

# 慣行及有機農法對於水稻田土壤及昆蟲相之影響： 以富里地區為例

林立<sup>1</sup>、倪禮豐<sup>1</sup>、陳怡樺<sup>2</sup>

<sup>1</sup>行政院農業委員會花蓮區農業改良場作物環境課 助理研究員

<sup>2</sup>行政院農業委員會花蓮區農業改良場作物環境課 研究助理

## 摘 要

本試驗自2020年一期作開始於花蓮縣富里鄉永豐、豐南地區的水稻田進行慣行、友善和有機水稻田的生態監測，監測項目有昆蟲相、土壤分析、植體分析與產量調查。蟲相調查方面，將各農法田區劃分四區塊，每區各4張黃色黏蟲板，每農法共計16張黏紙進行試驗。蟲相調查結果顯示2020年第二期作，飛蝨類害蟲數量在友善田區明顯高於慣行田區和有機田區，另在2020年和2021年一期作監測黏紙上發現到罕見的稻管薊馬(*Haplothrips aculeatus*)，且以2020年一期作數量較多，而黑尾葉蟬和瘤野螟害蟲數量低，其中黑尾葉蟬於慣行田區皆無監測到蟲體，蜘蛛在2020年一期作友善期田區監測到的數量為128隻，明顯高於慣行區14隻和有機區10隻，而在2020二期作和2021一期作則以友善期田區密度高於另外兩區；瓢蟲的數量在各期作及各區數量皆無明顯差異。由於2020年二期作友善田區中之飛蝨類數量明顯高於另外兩區，因此該期作友善田區稻穀產量低於另外兩種田區。土壤性質大致相似，各區差異無明顯趨勢。慣行區植體氮含量較友善及有機田區為高，但銅與鋅濃度反而較低，推測為肥料特性造成的稀釋效應。本計畫仍需持續累積多年資料，方能全面的了解水稻田生態相與產量之變化及相關性。

## 前言

本計畫由農試所農化組統籌，挑選全台八個陸域樣區，由各場試所與社區居民合作，進行多年期調查並累積資料。在同樣環境不同操作方式下，依據作物生長期，在特定時段使用統一的監測方法與工具，於慣行、友善與有機等不同栽培類型農地，調查各類型農地其昆蟲組成、重要害蟲及其特定天敵族群變化。農地生產為同時達到增產、生物多樣性保存與保育利用及減少對環境衝擊，惟有透過系統性研究累積農田生態基礎資料，充分瞭解農耕操作對農田生態環境及生物多樣性的影響，才能找到改善生產環境方法，落實農業土壤永續利用與生物多樣性保育雙重目的。而農業生態系有別於自然生態系，運作與管理不但影響自然生態，更影響人類社會永續生存。因此，瞭解其生態交互作用，包括作物耕作對微生物與昆蟲等之多樣性變化和生態系之水分與營養元素之動態等均甚為重要。農業生態系長期生態研究之目標為探討符合生態觀念之農耕操作能否減少生態系中化學物質之投入，以維持生態系之永續經營。農試所、台南場與茶改場，已共同執行農業長期生態研究超過10年以上，然所有監測研究站集中於中部低海拔平原、丘陵水田、旱作及果園環境。調查樣點與研究面向，無法客觀反映影響不同農業操作系統的變化因素。

農委會支持擴大農業長期生態調查監測站，從農業生態環境、農業生產管理措施、農作經濟規模、氣候變化等議題之相互關係，提供農政部門研擬可兼顧農業產業與生態環境的政策配套規劃或法令調整，俾使農業長期生態研究主動納入農業主客觀條件，達到同時具備基礎與應用的研究功能。而本計畫所選擇之監測站，需符合LTER計畫原則，所選定的監測站所屬社區，須以「已朝向友善、準有機或有機農業經營者」為主，並以傳統慣行農法作為對照樣區，俾使本計畫執行方向最終可與社區願景及農業長期生態調查目標一致，達到事半功倍與資源共享的政策目標。

