

# 運用網格化資料評估稻作種植趨勢之研究

## Analysis of the Trends of Rice Cultivation through Rasterisation Data

台灣水資源與農業研究院		農業部農田水利署	
所長	研究專員	正工程司	副工程司
林賢銘	張惠媛	李元喻	王歆涵
Hsien-Ming Lin	Hue-Yuan Chang	Yuan-Yu LI	Shin-Han Wang

### 摘 要

為因應極端氣候之衝擊，以及國人飲食、糧食供應鏈改變，近年來政府刻正推動綠色環境給付、稻作四選三，以及水資源競用區耕作制度調整方案 2.0 等相關措施，其目的在於精進糧食產業結構，輔導農民提升稻作品質、轉植雜作或其他高經濟價值且低耗水之作物。

爰此，為協助主管機關瞭解近年來農民實際種植水稻之分佈及頻率，本文運用近 5 年（107~111 年）農試所衛星辨識稻作種植圖資，研析水庫型灌區之一期作水稻種植區位分佈及面積，瞭解灌區期作種植動態變化，並與各水庫之供灌範圍進行圖層套疊分析，再運用網格化資料及加權平均分析各灌區內水稻平均種種植頻率，以掌握區域內之水稻種植趨勢，可做為主管機關推動相關補助措施，以及提升供灌決策精準度之參考依據。

關鍵詞：網格化，地理資訊系統，衛星影像辨識

### Abstract

In response to the impact of extreme climate and changes in the Chinese people's diet and food supply chain, the government has been promoting relevant measures in recent years such as green environmental benefits, three-out-of-four rice crops, and the Farming System Adjustment Plan 2.0 in Water Resources Competition Areas. The purpose is to Improve the structure of the grain industry and provide guidance to farmers to improve rice quality and switch to hybrid crops or other crops with high economic value and low water consumption.

Therefore, in order to help the competent authorities understand the actual distribution and frequency of rice planting by farmers in recent years, this article uses the satellite identification rice planting map data of the Irrigation Agency in the last five years (107-111 years) to analyze the rice planting locations in reservoir-type irrigation areas. Distribution and area, to understand the dynamic changes in irrigation area planting, and conduct layer overlay analysis with the irrigation supply range of the management office under the Farmland and Water Conservancy Department, and then use gridded data and weighted average to analyze

the average rice planting in the irrigation area of each water conservancy group The frequency can be used to grasp the rice planting trends in the region, which can be used as a reference for the competent authorities to promote relevant subsidy measures and improve the accuracy of irrigation supply decisions.

Keywords : Rasterization, GIS, Remote Sensing

## 一、前言

### 1.1 研究動機與目的

近年氣候變遷加劇，降雨型態漸變，各地旱澇災害頻繁，缺水風險相對增加。在歷經 109~110 年百年大旱、112 年南部地區大旱後，農業灌溉用水的精準調配成為近年灌溉管理之重要議題。

除此之外，國人之飲食、糧食供應鏈改變，以及近年來政府刻正推動綠色環境給付、稻作四選三，以及水資源競用區耕作制度調整方案 2.0 等相關措施，其目的在於精進糧食產業結構，輔導農民提升稻作品質、轉植雜作或其他高經濟價值且低耗水之作物。農糧署已規劃未來推動「1 集、2 轉、3 加 3」精進策略，期兼顧產業永續發展，確保稻米供需平衡，提振產地穀價，提升農民收益。其中針對「2 轉」規劃內容，為加強推動旱作雜糧措施，包含引導特定區位(易缺水之水庫灌區及高鐵沿線地層下陷區)內，將第 1 期作原種稻面積轉為種植旱作雜糧，以提升雜糧自主供應，同時兼具農業節水。

由於水稻與旱作所需之灌溉水量相差甚大，除影響農業灌溉用水之調配外，亦進一步決定區域水資源供給壓力。因此，在面臨與民生公共用水競用的灌區，本研究認為必須有一套計算方法，能分析、瞭解當地農民種植水稻之頻率及分布，有助於政府機關推動相關補助措施以及精準分配灌溉用水，完善整合既有行政資源。

