

各節演講重點

講題二：不同地景尺度下不同操作模式是否影響水稻田之生產與生態？

講題：Ecosystem Services in Rice Landscape: Measurement, Determinants and Optimization

講者：Dr. Buyung A.R. Hadi (International Rice Research Institute)

整理者：蔡思聖、翁崧夏（花蓮區農業改良場研究助理）

來自於國際稻米研究中心的昆蟲學專 Dr.Hadi 從農田生態系內生態服務的供給、生物多樣性的重要性與應用性，談到初步淺談指標物種的運用，再從學者的累積研究經驗解釋蟲害防治的關係鏈，向參與學員分享自身經驗與專業知識。

農田地景經營過程中產生生態服務

生態系統的演進歷程中產生了生態服務，並提供了人類福祉 (Human wellbeing)，其牽涉到功能、服務、獲益、與價值不同環節間緊密相依 (圖一)。農田地景內包含與耕作措施高度關聯的農田生態系 (agroecosystem) 以及週邊地景基質 (圖二)。農田生態系的生物多樣性組成可能受到翻耕整地 (tillage)、作物多樣性 (crop diversity)、田地面積 (field size)、作物輪耕 (crop rotation)，覆蓋作物 (cover crop) 而影響。農田本身即貢獻了不同種類的供給性服務：食物、紡織、生質能源；週邊地景的生物多樣性則取決於防風林、圍籬、河濱植物或其他自然棲地區塊等組成元素而構成了地景基質。農地與週邊地景可互以生態服務供給作串聯，例如地景可供給蟲害控制、授粉、水量穩定、水質淨化等服務，農地有時也能反饋在這些生態服務的維持。不當的農業操作卻對生態服務產生了負的衝擊，例如：生物多樣性的流失、野生生物的棲地喪失、營養沖刷、河道淤積等。

生物多樣性本身可作為環境永續性與否的指標

那麼生物多樣性與生態服務間的又究竟是如何表現的呢？在圖三中，縱軸代表生態功能的量，橫軸代表一空間系統中的物種數。科學家預測有三種模型表現：物種數與生態功能呈斜直線關係 (Type 1)、正飽和曲線關係 (Type 2) 或水平直線關係 (Type 3)。這些不同的表現都牽涉到更深的學理機制在其中。特定服務與生物多樣性的聯結往往也更多元 (圖四)，例如：表中有關害蟲控制的部分，可以發現同時會受到雜草多樣性

與天敵多樣性的影響分別透過由下而上控制或由下而上控制影響了害蟲動態（註：營養瀑布假說—初級生產力或頂層掠食者決定了群集內的物種多樣性），生物多樣性本身可作為環境永續性與否的指標是已受到大家普遍認可的。選擇評估指標生物多樣性的代理指標，可節省研究投入，但研究人員必須思考：應該採用甚麼分類群？空間層級為何？反應生物多樣性的質或量？等等問題。並就付出成本、代表意義、普及性（圖五 a、b）作出取捨，例如：監測大量的物種需耗費較多的精力，但得到的訊息可能難以簡化而意義不大，不如選定指標分類群進行探討，空間上希望生態調查能反映整個地景還是特定點位？要調查完整的生物相亦或指標物種等等考量皆存在著取捨。

就使用者來說，基於研究目的或建立生態驗證機制，同樣具有不同的考量依據。從稻田食物鏈受到衝擊後的縮短可以發現，掠食者往往更為敏感（圖六），頂層掠食者往往被選為指標物種。而受到反映的生物群集，常見有優勢度與物種數兩種方式，目前研究趨勢認為優適度較易具有統計上的相關性（SUGAR 2017），其理由在於天敵物種對於優勢植食性害蟲的取食具有較大的抑制效果，以花改場發現的長腳蛛與橙瓢蟲為例，運用菲律賓的資料也可發現這兩類生物與整體稻田生物相的優勢度有顯著負相關的趨勢表現。目前研究者應可透過探討優勢種相對比例的臨界點，來設計訂定稻田生態系健康與否的評量標準，但天敵本身為專一性或廣食者都會影響統計相關性，且害蟲動態也同時受到許多外部條件的影響，並且可能有掠食者飽食者效應（Predator satiation），運用上仍須有所注意（註：此處以蟲害防治功能為出發點，因此食物網內物種互動較為關鍵，礙於篇幅，講者無法盡述；掠食者飽食效應，食餌數量過多導致掠食者的捕食反應趨近飽和，故一部分食餌有逃逸捕食的現象，此處指因此無法在整體群集數量變化上具有統計相關的可能性）。