## 材料與方法

### (一) 蟲相監測：

於每年一期作及二期作水稻分蘗期前後，以黏蟲板進行蟲相監測。每期作黏蟲板共吊掛兩次、每次為期一週。將慣行(CC)、友善(FC)與有機(OC)三農法各劃分為四個區域，每區域各吊掛4張黏蟲板，共計96張黏紙(2週\*3農法\*4區域\*4黏紙)。回收黏紙時以保鮮膜覆蓋，並帶回實驗室於顯微鏡下進行昆蟲種類辨識。水稻監測目標生物為：蜘蛛類、瓢蟲類、黑尾葉蟬類、飛蝨類、瘤野螟五項，統計完各項數值後製作圖表進行分析。





圖1. 2020年樣區分佈圖



圖2. 2021年樣區分佈圖  
(慣行田區因故更換)

## (二) 土壤分析：

水稻採收後，於每一處理田區平均採取5個樣點的表土(0-15公分)及底土(15-30公分)，並分別充分混合為一樣品，經風乾、過篩後，進行以下土壤理化性質分析。

分析項目與方法如下：

1. 土壤酸鹼度：土水比1：1，充分攪拌後以玻璃電極測定之。
2. 土壤導電度：土水比1：5，過濾後以白金電極測定之。
3. 土壤有機質：稱取0.3克過20 mesh篩之土壤樣品，以固體總有機碳分析儀測定有機碳含量，再乘以1.72換算之。
4. 土壤有效磷：以Bray No.1試劑，土水比1：10（pH值高於6.8者則改為1:50）抽出後，以鉬藍法呈色測定之。
5. 土壤有效鉀、鈣、鎂：以Mehlich No.1試劑抽出後，以ICP-OES測定之。
6. 土壤鐵、錳、銅、鋅、鎘、鉻、鎳、鉛：以0.1 N HCl抽出後，以ICP-OES測定之。

## (三) 植體分析：

於每一處理田區隨機採取5處，每處各取1攞水稻，5攞混合為一份樣品，分為稻穀及稻稈進行植體分析。

1. 植體消化：以濃硫酸加熱迴流法分解消化，定量稀釋備用。

2. 植體氮：取消化液以凱氏氮自動分析儀測定之。
3. 植體磷：取消化液以鉬黃法呈色測定之。
4. 植體鉀、鈣、鎂：取消化液以ICP-OES測定之。
5. 植體鐵、錳、銅、鋅：以1 N HCl抽出後，以ICP-OES測定之。

(四)產量調查：

於每一處理田區隨機取5處進行坪割，每處框取2m\*2m的範圍採樣，脫粒後秤濕穀重，經曬乾、風選後再測其乾穀重，並換算為公頃產量。

## 結果

### 一、富里鄉水稻監測站特定昆蟲相監測

本團隊於2020年春天開始於富里鄉永豐村之水稻田，規劃長期生態監測，並於同年一期作分蘗期的4/7至4/15進行第一次黃色黏蟲板蟲相監測。調查隻目標生物為蜘蛛類、瓢蟲類、黑尾葉蟬類、飛蝨類及瘤野螟。在第一次蟲相監測中，三個農法中以蜘蛛類誘集到最多，分別為：友善128隻、慣行14隻與有機10隻；第二多之物種為瓢蟲類，分別為慣行53隻、友善48隻及有機25隻；黑尾葉蟬類慣行與有機各7隻；飛蝨類僅有機出現3隻；而瘤野螟於三農法中皆未監測到蟲體(圖3)。

另本次試驗於慣行田區黏板發現大量的黑色薊馬，最多有記錄到300隻左右的數據，經農試所鑑定後為稻管薊馬(*Haplothrips aculeatus*)，本薊馬已多年未曾於台灣稻田發現，此次在富里慣行田區捕抓到為特別的發現，因此本試驗特將稻管薊馬新增於日後的長期監測中。