### 1.2 文獻回顧

政府自民國 65 年即開始引進航測技術取代傳統地面普查方式(農政農情第 221 期)，利用航空照片人工判釋方式，每年兩個期作測計台灣地區稻作面積，並以地理資訊系統建立稻作分布圖，以精確掌握水稻種植面積。

劉振榮等人(2000)整合各類遙測資料，對水稻進行種植面積及產量之估算；姚銘輝等人(2009)以 The Decision Support System for Agrotechnology Transfer(DSSAT)作物模式評估氣候變遷對水稻生長及產量的衝擊；農糧署民國 95(2006)年科技計畫研究報告，評估各類型航遙測影像(福衛二號影像、SPOT 影像和航拍影像等)結合地理資訊技術於敏感性作物種植面積的調查；蘇正宇等人(2007)應用地理資訊系統分配合數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)與遙感探測(Remote Sensing, RS)之衛星影像，以較巨觀之方法幫助判定土地可利用限度分類，分析土地利用之適宜性。

黃思維(2010)利用 SPOT 影像的常態化植生指標(Normalized Difference Index, NDVI)在時間序列上的變化，來偵測水稻的插秧日期與辨識二期稻作之種植位置；姚銘輝等人(2015)利用 IPCC AR5 統計降尺度(SDSM)RCP 4.5 及 8.5 兩種氣候情境之未來氣候預測值，用以評估未來臺灣水稻生產潛勢；李本立等(2018)運用臺灣各縣市每年水稻總產量、收穫面積、單位面積產量等資料，透過回歸分析判定各地區的水稻生產相關趨勢為上升、不變、或下降，並以階層式分群分類歷年單位面積產量相似的地區。

另一方面，農政農情第 301 期「臺灣水稻田轉作政策之思維演變」指出，為舒緩臺灣稻米市場生產過剩的壓力，政府採行最直接且有效的方式，即是鼓勵農民減少稻米栽培面積，故在早期水稻田轉作政策，係以補助金方式引導水稻田改種綠肥、牧草等，並因其除減少稻作生產外，亦隱含使稻田儲備地力、休養生息之意義，爰常被民間稱為「休耕補助」政策。相關政策如：「稻米生產及稻田轉作計畫(1983~1996)」、「水旱田利用調整計畫(1997~2010 年)」、「稻田多元利用計畫(2011~2012 年)」、「調整耕作制度活化農地計畫(2013~2016 年)」。

自 2016 年開始，政府開始推動活化農地，更為全面性解決國內農業發展的困境，將前述過去相關農業補助政策調整成「對地綠色環境給付」，採堆疊加值式的概念，農作符合獎勵條件越多，可領的給付就越多，鼓勵農地農用，也有利調整稻米產業結構、推廣友善環境耕作，不但能提高農民收益、保護農地，也有助提升稻米品質。相關政策如：「對地綠色環境給付計畫(2016~2021 年)」、「綠色環境給付計畫(2022 年~)」。

本研究將立基於過去農試所衛星辨識稻作種植圖資(GIS shp 檔案)，研提一套計算水庫型灌區農地種植水稻頻率之計算方法，以利主管機關推動相關補助措施，做為提升供灌決策精準度之參考依據。

## 二、研究方法

本研究以石門水庫、上坪堰（竹東圳）、明德水庫、鯉魚潭水庫、德基水庫（石岡壩）及曾文-烏山頭水庫灌區為研究標的，取得前揭灌區之農地資料，將其歷年一期作種植水稻資料疊加分析，統計為各個坵塊歷年種植次數，並進一步以六個水庫型灌區中農田水利署各管理處管轄之 657 個水利小組為基礎，統計各個水利小組內農地之平均種植水稻次數。

### 2.1 蒐集灌溉區域資料

本研究首先蒐集前述六個水庫型灌區之農地圖資、作物種植等資料。其中農地圖資採用農田水利署各管理處之灌溉排水受益地，圖資屬性資料包含農地所在縣市、鄉鎮市區、地段名稱、地段代號、地號、地籍面積等基本資料，以及所轄管之管理處、工作站、水利小組、農地面積等資訊。統計 6 個水庫型灌區之農地面積與土地數量如表 1，農地面積與農地數量皆以石門水庫灌區最多，曾文-烏山頭水庫灌區其次，上坪堰（竹東圳）灌區最少。