結合族群動態、捕食率、與收成（代替損失計算）來檢視生態系服務

透過寄生率、捕食率與產量之間的相關性，實驗處理包括在田埂上種植多種植物的生態工程操作組與對照組，我們想估算生態服務的效益，結果發現生態工程操作組的害蟲數量顯著較少。另一方面，擬寄生蜂量無顯著差異，據推測與專一性捕食特定食餌有關。而捕食性天敵的量反而在控制組是較多的，推論可能因食餌資源的空間分布有關（圖七）；害

蟲被寄生率可發現並無顯著差異、但被捕食率則在田埂上種植較多雜草的生態工程操作組顯著較多，同時亦具較多的產量（圖八）。

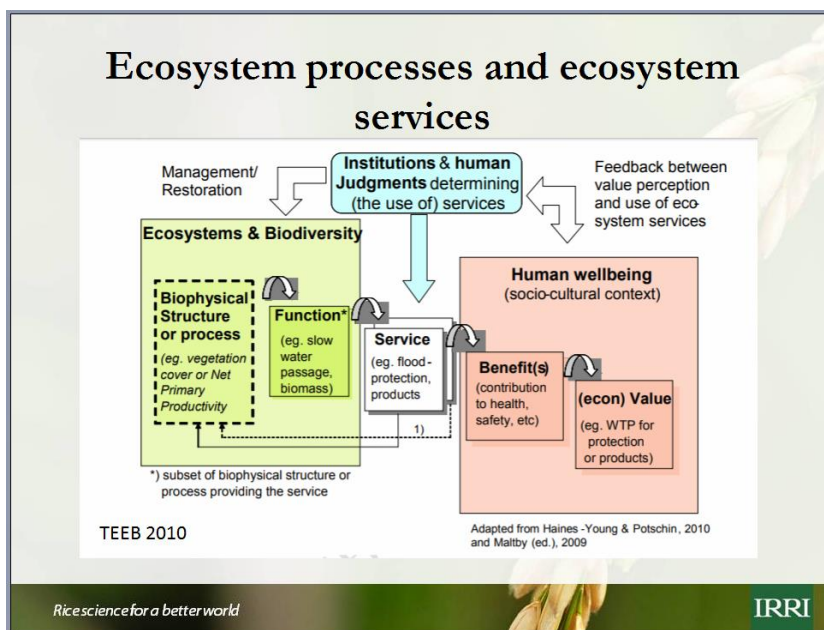
影響蟲害防治的決定性因素

稻田地景內的生態服務以蟲害調節為例，會受到哪些決定因素影響，而又該如何最佳化這項生態服務呢？可以先從田裡的食物鏈開始，天敵物種庫可抑制褐飛蟲/葉蟬等害蟲，害蟲取食植體作物，不同作物品系 (Variety)、氮肥輸入量 (N fertility)、殺蟲劑 (insecticide) 與耕作集中度 (Cropping intensity) 等都會在田地內影響這一關係鏈。殺蟲劑使用會造成天敵物種庫的減損，害蟲的防治效果則需視不同情況而有所不同。一般而言，殺蟲劑雖可抑制害蟲，但天敵對於農藥的感受性對較強且害蟲具有抗藥性時，反而促使害蟲族群急遽增加。另外，從用藥種類也可看出，天敵與害蟲間具有不同的抑制效果，例如當害蟲族群失去控制時，使用選擇性較高之殺蟲劑對天敵影響較輕微，因此不致造成天敵昆蟲族群太大的影響（圖九）。有趣的是，不同耕作方式的稻田其害蟲抗藥性發生的情形並不太一致，例如有機田區 (Los Banos) 的害蟲往往施用一次選擇性殺蟲劑（丁基滅必蟲，Fenobucarb）即可有效抑制褐飛蟲族群增長，反之慣行田區卻需要施用多次殺蟲劑，褐飛蟲族群才能被抑制下來；作物則因品系不同，促使害蟲入侵有不同程度的偏好與族群增長量。