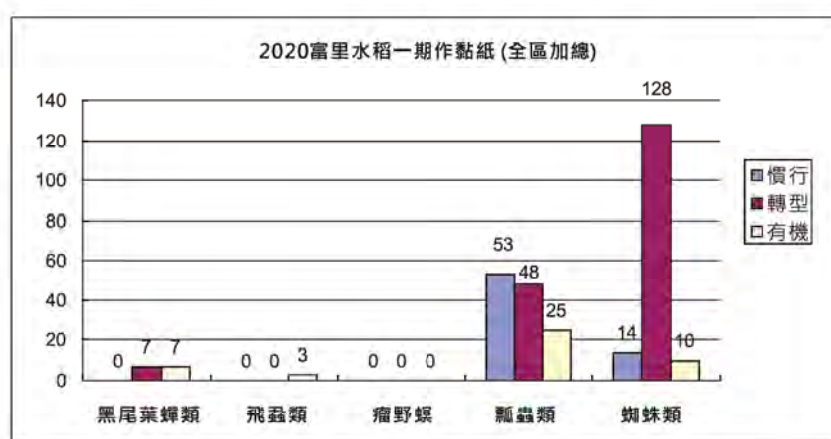


圖3.2020富里水稻一期作黏板誘集數據

2020年第二次黏蟲板監測為水稻二期作分蘗後期，於9/10至9/23共計兩次的監測。整體而言蜘蛛類的數量佔絕大多數，第一週共捕獲361隻的



蜘蛛，佔整體蟲數562隻的64.23%(慣行163隻、友善107隻、有機91隻)；而第二週蜘蛛捕獲數量共計488隻佔整體蟲數1174隻的41.57%(慣行233隻、友善218隻、有機37隻)。而飛蟲類為第二大的族群，第一週共捕獲129隻，佔整體蟲數之22.95%(慣行15隻、友善70隻、有機44隻)；第二週友善田區的飛蟲類數量大增，驟升至380隻，佔當週所有黏板中捕抓到的1174隻蟲體之31.51%，而慣行65隻、有機56隻相對較少。分析蟲源後發現採集到的種類以白背飛蟲為主，非造成水稻蟲燒之褐飛蟲，但白背飛蟲產生的煤煙病亦嚴重的影響二期作之收穫，產量僅為一期作之50%。瓢蟲類數量第三，約莫總蟲數10%左右，第一週捕獲的隻數分別為慣行23隻、友善6隻、有機28隻；第二週慣行41隻、友善41隻、有機33隻。黑尾葉蟬類群較少，第一週慣行4隻、友善8隻、有機3隻；第二週慣行5隻、友善37隻、有機22隻。而瘤野螟零星出現，第一週友善1隻、有機2隻；第二週僅有有機捕獲到6隻。而本樣區特殊蟲種稻管薊馬，於二期作中僅有少量發生，因此尚未放入此次監測中比較，待日後長期累積資料再進行分析(詳如圖4、圖5)。