而作物種植資料部分，本研究以農試所衛星辨識稻作種植圖資，包含一期作、二期作、裏作、全年作等各期作各項種植作物分布；作物種類除水稻外，亦有小麥、甘藷、落花生、玉米、馬鈴薯、豆類等五穀雜糧，以及甘藍、西瓜、蘿蔔、花椰菜、茭白筍、鳳梨等蔬菜水果；圖資屬性資料則包含地段地號、國土利用調查土地使用分類、土地面積等資料。

表 1 水庫型灌區農地統計結果

水庫灌區	縣市	鄉鎮市區	農地面積(公頃)	農地土地筆數
石門水庫	桃園市	八德區	25,481	165,146
		大園區		
		大溪區		
		中壢區		
		平鎮區		
		桃園區		
		新屋區		
		楊梅區		
		龜山區		
		蘆竹區		
	新竹縣	湖口鄉	3,726	24,874
		新豐鄉		
上坪堰(竹東圳)	新竹縣	竹東鎮	565	6,769
明德水庫	苗栗縣	後龍鎮	991	7,345
		頭屋鄉		
		造橋鄉		
鯉魚潭水庫	苗栗縣	三義鄉	2,619	20,355
		通霄鎮		
		苑裡鎮		
	臺中市	大甲區	2,084	14,008
德基水庫(石岡壩)	臺中市	大雅區	3,260	28,643
		北屯區		
		西屯區		
		南屯區		
		神岡區		
		豐原區		
曾文-烏山頭水庫	嘉義縣	六腳鄉	8,001	34,731
		太保市		
		水上鄉		
		布袋鎮		
		民雄鄉		
		朴子市		
		鹿草鄉		
		新港鄉		
		溪口鄉		
		義竹鄉		
	臺南市	下營區	11,160	58,374
		大內區		
		六甲區		
		白河區		
		官田區		

水庫灌區	縣市	鄉鎮市區	農地面積(公頃)	農地土地筆數
		東山區		
		後壁區		
		柳營區		
		麻豆區		
		新化區		
		新營區		
合計			57,887	360,245

## 2.2 農地與種植資料網格化

本研究以農試所衛星辨識稻作種植圖資為基礎，將同一坵塊、同一期作不同年度種植水稻資料疊加，以統計每個坵塊歷年種植次數。惟不同年度土地圖資因土地分割、合併，或農地重劃、重編地段、刪增地號等情形，或於編輯土地資料時檢查不慎使邊界錯位等問題（案例如圖 1），不宜直接將各年度種植圖資套疊分析；而若以同一地號分別統計種植頻率，亦可能因同一塊土地重編地號而使同一坵塊種植次數計算有誤。

爰此，本研究將向量式農地圖資轉化為易於疊圖分析之網格圖資（網格化成果如圖 2），其解析度採 10m x 10m，再以各網格中心點與 107~111 年一期作水稻種植套疊，計算近 5 年各網格種植水稻次數 T，示意如圖 3，假設此網格 5 年間種植 3 次，該 T=3。與種植圖資套疊後，與灌區內之農地坵塊（農地重劃後之坵塊面積為 10m×100m）比對大致吻合，確認同一農地坵塊內之網格歷年水稻種植次數皆相同（如圖 4 所示）。