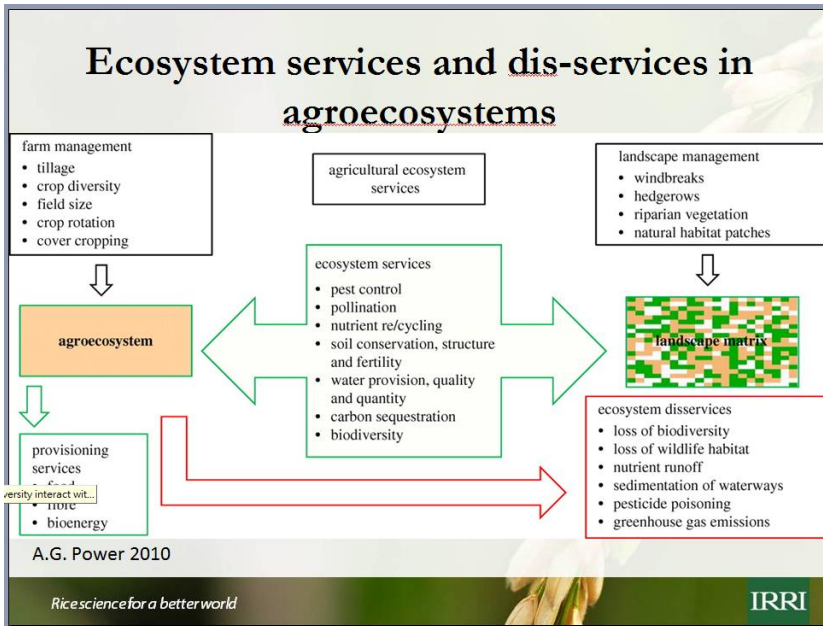
氮肥的過量施用在往昔研究中也已被證實會促使害蟲族群的大發生。除了上述稻田內系統的互動關係外，稻田週遭地景組成、耕作頻度也常被納入害蟲天敵互動關係的影響因素。然而，部分研究證據顯示，地景尺度的多樣性與蟲害、擬寄生性天敵的發生間較無相關性，其機制可能為：害蟲族群發生動態仰賴稻米的存，專一性天敵繼而仰賴特定害蟲，特別的是稻米耕作乃長久文明的作物，長期耕作歷史演進下來害蟲與、專一性天敵昆蟲與稻田有相當程度的關聯性，不易受到週邊樹林等棲地的存而有所影響；但是，廣食性天敵就有可能與地景尺度有所相關性。目前而言，以小尺度增加棲地變異性的做法，例如增加田埂上植物的多樣性，對抑制害蟲應較有幫助。耕作頻度越高的農地，每年褐飛蟲害蟲的平均族群發生量就越大，蟲害爆發的頻率也越高，這現象也顯示休耕的重要性。

針對稻害防治，講者提出整合性建議：

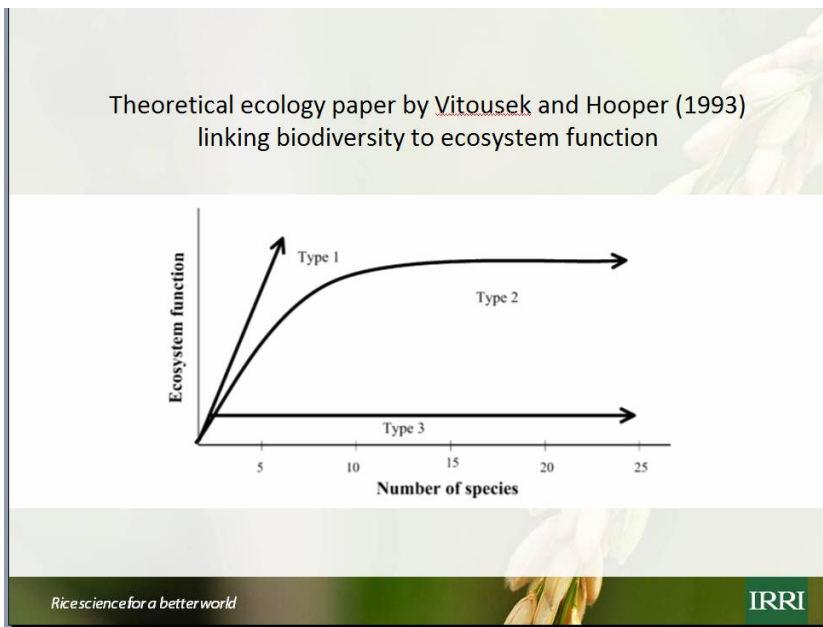
1. 思考非傳統慣行式蟲害防治的可能性；
2. 合理化施肥；
3. 地景歧異度對害蟲防治功能的影響可能是視情況而定的；
4. 掌握蟲害動態訊息與選植適當種苗；
5. 耕作頻度的影響則有待更多研究投入。