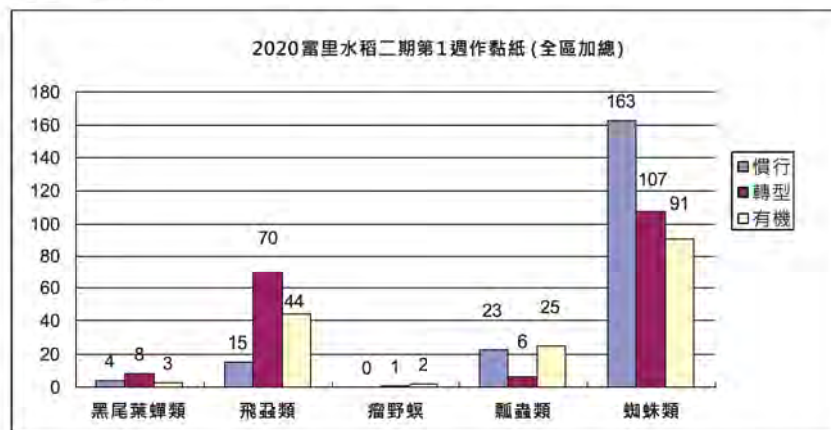


圖4.2020富里水稻二期作第1週黏板誘集數據

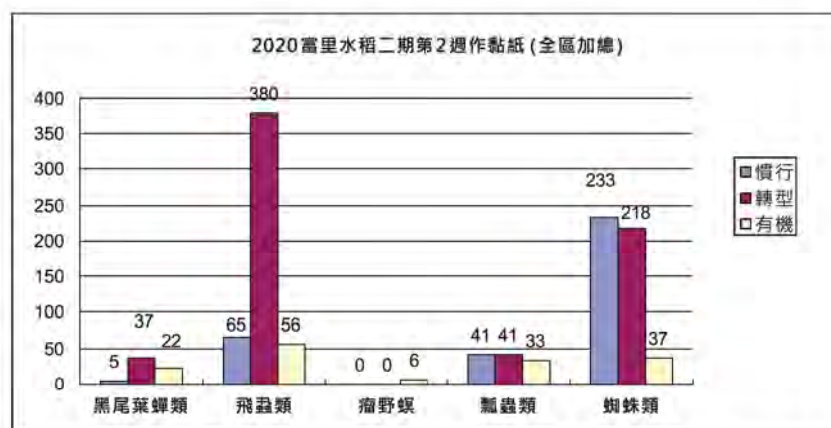


圖5.2020富里水稻二期作第2週黏板誘集數據

2021年於水稻一期作分蘖期後之4/15至4/30，進行第一次為期兩週的蟲相監測。本期監測仍以蜘蛛為主要被捕獲族群，第一週共捕獲222隻的蜘蛛，佔整體蟲數422隻的52.61% (慣行124隻、友善69隻、有機29隻)；而第二週蜘蛛捕獲數量共計584隻佔整體蟲數897隻的65.1% (慣行248隻、友善196隻、有機140隻)。而今年度新加入監測的稻管薊馬族群數量位居第二，第一週共捕獲71隻，佔整體蟲數422隻的16.82% (慣行29隻、友善17隻、有機25隻)；而第二週薊馬捕獲數量共計105隻，佔總蟲數11.7% (慣行39隻、友善38隻、有機28隻)。飛蝨類數量第三，第一週慣行18隻、友善3隻、有機31隻；第二週慣行36隻、友善9隻、有機36隻。瓢蟲類第一週共捕獲37隻、第二週87隻。黑尾葉蟬第一週共捕獲39隻、第二週39隻。瘤野螟第一週僅有機1隻、第二週僅友善1隻，佔極少數族群(詳如圖6、圖7)。

