9	8.3	500
	觀音	26.5	17.1	1.1	4.6	25.4	15.5	570
	大園	27.7	14.7	2.4	4.4	25.3	15.2	550
	中壢	23.8	14.7	2.9	3.9	20.9	14.5	550
	新屋	22.4	14.2	0.9	2.9	21.6	13.2	600
	蘆竹	21.7	12.6	6.5	6.6	15.2	13.9	500
	楊梅	21.5	17.4	1.4	9.1	20.1	14.4	550

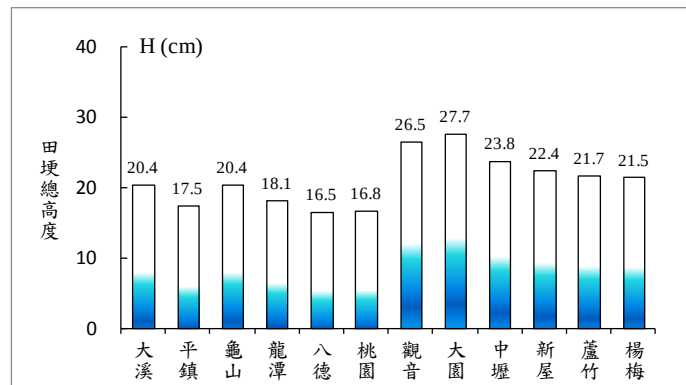


圖 19 桃園市各行政區田埂實際總高度(H)之比較圖

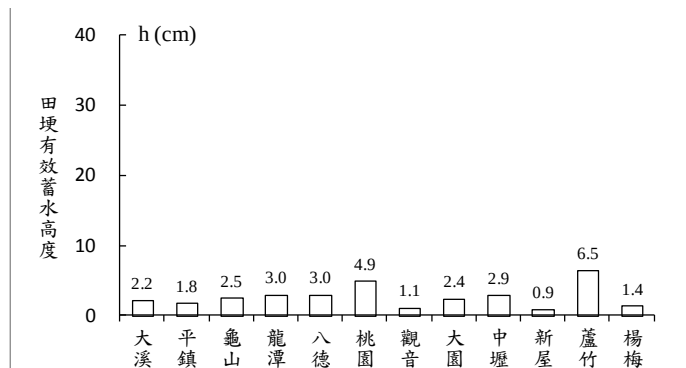


圖 20 桃園市各行政區田埂有效蓄水高度(h)之比較圖

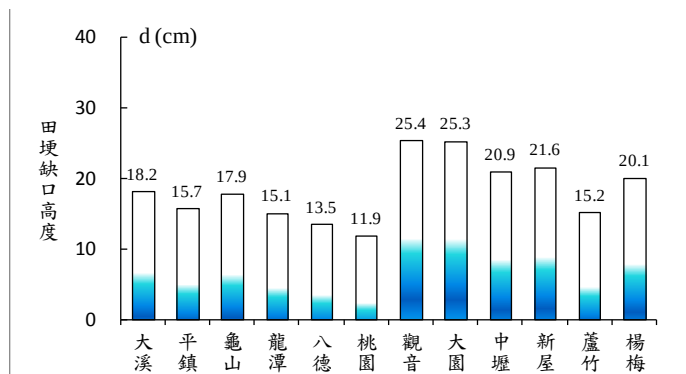


圖 21 桃園市各行政區田埂缺口高度(d)之比較圖

(二).水稻田潛在蓄水滯洪能力分析

表 6 為本研究於桃園市 12 個行政區農地水稻田田埂的測定統計成果，其中田埂有效蓄水高度(h)為現階段水稻田既有之有效蓄水能力、田埂實際總高度(H)則為透過進一步於田埂缺口處施設具備控制高度的排水設施或透過農民操作下之潛在最大蓄水量；若用於攤分逕流的目標，田埂有效蓄水高度(h)之蓄水量即為有效滯洪量、田埂實際總高度(H)之蓄水空間則為最大滯洪量。由於桃園市耕地並非全數種植稻作(參閱表 3)，本研究進一步配合表 3 所列桃園市稻米收穫面積、總耕地面積等兩項資料視為 1.現階段稻作燕姬條件下、2.全部耕地均種植稻作條件下進行滯洪蓄水量評估，分析成果如表 7 所示。