圖一、生態系統中功能、服務、獲益、與價值不同環節間緊密相依（圖片來源：摘錄自簡報）。



圖二、農田生態系孕育的生物多樣性所產生的益處，但亦有可能因不當操作產生壞處（圖片來源：摘錄自簡報）。



圖三、生物多樣性中的物種數與生態功能間的模擬關係（圖片來源：摘錄自簡報）。


Table 1 | Balance of evidence linking biodiversity to ecosystem services (Cardinale et al. 2012)

Category of service	Measure of service provision	SPU	Diversity level	Source	Study type	N	Relationship	
							Predicted	Actual
Provisioning								
Crops	Crop yield	Plants	Genetic	DS	Exp	575	↗	↗
			Species	DS	Exp	100	↘	↘
Fisheries	Stability of fisheries yield	Fish	Species	PS	Obs	8	↗	↗
Wood	Wood production	Plants	Species	DS	Exp	53	↗	↗
Fodder	Fodder yield	Plants	Species	DS	Exp	271	↗	↗
Regulating								
Biocontrol	Control of herbivorous pests (bottom-up effect of plant diversity)	Plants	Species	DS*	Obs	40	↗	↗
			Species	DS [†]	Exp	100	↘	↘
			Species	DS [‡]	Exp	287	↘	↘
			Species	DS [§]	Exp	100	↘	↘
			Species	DS [¶]	Exp	100	↘	↘
Biocontrol	Control of herbivorous pests (top-down effect of natural enemy diversity)	Natural enemies	Species/trait	DS*	Obs	18	↗	↗
			Species	DS [†]	Exp/Obs	266	↘	↘
			Species	DS [‡]	Exp	38	↘	↘
Resistance to plant invasion	Plants	Species	DS	Exp	120	↗	↗	
Disease prevalence (on plants)	Plants	Species	DS	Exp	107	↗	↗	
Disease prevalence (on animals)	Multiple	Species	DS	Exp/Obs	45	↘	↘	
Climate	Primary production	Plants	Species	DS	Exp	7	↘	↘
Climate	Carbon sequestration	Plants	Species	DS	Exp	479	↘	↘
			Species/trait	PS	Obs	33	↘	↘
Soil	Soil nutrient mineralization	Plants	Species	DS	Exp	103	↗	↗
			Species	DS	Exp	85	↗	↗
Water	Freshwater purification	Multiple	Genetic/species	PS	Exp	8	↘	↘
Pollination	Pollination	Insects	Species	PS	Obs	7	↘	↘

圖四、生物多樣性與多種生態服務間的趨勢與研究證據（圖片來源：摘錄自簡報）。

How should we choose?

	Which taxa?		Which scale?		Which measurement?	
	All taxa	Indic. taxon	Plot/farm	Landscape	Composition	Abundance of indic. taxon
Cost	High	Low	Low	High	High	Low
Meaningful	Low	Medium	Medium	High	Low	Medium
Ubiquitous	High	Medium	N/A	N/A	High	Medium

Ricescience for a better world 

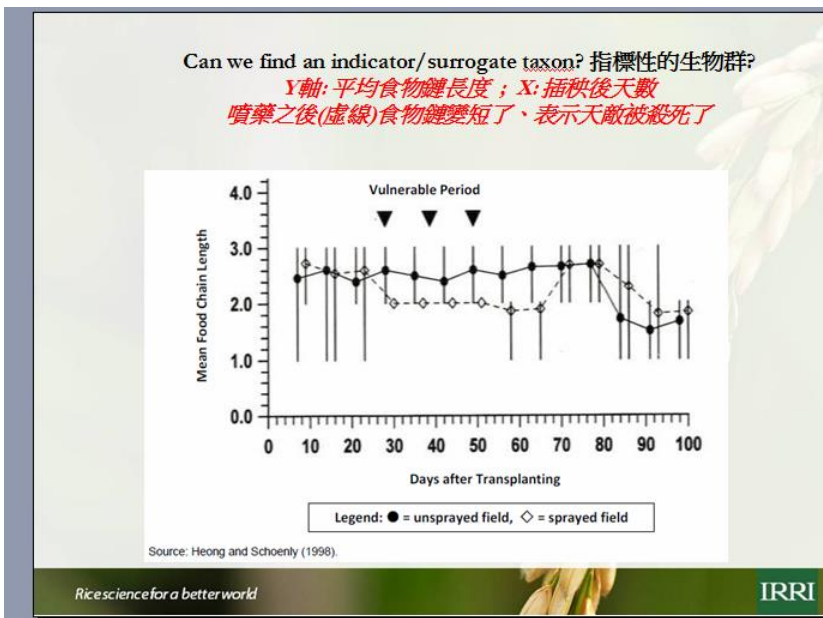
圖五 a、選擇評估指標生物多樣性的代理指標時，考量付出成本、代表意義、普及性（圖片來源：摘錄自簡報）。

How should we choose?