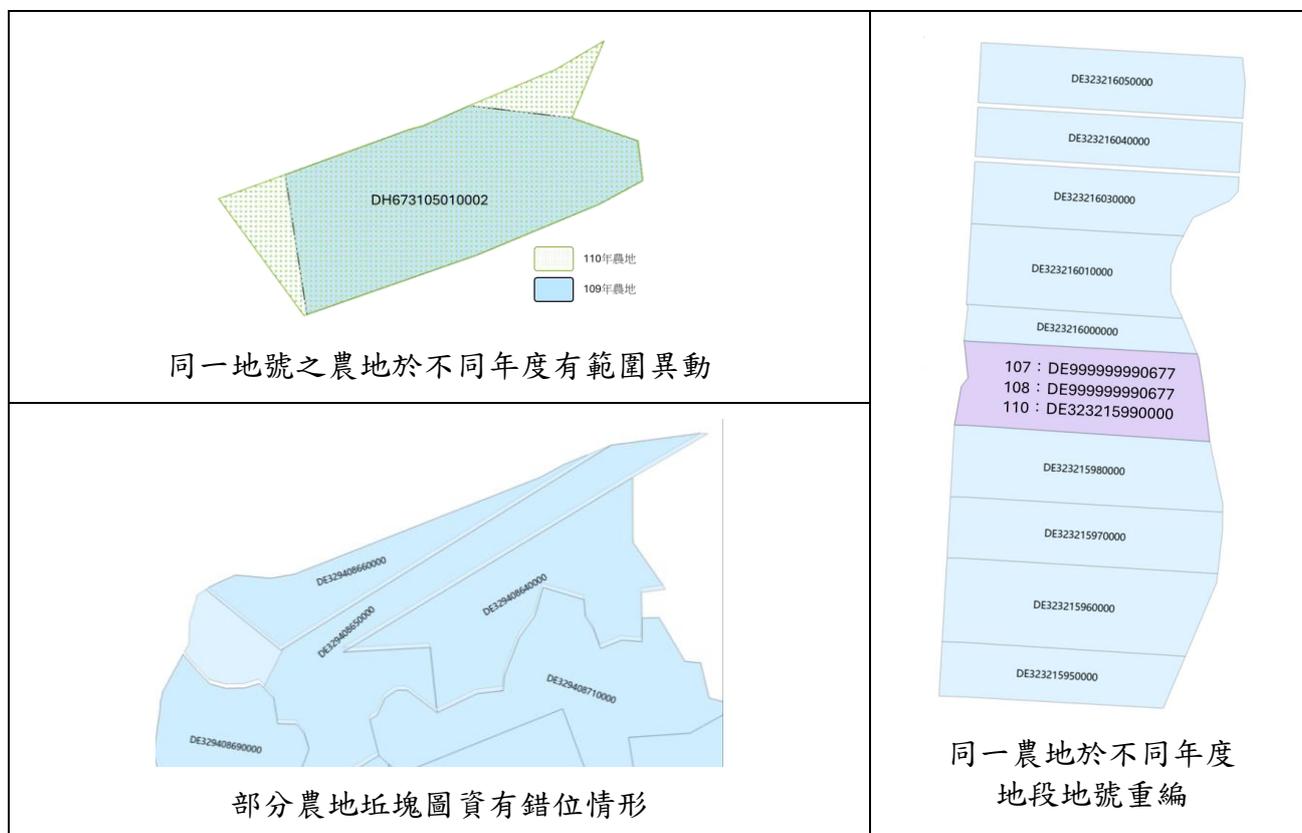


圖 1 作物種植圖資與地號問題（案例）



圖 2 農地圖資網格化成果

0	1	3	1	1
0	1	1	4	4
2	2	0	3	2
1	1	1	2	2
0	0	3	3	4

圖 3 近五年一期作水稻種植次數套疊成果 (示意)

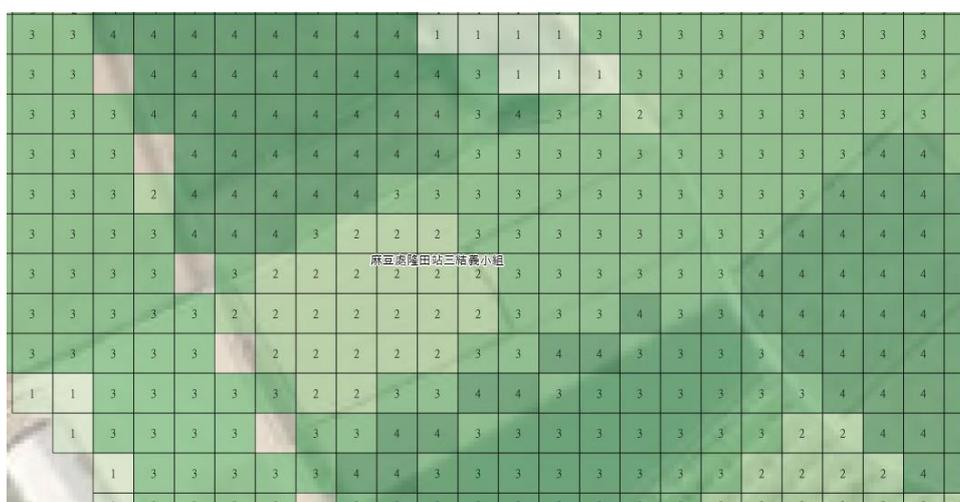


圖 4 近五年一期作水稻種植次數計算結果 (以嘉南隆田工作站三結義小組為例)