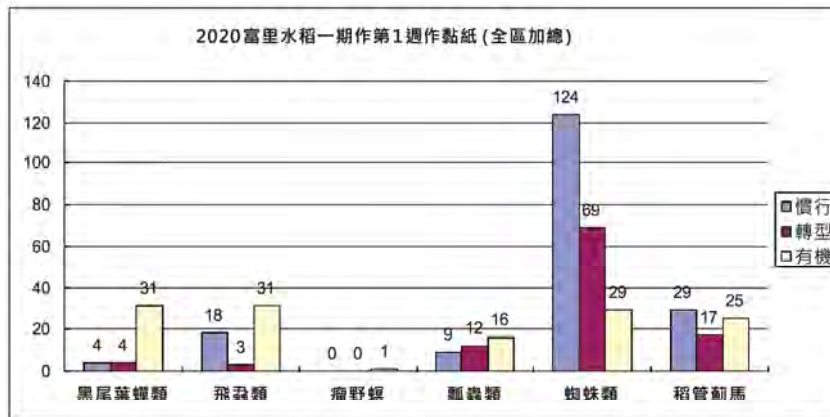


圖6.2021富里水稻一期作第1週黏板誘集數據

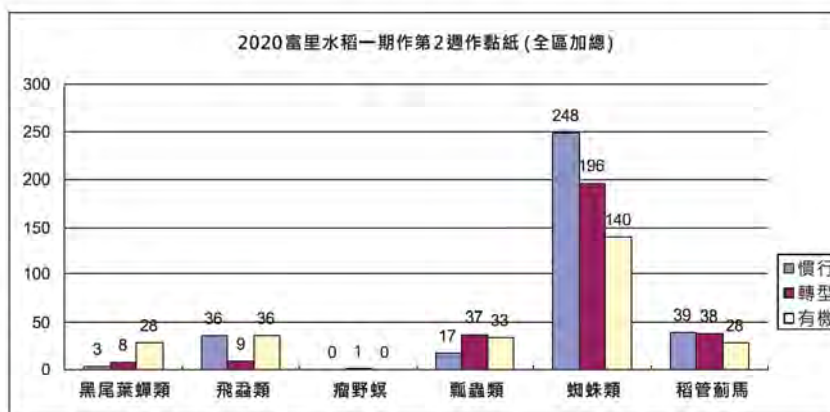


圖7.2021富里水稻一期作第2週黏板誘集數據

## 二、富里鄉水稻監測站土壤理化性質、植體營養元素含量及稻穀產量

如表1所示，本研究範圍內的土壤性質大致相似，酸鹼度為中性附近，鉀鈣鎂含量皆偏高。重金屬部分，除2020一期作的友善及有機區的鋅含量偏高外，餘皆為微量，各區差異無明顯趨勢。

如表2所示，2020年二期作及2021年一期作慣行區稻稈樣品中的氮含量較友善及有機區樣品為高，而銅及鋅反之。

如表3所示，除了2020年一期作及2021年一期作有機區的稻穀產量顯著低於慣行及友善區者外，餘同期產量各區間無顯著差異。



表1.2020-2021年一期作富里水稻監測點土壤理化性質

項目	土層	酸鹼度	電導度	有機質含量		鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅	鎘	鉛					
			dS/m	%	mg/kg									mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
2020年 一期作	慣行	表土	7.0	0.18	2.6	71	70	2932	305	1072	104	7.0	8.6	0.02	0.3	3.6	3.6	
	CC	底土	7.1	0.12	2.0	83	62	2167	257	884	91	6.3	5.4	ND	0.2	2.6	2.6	3.2
	友善	表土	6.3	0.13	3.2	15	134	2549	633	494	62	7.0	51.4	0.90	0.2	1.9	1.9	2.2
	FC	底土	6.4	0.22	3.0	10	96	2350	536	383	61	7.0	41.3	0.75	0.1	1.9	1.9	2.0
2020年 二期作	有機	表土	6.1	0.34	5.2	17	93	2837	496	315	35	6.1	43.3	0.66	0.1	2.2	2.2	1.2
	OC	底土	6.4	0.23	2.0	14	122	2744	679	582	54	7.8	71.0	1.12	0.2	2.2	2.2	1.9
	慣行	表土	7.2	0.13	2.7	54	162	3782	808	696	93	7.2	4.4	N.D	0.4	3.1	3.1	4.2
	CC	底土	7.4	0.11	1.8	47	145	3302	719	710	91	7.1	3.4	N.D	0.4	2.8	2.8	3.5
2021年 一期作	友善	表土	6.6	0.10	2.3	16	143	3724	812	574	20	5.0	5.3	N.D	N.D	1.1	1.1	1.6
	FC	底土	6.7	0.10	2.1	15	91	3425	775	862	25	5.9	6.0	N.D	N.D	1.2	1.2	1.7
	有機	表土	7.4	0.11	1.6	64	225	4679	1073	638	223	8.1	4.4	N.D	N.D	1.2	1.2	2.7
	OC	底土	7.7	0.11	0.9	47	197	4676	1048	544	202	6.8	4.0	N.D	N.D	1.1	1.1	2.1
2021年 二期作	慣行	表土	6.6	0.15	3.1	13	115	3145	788	780	91	8.3	3.8	N.D	N.D	1.9	1.9	2.1
	友善	表土	6.8	0.10	2.8	68	95	3213	751	393	35	5.8	2.9	N.D	N.D	0.5	0.5	0.6
	有機	表土	6.9	0.11	3.0	84	86	3356	838	452	15	4.5	2.3	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D