	Which taxa?		Which scale?		Which measurement?	
	All taxa	Indic. taxon	Plot/farm	Landscape	Composition	Abundance of indic. taxon
User: Research	High	Low	Medium	High	High	Low
User: sustain. certification	Low	High	High	Medium	Low	High

Ricescience for a better world IRRI

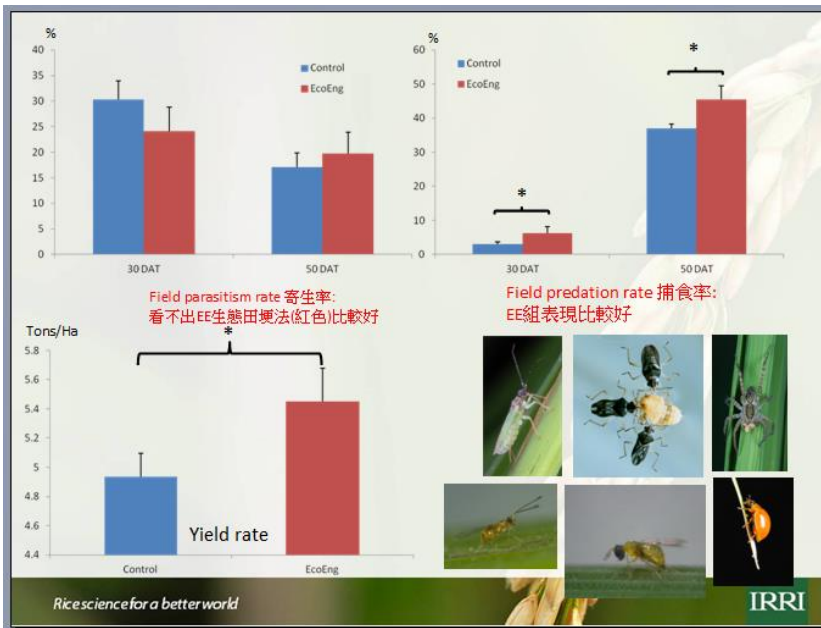
圖五 b、選擇評估指標生物多樣性的代理指標時，考量是為了滿足研究目的或是建立生態驗證之聯結（圖片來源：摘錄自簡報）。



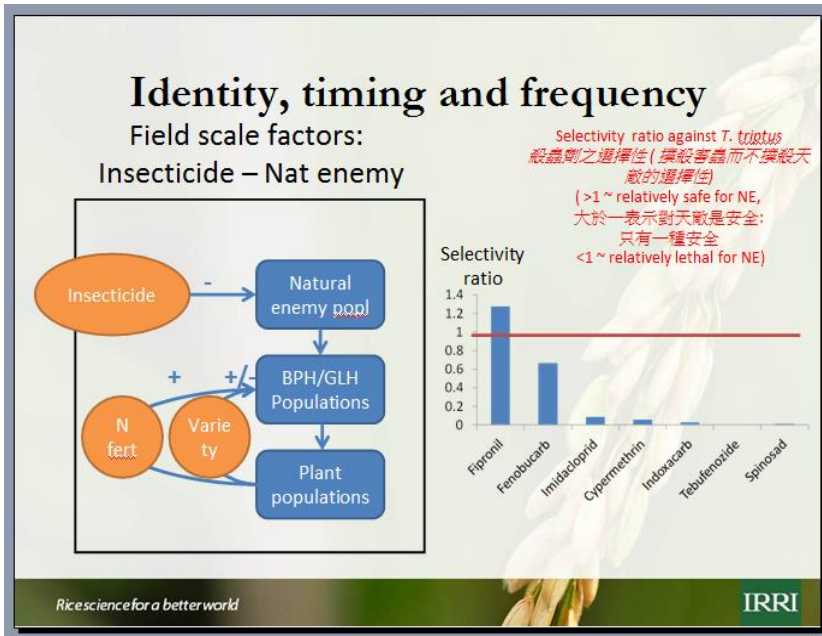
圖六、選擇評估指標生物多樣性的代理指標時，考量是為了滿足研究目的或是建立生態驗證之聯結（圖片來源：摘錄自簡報）。