表 7 顯示桃園市現階段種植稻作 14,725 ha 條件下，各行政區現有田埂有效蓄水高度(h)條件下，有效滯洪蓄水量為 29.4 萬噸，若進一步透過設備圍堵缺口及人工操作條件下時，最大滯洪蓄水量大幅提升至 327.2 萬噸，約較現有田埂缺口條件下增加 11 倍的滯洪量，若就空間分布而言，滯洪功能優劣最佳為蘆竹區，依序為中壢、新屋區，而龜山區屬於蓄洪功能最差之行政區。若進一步假設因應滯洪需求，旱作田區辦理廢耕或轉作為稻田區，同一行政區之田區均假設為甜更高度具一致性的前提下，桃園市現階段有效滯洪蓄水量為 66.3 萬噸；若配合調整田埂缺口提高至最高田埂高度時，則最大滯洪蓄水量則可高達 619.5 萬噸，顯見稻作田區因有田埂環繞圈圍的布置條件，造就農業生產外之滯洪防災的潛在功能，透過局部的田埂高度調整及作物轉作，應有助潛在易淹水地區之滯洪功能。

表7 水稻田潛在蓄水滯洪能力分析

行政區	總耕地面積 (ha)	稻米收穫面積 (ha)	現有稻田耕地面積條件		全部耕地轉為稻作條件	
			現有蓄水量(噸)	最大蓄水量(噸)	現有蓄水量(噸)	最大蓄水量(噸)
復興	1,857	0	0	0	0	0
大溪	2,191	820	18,040	167,280	48,202	446,964
龍潭	2,821	522	15,660	94,482	84,630	510,601
八德	1,149	829	24,870	136,785	34,470	189,585
桃園	592	217	10,633	36,456	29,008	99,456
大園	3,229	1,060	25,440	293,620	77,496	894,433
中壢	2,505	1,336	38,744	317,968	72,645	596,190
龜山	1,225	71	1,775	14,484	30,625	249,900
蘆竹	1,597	841	54,665	182,497	103,805	346,549
平鎮	1,240	916	16,488	160,300	22,320	217,000
新屋	5,380	4,219	37,971	945,056	48,420	1,205,120
楊梅	4,273	2,163	30,282	465,045	59,822	918,695
觀音	4,683	1,730	19,030	458,450	51,513	1,240,995
合計	32,740	14,725	293,598	3,272,423	662,956	6,915,488

(三).水稻田田埂高度與有效雨量之關係

水田及早田之雨量利用效能與田間蓄水設施及作物特性有關，其中以耐淹的水田具有雨量蓄水潛能，其中蓄水能力多寡除了降雨事件的降雨特性外，田區本身的田埂(田埂缺口)即為水稻田蓄水的關鍵。一般來說，水稻栽培期間田面大部分時間處於湛水狀態，水田得以長期保持湛水狀態及兼具蓄水功能皆仰賴坵塊田埂，然因考量灌排管理而

常將田區上游及下游的田埂明挖具灌溉或排水用途之缺口，此時田面至田埂缺口間的高度即為最大蓄水高度，或稱田埂有效高度，其所圍成之農田空間亦為有效雨量之上限值。臺灣地區水田之田埂高度約為 7~30 cm(農業工程研究中心，2006)，農工中心於 2006 年於桃園大圳灌區利用現地田野調查方式抽樣 150 處田區坵塊之田埂高度，成果顯示大部分田區之田埂高度約 3~25 cm(不同田區之缺口高度差異甚大)。由於過多的降雨或灌溉水量會自田埂缺口溢流出，因此田埂缺口高度可視為蓄存有效雨量之有效高度；若配合水稻不同生長時期的灌溉排水管理，則田埂有效高度隨水稻生長不同時期而有所變化。