### 2.3 加權平均種植次數與「可能廢耕地」

完成各網格點之種植次數計算後，套疊水利小組範圍圖資找出各水利小組範圍內，各種植次數  $T$  的網格數量  $N_T$ ，以各網格近五年種植次數  $T$  與網格數量  $N_T$ ，計算各水利小組之加權平均水稻種植次數  $\bar{T}$ ，計算方法如公式 (1)，套疊水利小組與計算加權平均種植次數示意如圖 5。

$$\bar{T} = \frac{N_1 \times 1 + N_2 \times 2 + N_3 \times 3 + N_4 \times 4 + N_5 \times 5}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5} \quad (1)$$



圖 5 水利小組範圍套疊水稻種植次數與加權平均種植次數計算說明 (示意)

此外，有些水利小組可能因為農民種植習慣改變、地區農業產銷鏈的變化、人口老化、都市化等問題，農地已經長久停止耕作或改為其他用途。本研究另將試所衛星辨識稻作種植圖資中所有作物種植圖資進行疊加，若近 5 年該農地無任何耕作情形，則將其視為「可能廢耕地」(分布示例如圖 6)，並進一步計算各區域內「可能廢耕地」比例。



圖 6 近五年一期作水稻種植次數與可能廢耕地計算成果 (以新竹竹東工作站為例)

### 三、分析結果

本研究計算六個水庫型灌區中，657 個水利小組近 5 年一期作水稻加權平均種植次數、「可能廢耕地」比例，分析結果如下：

#### 3.1 近 5 年一期作水稻加權平均種植次數

如表 2 統計 657 個水利小組之平均種植次數，次數最多者為 3.692 次，最少為 0 次，所有水利小組之平均值為 1.779 次。若分以六個水庫灌區討論，種植次數之平均值、中間值、最大值皆為曾文-烏山頭水庫，可見一期作水稻於該水庫灌區內種植較為頻繁，其次種植頻繁為鯉魚潭水庫灌區。另，鯉魚潭水庫最小種植次數為 1.276 次，可見其內各水利小組在近 5 年中皆至少種植一次一期作水稻。

由表 3 統計各水利小組不同級距之種植次數，曾文-烏山頭水庫平均種植次數集中於 2.5~3.5 次、鯉魚潭水庫集中於 2~3 次，石門水庫集中在 1~2 次，德基水庫集中於 0.5~1.5 次、竹東圳（上坪堰）與明德水庫則集中於 0~1 次，由此次可見曾文-烏山頭水庫灌區種植較為頻繁。

表 2 657 個區域近五年一期作水稻加權平均種植次數基本統計

項目	水庫灌區						
	全部區域	石門水庫	竹東圳 (上坪堰)	明德水庫	鯉魚潭 水庫	德基水庫 (石岡壩)	曾文-烏山 頭水庫
平均數	1.779	1.563	0.753	0.533	2.334	0.961	2.550
標準差	0.937	0.849	0.652	0.408	0.397	0.372	0.735
中間值	1.781	1.519	0.662	0.355	2.327	0.924	2.650
變異數	0.878	0.721	0.426	0.166	0.158	0.139	0.540
範圍	3.692	3.317	1.836	1.464	1.997	1.629	3.692
最小值	0	0	0	0.129	1.276	0.1021	0
最大值	3.692	3.317	1.836	1.593	3.272	1.731	3.692

表 3 近五年一期作水稻加權平均種植次數之區域數量統計

加權平均種植次數	水庫灌區						
	全部區域	石門水庫	竹東圳 (上坪堰)	明德水庫	鯉魚潭 水庫	德基水庫 (石岡壩)	曾文-烏山 頭水庫
0~0.5	75	48	4	13	0	5	5
0.5~1	81	56	4	0	0	17	4
1~1.5	107	82	2	3	1	14	5
1.5~2	114	85	2	1	9	3	14
2~2.5	89	43	0	0	18	0	28
2.5~3	127	52	0	0	11	0	64
3~3.5	57	19	0	0	2	0	36
3.5~4	7	0	0	0	0	0	7
4 次以上	0	0	0	0	0	0	0