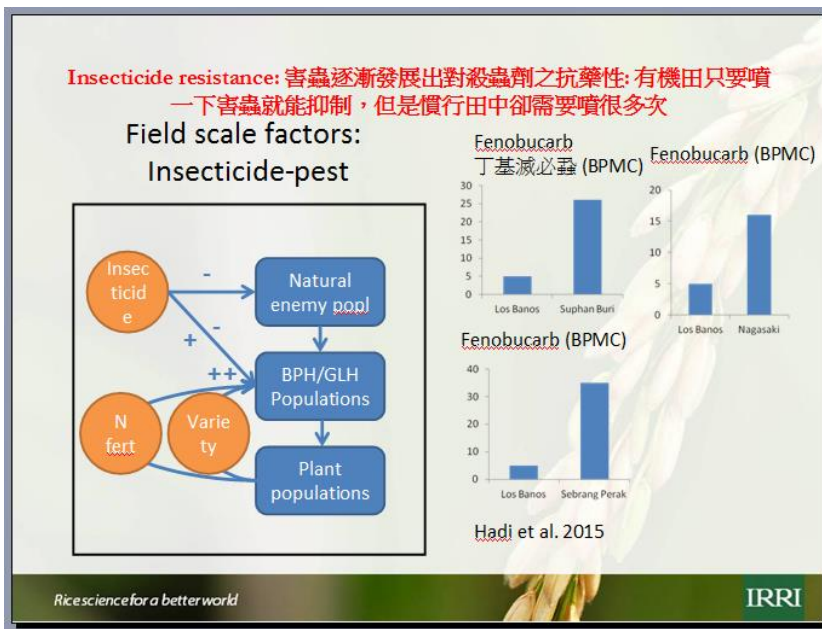
圖七、害蟲、專一性天敵與廣食性天敵在種田埂植物的處理田 (EE) 與對照組 (control) 間的表現差異 (圖片來源: 摘錄自簡報)。



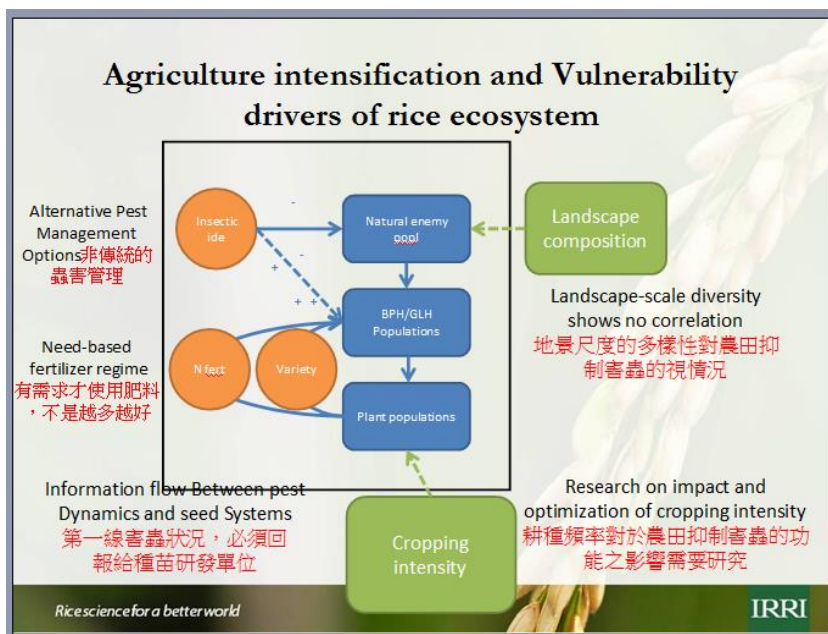
圖八、害蟲被寄生率、捕食率與產量在不同處理間的表現, EE 表種田埂植物的處理田 (圖片來源: 摘錄自簡報)。



圖九、殺蟲劑用藥種類、時機與頻度的選擇性研究結果（圖片來源：摘錄自簡報）。



圖十、以用藥頻度達到殺蟲效果來呈現殺蟲劑的抗藥性表現（圖片來源：摘錄自簡報）。



圖十一、蟲害防治的關係鏈架構（圖片來源：摘錄自簡報）。

講題：友善生態農事操作經驗分享-以苗栗通宵田鱉田為例

講者：黃于玻 總經理（觀察家生態顧問有限公司）

整理者：許宏昌（花蓮區農業改良場研究助理）

大田鱉小檔案：

學名：*Lethocerus indicus*

中文名：印田鱉蝽，印度大田鱉

臺灣最大型的水棲昆蟲，體長約 6.5~8.0 cm，水域生態系的頂級掠食者，會捕食魚、蝌蚪、青蛙、蛇，對農藥與光現敏感。每年四月~九月，會將卵產在離水的枝條上，雌蟲產卵，雄蟲護卵。*L. indicus* 是世界自然保育聯盟 (International Union for the Conservation of Nature, IUCN) 在瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約上列名的物種。2012 年，在苗栗縣通宵鎮福龍里的一處谷津田 (Yatsuda) 被發現，是近 30 年來首度被發現。