水稻田區之田埂高度與蓄水深度(蓄水量)為直接正比關係，然而受限於降雨事件的隨機性、降雨延時、降雨強度、總降雨量等條件；水田栽培期發生降雨事件之有效雨量並非與田埂高度成等比例關係，陳豐文(2013)以臺中地區為案例，評估當地降雨事件與田埂高度之關係受限於水文及地文因素，顯示田埂高度增加至一定高度後，有效降雨的貢獻度會呈現趨緩現象。桃園市政府水務局(2020)以水門操作法配合田埂條件 30~300 mm 等 10 種田埂蓄水高度間距進行水田有效雨量評估，研究成果顯示田埂高度由 3 mm 提高為 60 mm 時，水田蓄水能力提高效益最大，隨著田埂逐漸提高，田埂高度改變而額外增加的蓄水量及比例隨著田埂高度增高有趨緩的現象，代表並非一味提高田埂高度即可獲得對應的蓄水量，該地的降雨時空分布條件影響蓄水效益；平均而言，田埂高度提高至 180 mm，水田有效雨量利用率已趨近 90%，若田埂再提高，相對蓄水效益甚微。

(四).現階段田埂高度之有效雨量蓄水能力分析

本研究依據表 6 之田埂高度調查成果可進一步分析各行政區現階段利用稻田蓄存有效雨量提高抗旱能力，水稻田有效雨量之估算採用陳獻(1989)提出之水水門操作法推估，依據表 6 所列各行政區現階段的田埂有效蓄水高度(h)作為有效雨量直接蓄存於田間之門檻值，配合圖 22 所列 25 處雨量測站之日雨量紀錄進行演算，經 IDW 空間內插方法，推估得各行政區現階段田埂有效蓄水高度(h)條件下之有效雨利蓄水能力，如表 8~9、圖 23 所示；分析成果顯示現階段的田埂有效蓄水高度條件下，利用水田坵塊於降雨事件發生時蓄存雨量於田間之有效雨量值為 251.3~1,036.3 (mm/年)，整體平均為 617.7 mm/年，以蘆竹區之蓄水能力為最高、新屋區為最低；就豐枯水期而言，豐水期之平均年計有效雨量 334.6 mm，高於枯水期之 283.1 mm；若以期別進行分析，降雨特性為梅雨季節的第 1 期作 266.6 mm，高於颱風季節的第 2 期作 177.7 mm，兩期作可利用坵塊蓄存雨量之能力為 444.2 mm。