表2.2020-2021年一期作富里水稻監測點稻稈營養元素含量

項目	氮	磷	鉀	鈣	鎂	鐵	錳	銅	鋅	
單位	%	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
2020 年 二期作	慣行	1.0	0.3	1.3	0.5	0.2	177	258	N.D	9
	友善	0.4	0.3	1.4	0.5	0.1	135	182	0.4	26
	有機	0.6	0.3	2.1	1.4	0.2	104	394	0.6	15
2021 年 一期作	慣行	0.9	0.3	1.3	0.5	0.1	190	279	N.D	5.5
	友善	0.6	0.3	2.1	0.3	0.2	153	137	0.6	7.1
	有機	0.7	0.3	2.6	0.4	0.1	258	212	0.2	13.4

表3.2020-2021富里水稻監測點乾穀公頃產量 (kg/ha)

	慣行 CC	友善 FC	有機 OC
2020 一期作	5705±938.98	5770±1072.73	4520±663.18
2020 二期作	5515±645.32	4960±1746.21	5605±985.74
2021 一期作	8115±1091.24	8285±1105.33	7180±981.93

## 討論

在昆蟲相監測部分，葉蟬、飛蝨、螟蛾、瓢蟲和蜘蛛的數量，在葉蟬、螟蛾和瓢蟲大致上各田區數量都相近，唯在蜘蛛和飛蝨的部分在不同操作方式的稻田區數量有所差異。蜘蛛在2020年一期作友善田區的數量明顯高於慣行和有機田區，友善田的蜘蛛數量為128隻，慣行和有機田區分別為14和10隻，而在2020年二期作則是慣行田高於友善和有機田區，兩週監測結果之數量共為396隻，友善和有機田區分別為325和128隻，而在隔年2021年一期作兩週監測結果分別為慣行372隻、友善265隻、有機169隻，一樣是慣行高於其他田區。另二期作的飛蝨量有明顯增加趨勢，飛蝨種類主要為白背飛蝨，其次為褐飛蝨，白背飛蝨和褐飛蝨是二期稻作常見的害蟲，白背飛蝨成蟲和若蟲喜歡聚集在水稻中段吸食稻液，造成植株黃化；褐飛蝨則喜歡聚集在水稻基部及中段吸食稻液，危害初期會讓稻葉黃化，嚴重時，會使水稻全株枯萎、倒伏，也就是俗稱的「蝨燒」。2020年二期作飛蝨類害蟲密度增高，尤其友善田區的飛蝨數量皆較慣行和有機田區多，大量的飛蝨類昆蟲危害造成水稻產量下降，雖採集到的種類以白背飛蝨為主，但因白背飛蝨密度高，其產生的煤煙病仍對於水稻生長及產量具有影響。本場團隊輔導農民使用苦楝油與皂素資材進行飛蝨防治