(一) 谷津田地景組成

水田的其中一種環境類型，在日本因為淺山丘陵很多，所以在谷地裡闢成水梯田種植水稻的歷史已經相當悠久，日本將這種環境稱為「谷津田」¹。谷津田週遭地景組成有森林、竹林、水塘、水路、聚落、草地等棲地類型，造就了豐富的生態系。週邊因為有人為適當的經營，而與自然形成良好的互動。大田鱉所處的谷津田也位於這樣的環境下，周遭的池塘、溝渠與次生林和其他的植被所環繞（圖一），這也是台灣淺山長期經營下來所呈現的地景樣貌。

※¹引用自觀察家生態顧問有限公司(<http://giantwaterbug.blogspot.tw/>)

(二) 田鱉米之發展歷程

「田鱉米」，以保育大田鱉的精神所生產的稻米。首度發現大田鱉的地點是在水稻田旁，灌溉池塘的蘆葦枝條上，觀察家生態顧問有限公司（以下簡稱觀察家），即積極的嘗試與附近的農戶（以下稱田鱉伯）進行洽談，希望能以友善農法的方式保留大田鱉的棲地。所幸的是，田鱉伯為了讓孫子吃到安全有健康的蔬菜，在鄰近菜園種植的蔬菜都是不使用化肥與農藥栽種的。

在 2012 年開始觀察家便與田鱉伯協商，鼓勵他以友善的農法種植

水稻並將生產的米命名為「田鱉米」，以無農藥、除草劑與化肥來管理稻田，而防治福壽螺的方式並非使用苦茶粕而是最累的人工撿拾，田間除草也是人工的方式（抄草），部份肥料來源也是自己堆肥產生的，也由於田埂都是保留土堤的情況，所以常常需要修補老鼠洞，以避免灌溉水流失。有鑒於這樣的農田經營模式下，2013年與田鱉伯契作並申請慈心綠色保育標章 (Green Conservation Label)，也招集了許多有志一同的人，成立了田鱉米穀東團以支持田鱉米的永續。因為田鱉米的友善耕作方式，同時為周遭創造了良好的棲地環境也保護了石虎的棲地，因而在2014年成為了石虎友善耕作的第001號米。2015年遂開始慈心有機驗證，更招募了農田幫手協助管理田間，2016年則增加了主要的田間管理人。

(三) 田鱉米的生態、生產與生活

田鱉米的生產基地是位於周圍棲地相對較多樣性的谷津田，為了建立更友善與更適合田鱉的棲地，除棲地的營造外，也特別注意外來種魚類與池塘周遭的逕流是否來自非農藥化肥的區域，所以友善的耕作環境不僅保育大田鱉，也同時保護了其他物種；在水域生態系的調查上發現重要的柴棺龜（二級保育類動物）與鉛色水蛇（三級保育類動物）。觀察家也進行了陸域生態的調查，以自動攝影機記錄到許多瀕危的石虎身影和其他的陸域生物，然而這些生物的棲地卻因為人為建物而成為生態的敏感區，造成棲地破碎，但是生物廊道的建立讓這些生物也可以於不同的棲地間移動也可以降低路殺的機率，也有更多重要的棲地與食物來源。另外，也發現許多面臨威脅的稀有植物。因此有善耕作的谷津田周遭連結了重要陸域生態系的食物鏈、水域生態的食物鏈與珍貴的稀有植物，為人類提供了重要的生態系服務（圖二）。

田鱉米的成功，除了保育的故事外，獲得民眾的支持也讓田鱉米有持續走下去的動力。「穀東團」將所有關心田鱉米的人凝聚起來，它讓民眾了解保育田鱉不僅是對於生物多樣性的重要，更重要的是我們吃進肚子裡的食物是從哪裡生產，如何生產，因此讓民眾實際的參與其中的生產過程，讓民眾對田鱉米產生認同感（圖三）。這樣的形式類似於PGS (Participatory Guarantee System)²，將參與者共保系統，將消費者拉進生產的場域，藉由所有利害關係人的參與，共同面對生產過程中所遭遇的栽培、病蟲害防治、生態、加工運輸以及銷售等議題，確保整個農