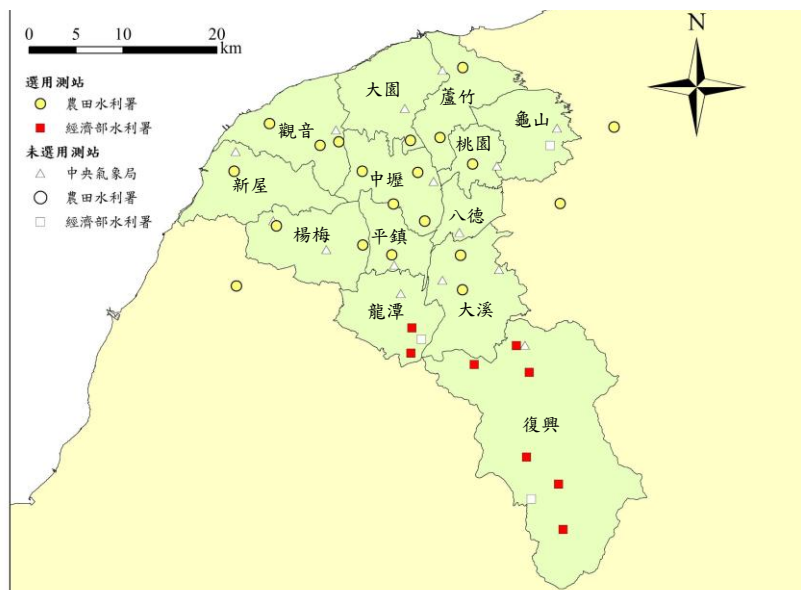


圖 22 本研究 25 處雨量站空間分布

表 8 桃園市現階段田埂有效高度條件下之水田有效雨量分析成果

行政區	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
大溪	54.7	46.9	87.4	79.9	87.3	87.5	90.7	89.5	75.8	45.8	33.8	43.0
龍潭	56.7	47.8	83.2	81.7	86.3	80.3	82.3	83.2	73.1	46.2	38.1	46.2
八德	46.0	33.7	67.4	65.0	62.2	60.5	52.0	57.3	57.4	33.6	29.3	31.8
桃園	58.7	63.2	106.0	92.6	109.9	90.9	90.5	92.2	93.2	53.7	33.1	46.5
大園	40.6	38.4	66.3	56.9	65.6	49.2	33.4	42.2	50.7	28.8	27.9	35.4
中壢	57.0	43.4	78.0	78.8	71.9	66.8	48.4	55.6	68.9	38.0	33.3	35.2
龜山	44.6	39.9	70.0	60.9	71.0	55.3	58.6	59.0	56.4	36.9	27.0	35.5
蘆竹	66.2	68.5	132.5	109.2	123.7	106.9	83.7	85.8	100.8	58.2	43.1	57.8
平鎮	43.2	33.6	53.5	49.6	50.8	49.1	36.6	41.4	46.8	24.4	24.4	24.0
新屋	20.7	13.9	29.8	26.6	27.7	24.9	18.1	21.6	23.3	15.4	13.5	15.7
楊梅	31.7	24.9	45.5	42.2	41.5	35.7	29.4	30.8	33.3	20.3	16.8	19.0
觀音	25.4	20.8	36.3	32.5	34.6	27.6	19.0	24.1	25.4	16.4	16.3	17.2
平均	45.5	39.6	71.3	64.7	69.4	61.2	53.6	56.9	58.7	34.8	28.1	33.9

註：本表單位為 mm。

表 9 桃園市現階段田埂有效高度條件下之水田有效雨量分析成果歸納

行政區	全年	期作別			豐枯水期	
		第 1 期作	第 2 期作	小計	豐水期	枯水期
大溪	822.2	342.1	252.5	594.6	476.5	345.7
龍潭	805.1	331.5	242.7	574.1	451.5	353.7
八德	596.3	255.1	175.4	430.5	323.0	273.3
桃園	930.7	399.5	280.3	679.8	530.5	400.2
大園	535.4	238.0	142.1	380.1	269.8	265.6
中壢	675.2	295.5	189.7	485.2	349.5	325.8
龜山	615.2	257.2	180.9	438.1	337.3	278.0
蘆竹	1,036.3	472.3	287.1	759.3	559.1	477.2
平鎮	477.4	203.0	132.9	335.9	249.1	228.3
新屋	251.3	109.0	70.9	179.9	131.0	120.3
楊梅	371.1	164.9	99.8	264.7	191.0	180.1
觀音	295.6	131.0	77.7	208.7	147.1	148.5
平均	617.7	266.6	177.7	444.2	334.6	283.1