後亦已獲得控制。

值得一提的是在2020年一期作監測黏紙上發現到罕見的稻管薊馬(*Haplothrips aculeatus*)，已多年無被捕獲紀錄。台灣水稻作物上記錄到的薊馬共有三種，台灣花薊馬、稻薊馬與稻管薊馬，台灣花薊馬鮮少有危害。稻薊馬主要危害苗期及分蘗期之稻葉，其銼吸式口器銼破葉片表皮吸食汁液，致使葉片表面呈現微細斑點病影響分蘗；而稻管薊馬則於水稻抽穗開花期始大量遷入稻田危害花器，可在水稻上繁殖一個世代，待稻乳熟期後又陸續遷往其他寄主植物取食，晚植稻受害較早、中植稻為嚴重，但以往記錄上並無造成水稻災損。2020年一期作時於慣行田區黏板發現大量的稻管薊馬，最高紀錄於一張黏板上發現300隻左右，然而同年二期作上稻管薊馬僅有少量發生，直至2021年一期作才又發現其蹤跡，以目前的數據顯示，一期作較容易發現稻管薊馬的蹤跡。文獻記載稻管薊馬的寄主除了水稻之外，李氏禾、看麥娘、稗草等禾本科雜草亦為稻管薊馬的寄主，而李氏禾、看麥娘的花期分布在12月至3月之間，推測連續兩年一期稻作皆出現稻管薊馬原因與監測時程落在雜草花期之後有關。

在土壤分析部分，本試驗目前累積一年半數據，這一年半的土壤調查結果，2020年一期作土壤與另外2期的分析結果有明顯差異，可能原因為第一次的土壤樣品為分別由三區的農民自行採樣，與後二次由研究人員採樣方式或位置有差異所致。各區與各期間之土壤有效磷有明顯差異，但與耕作方式似無相關。檢視其與土壤酸鹼度的關係，發現pH值高於6.8者之土壤有效磷明顯較高。如前述土壤分析方法說明，Bray No.1法原設計為酸性土壤適用，應用於鹼性土樣品時，為避免鹼性影響呈色而提高稀釋倍數，推測即是造成數值不合理的原因。

觀察植體分析結果，慣行區稻稈樣品中的氮含量較友善及有機區樣品為高，推測可能為總氮肥施用量較高所造成。至於植體銅及鋅反而較低，這應是常見的稀釋效應—因氮營養提高生質量，造成微量元素濃度下降。

綜上所述，應再詳細調查三處田區的施肥種類與施用量，才能釐清造成各項數據差異的原因與代表的意義。

水稻產量的部分，2020年第一期作和2021年一期作水稻產量皆以有機區為最低，而在2020年第二期作則以友善區最低，推測與友善區栽培期間飛蟲數量明顯高於另外兩區而影響水稻產量。另在2021年一期作的稻穀產量明顯高於前一年(2020年)的產量，以慣行區而言較去年同期一期作增加42%的產量，應是



氣候條件不同所造成。一般而言，二期作的氣候條件較差，所以產量應較一期作為低。然而，2020年二期作有機區的稻穀產量反而為三區中最高者，或許代表有機栽培可提高水稻對不利環境的適應性或耐受性。

## 結論

本計畫為花蓮縣富里鄉水稻田區2020年至2021年一期作之生態監測結果，未來將持續進行昆蟲相監測及土壤分析，並調查不同耕作模式之產量資料。據此之長期生態調查結果，了解各類栽培類型作物之投入與產出，是否符合環境與經濟生產成本，並期能對農政機關與農友，提出慣行轉友善、或慣行轉有機、或友善轉有機栽培的過程該有的配套措施與建議，並提供農政單位研擬相關農業政策的參考資料。

## 誌謝

本計畫執行期間感謝富里鄉天賜糧源股份有限公司鍾雨恩先生，以及永豐村劉貢銘先生、劉學治先生、張裕明和潘信正先生協助配合稻田各項調查工作。

## 參考文獻

1. 陳琦玲、郭鴻裕、石憲宗、陳健忠、林朝欽、楊藹華、林儒宏、張素貞、賴瑞聲、張繼中、莊國鴻、陳泰元、潘佳辰、林立。2020。農業生態系長期生態研究回顧與展望。農業生態系長期生態研究研討會，台中市，中華民國。
2. 鄭清煥。2003。植物保護圖鑑系列8—水稻保護。防檢局。台北。448頁。
3. Majid, M. B., X. L. Tong, J. N. Feng and X-X Chen. 2011. Thrips (Insecta: Thysanoptera) of China. Check List (J. Species Lists Distrib.) 7: 720-744.