### 3.2 「可能廢耕地」面積比例

如表 4~表 5 統計各水利小組「可能廢耕地」比例結果中與數量統計中，可發現石門水庫、竹東圳（上坪堰）、德基水庫（石岡壩）灌區中中有將近一半的區域內「可能廢耕地」面積大於 50%，石門水庫、竹東圳（上坪堰）灌區有水利小組之「可能廢耕地」面積比例大於 90%，研判可能因地區產業發展園區（如桃園航空城、新竹科學園區等）影響灌溉水源、農業整體產業鏈等，使農作物種植情形削減。而曾文-烏山頭與鯉魚潭水庫灌區內「可能廢耕地」面積比例則超過大多未超過 40%，仍維持農業耕作情形。

表 4 657 個區域「可能廢耕地」面積比例（%）基本統計

項目	水庫灌區						
	全部區域	石門水庫	竹東圳 (上坪堰)	明德水庫	鯉魚潭 水庫	德基水庫 (石岡壩)	曾文-烏山頭 水庫
平均數	40%	50%	69%	48%	17%	56%	16%
標準差	0.258	0.225	0.226	0.195	0.073	0.123	0.173
中間值	0.388	49%	68%	44%	16%	52%	11%
變異數	0.067	0.051	0.051	0.038	0.005	0.015	0.030
範圍	0.990	0.909	0.648	0.703	0.404	0.576	0.990
最小值	1%	9%	34%	16%	5%	32%	1%
最大值	100%	100%	99%	86%	46%	90%	100%

表 5 「可能廢耕地」面積比例（%）區域數量統計

廢耕地面積 比例（%）	水庫灌區						
	全部區域	石門水庫	竹東圳 (上坪堰)	明德水庫	鯉魚潭 水庫	德基水庫 (石岡壩)	曾文-烏山頭 水庫
0%~10%	34	1	0	0	4	0	74
10%~20%	22	34	0	1	28	0	55
20%~30%	38	56	0	1	7	0	12
30%~40%	55	46	2	5	1	3	10
40%~50%	78	66	1	4	1	13	5
50%~60%	90	64	1	1	0	10	2
60%~70%	67	43	3	2	0	7	0
70%~80%	76	28	1	2	0	5	2
80%~90%	118	20	0	1	0	1	0
90%以上	79	27	4	0	0	0	3

本研究篩選出「可能廢耕地」面積比例小於 50% 之水利小組，避免未來用於推動相關農糧補助政策時，所挑選推動區域內多已都市化或農地不再耕作；同時，將近 5 年一期作水稻加權平均種植次數由小到大排列，使政府機關可用以評估推動政策之優序。此外，為使未來推動相關政策時，一般大眾、農民可知曉水利小組所在位置，本研究以各水利小組所在之村里命名，若涉及多個村里，則以所占面積最大村里命名，統整如表 6。

#### 四、結論與建議

依據前述篩選及統整結果可知，上坪堰（竹東圳灌區）近5年平均水稻種植次數為0.67次，為六大水庫型灌區中最低，集中於新竹縣竹東鎮，農地面積約71公頃；明德水庫灌區次低為0.82次，集中於苗栗縣後龍鎮，農地面積約500公頃，其中：大山里、東明里、埔頂里、灣寶里及海寶里皆低於0.5次；石門水庫、石岡壩及鯉魚潭水庫則介於1.18~2.20次之間；曾文-烏山頭水庫灌區除六腳鄉接近0.2次外，其餘1.14~2.54次之間。

前揭分析結果低於1次之農地，顯示出該地區近5年僅種植不到1次水稻，當地農民幾乎已改種植旱作；分析結果介於1~2.5次間之地區，表示當地仍有部分農民持續種植水稻。若未來政府能針對前述地區，以專區方式給予其他獎勵補助，強化輔導剩餘持續種植水稻之農民改植旱作，則可將當地之灌溉用水改調配至其他支分線，或蓄存於上游水庫中，達到調整稻米業及水資源最佳化運用之目標。