註：本表單位為 mm。

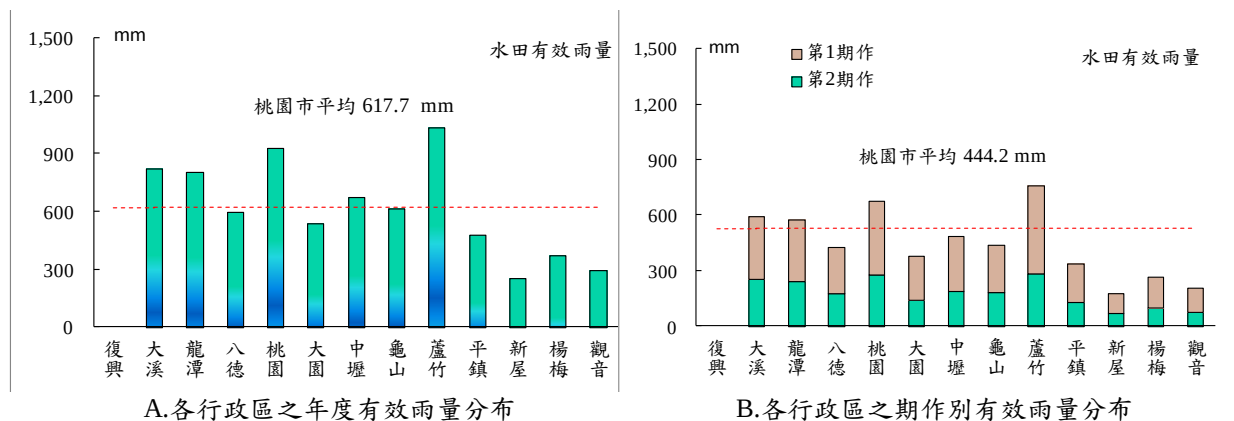


圖 23 桃園市行政區現階段之水田有效雨量時空分布圖

四、結論與建議

雨水為水資源直接利用之來源，降雨過多或過少均為水利人的挑戰；本文以桃園市為例，桃園市耕地高達 32,960ha，農田坵塊四周以田埂圍起，依據不同的田埂有效蓄水高度，農地均已具備不同的蓄水能力，因此為能善用稻作田區於降雨期間蓄存雨水作為灌溉替代用水及颱風期間引洪滯洪、分攤逕流之蓄水及防澇的雙重目的，必須預先評估現階段稻作田埂高度條件下之蓄雨抗旱能力及進一步調整田埂有效蓄水高度之潛在提升有效雨量需存及抗旱的效益評估。本研究利用 1 年的時間，針對桃園市 12 個行政區的水稻田調查 6,000 處的田埂高度。調查結果顯示田埂實際總高度 H 分布範圍為 16.5~27.7 cm(平均 21.1 cm)、有效蓄水高度 h 分布範圍為 0.9~6.5 cm(平均 2.7 cm)，透過水稻田特有田埂圍繞田區的優勢，讓稻田具備蓄水功能，而蓄水貢獻量則與田埂高度有關，稻田具備稻作生長期間之蓄水抗旱及颱風季節之蓄水滯洪、減洪潛在功效及發展潛力。

參考文獻

1. 行政院農業委員會，2015~2019，農業統計年報。
2. 行政院農業委員會，2021，109 年第二期作優良水稻推廣品種種植面積推估表，稻米館 <https://kmweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=43067>。
3. 102.行政院農業委員會，農業統計資料查詢，
<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/inquiry/InquireAdvance.aspx>。
4. 132.桃園市政府水務局，2020，109 年桃園市智慧節水技術研發建置與有效雨量應用計畫。
5. 133.桃園市政府主計處，桃園市統計資料庫查詢系統，
6. <https://ebas1.ebas.gov.tw/pxweb2007P/Dialog/Statfile9Y.asp?strCC=03>。
7. 134.桃園市政府，2021，
<https://www.tycg.gov.tw/ch/home.jsp?id=10450&parentpath=0,10403,10449>

8. 陳豐文，2013，評估氣候變遷下有效雨量對農業用水管理之衝擊，臺大生工系博士論文。
9. 陳獻，1989，台灣桃園地域における水管理と有効雨量に関する研究，博士論文，北海道大学，日本。
10. 農委會農情報告資源網，2021，<https://agr.afa.gov.tw>。
11. 農業工程研究中心，2006，水田有效雨量優選模式之建立及應用，農工中心研究報告。