表6 篩選平均水稻種植次數低、農地面積大於30公頃之鄉鎮區

序號	區域別	縣市	鄉鎮區	村里	農地面積 (公頃)	107~111年一期作 水稻平均種植次數
1	石門水庫	桃園市	大園區	溪海里	33	1.82
2				和平里	51	1.18
3			觀音區	藍埔里	77	1.21
4				清華里	37	1.97
5				新坡里	69	1.55
6				大同里	21	1.18
7			楊梅區	富岡里	76	1.55
8			新屋區	深圳里	70	1.45
小計					<b>434</b>	<b>1.47</b>
9	上坪堰(竹東圳)	新竹縣	竹東鎮	三重里	71	0.67
小計					<b>71</b>	<b>0.67</b>
10	明德水庫	苗栗縣	後龍鎮	豐富里	98	1.59
11				大山里	70	0.40
12				東明里	82	0.48
13				埔頂里	86	0.43
14				灣寶里	119	0.43
15				海寶里	45	0.35
小計					<b>500</b>	<b>0.82</b>
16	鯉魚潭水庫	苗栗縣	苑裡鎮	南勢里	85	2.20
17				山腳里	42	1.34
18				石鎮里	78	1.55
19				福田里	109	1.92
20				舊社里	117	1.87
21				中正里	70	2.02
小計					<b>501</b>	<b>1.86</b>
22	石岡壩 (德基水庫)	臺中市	大雅區	員林里	105	1.67
23			潭子區	大富里	88	1.61

序號	區域別	縣市	鄉鎮區	村里	農地面積 (公頃)	107~111 年一期作 水稻平均種植次數	
小計					<b>193</b>	<b>1.64</b>	
24	曾文-烏山頭水庫	嘉義縣	六腳鄉	六腳村	42	0.19	
25				六南村	170	0.23	
26				新化區	全興里	44	1.65
27		知義里	43		1.95		
28		護國里	78		1.14		
29		臺南市	六甲區	甲東里	103	1.76	
30				果毅里	108	1.49	
31				二甲里	44	1.75	
32			下營區	水林里	55	2.54	
33				新興里	33	1.03	
34				仁里里	42	1.80	
35		東山區	三榮里	279	1.58		
36			聖賢里	157	1.96		
37		新營區	土庫里	41	2.00		
小計					<b>1,239</b>	<b>1.45</b>	
總計					<b>2,938</b>	<b>1.41</b>	

## 五、參考文獻

1. Yao MingHwi & Chen ShouHung. The impact evaluation of climate change on the growth and yield of rice. *Crop, Environment & Bioinformatics*, 2009, Vol. 6, No. 3, 141-156 ref. 32
2. Yao MingHwi & Jhong YunSyuan & Hsu YungHeng. Evaluation of rice production potential in Taiwan using SDSM future climate data.. *Crop, Environment & Bioinformatics*, 2015, Vol. 12, No. 3, 142-154 ref. 32
3. 李本立、陳虹諺，臺灣水稻年間生產趨勢之空間分布，《作物、環境與生物資訊》，15 卷 4 期， P.215-222，2018。
4. 財團法人成大研究發展基金會，應用航遙測影像辨識及地理資訊技術於敏感性作物種植面積調查，農委會農糧署九十五年度科技計畫研究報告，2006。
5. 陳昱安，臺灣水稻田轉作政策之思維演變，農政與農情(第 301 期)，2017。
6. 黃思維，應用經驗模態分解法分析多時期 SPOT 衛星影像上一年兩期之稻作，國立中央大學土木工程研究所，碩士論文，2010。
7. 黃淑娟、蘇宗振，建立遙測稻作面積調查體系之探討，農政與農情(第 221 期)，2010。
8. 劉振榮、陳哲俊、林唐煌，遙測科技在精準農業之應用-遙測水稻種植分布之實例，水稻精準農業(耕)體系之研究，第七章 79-92，2000。
9. 蘇政宇、鄭旭涵、林家榮、林昭遠，地理資訊系統於土地可利用限度之劃定與土地利用適宜性之評估，水土保持學報 39(4)，333-354，2007。