業生產的過程是在具備所有參與者認同的共識下達成，所有人負責，產生信任。

保護田鰲所帶來的周邊效益除了讓民眾吃到更健康的食物又能了解生物多樣性對於我們的重要性，間接的也感恩大地對於提供生活上的富足，周遭所提供的素材可供給我們生活上的利用，維護自然環境可享受田野帶來自然的芬芳，這也顯示當我們有善大地，自然就會有所回饋，而生態系所提供的服務包含了精神與物質層面，田鰲米只是其中的一段小故事。

※² 引用自有機農業全球資訊網

(<http://info.organic.org.tw/supergood/front/bin/home.phtml>)

(四) 後記：

田鰲米讓農夫覺得它得到很多人的關懷以及身為農夫的尊嚴，所以很多事情不僅只是考量經濟層面，還有社會與環境等面向。我們也不是帶著指導的心情，而是找夥伴的概念，田裡也不是只有生態，更多的是笑聲與笑容，這是讓我們繼續往前走的重要一步。



圖一、田鰲米之谷津田周遭地景組成圖。周遭地景包含次生林、竹林、菜園、溝渠、灌溉池塘、棄耕地與人類聚落，這是人類在有限的利用下長期經營的結果（圖片來源：摘錄自簡報）。

講題：Study in Biodiversity between Conventional and Organic Paddy and Beneficial Insect Habitat Manipulation.

講者：林立 助理研究員（花蓮區農業改良場）

整理者：蔡思聖、翁崧夏（花蓮區農業改良場研究助理）

來自於花蓮區農業改良場的植物保護研究室，以研究綠籬作物、植物病蟲害防治見長的林立。整理花改場近年來所作有關生態農業試驗研究的進展，為大家作一綜覽性介紹，並引導學員進入本日工作坊的討論議題。

有機與慣行水稻田的生物多樣性研究

近年來花東地區可以明顯看到有機與慣行田在景觀上的差異，一般慣行田區週遭田埂棲地因經常噴施除草劑的緣故，導致多數天然植被缺乏，甚至影響農田有益生物（圖一、圖二）。花改場自 2012 年起開始，由現任范場長領導稻田指標物種先驅研究，旨在找出可以反映農法對於生物多樣性的影響，試驗範圍涵蓋以米質聞名的富里鄉稻田生產區（圖三），並遍及東里、竹田、羅山、石牌學田、豐南等村落，並設有有機與慣行處理之田區處理。這些普查結果，讓我們透過一些多變量統計分析工具，篩選出對於慣行農法敏感、屬於天敵的擬寄生蜂與長腳蛛類、橙瓢蟲（圖四）。我們也發現長腳蛛類與橙瓢蟲可以反映群集動態的改變（請參閱延伸閱讀 1）。但也在這過程中，我們發現某些村落慣行田區的生物多樣性不比有機田少，甚至還更多（圖五），那究竟為什麼會有這樣的差異呢？

地景組成與物種互動間的聯結

本研究開始注意到週邊地景元素的組成亦扮演重要的決定性角色，並有些許探討（請參閱延伸閱讀 2）。在今年生態農業技術發展及農業環境措施之試驗研究計畫中，我們將繼續想探討不同農業操作在淺山、平地、里海相伴的農業地景中，生物多樣性組成會如何改變，也是我們參訪時大家已看過的地點。此處，將特別分享在害蟲與指標物種間的互動關係，實驗樣區分別設置在長良（平地）、苓雅（淺山），並各設有有機與慣行處理的重覆田區。透過穿越線掃網、黃色粘板調查田內的無脊椎動物（圖六），本研究針對二化螟、飛蝨類、葉蟬類、蜘蛛類捕

食者和橙瓢蟲的族群動態進行時間軸的追蹤分析。目前研究結果發現在淺山地區的稻田中，捕食飛蟲的橙瓢蟲（包含幼體）數量上升會伴隨在飛蟲數量上升之後，但在平地稻田部分，橙瓢蟲的動態並未與飛蟲類害蟲有時間上的關聯性（圖七）。此結果結合兩樣區田埂上的雜草多樣性（圖八）進行探討，物種數方面顯示，由於周遭環境、除草方式與頻度的差異，苓雅比長良有較多的雜草物種數（圖九），本研究推測雜草被認為可作為許多天敵物種的遮蔽所，當稻田內部有所擾動時，苓雅地區的橙瓢蟲受到的衝擊較有緩衝的空間。

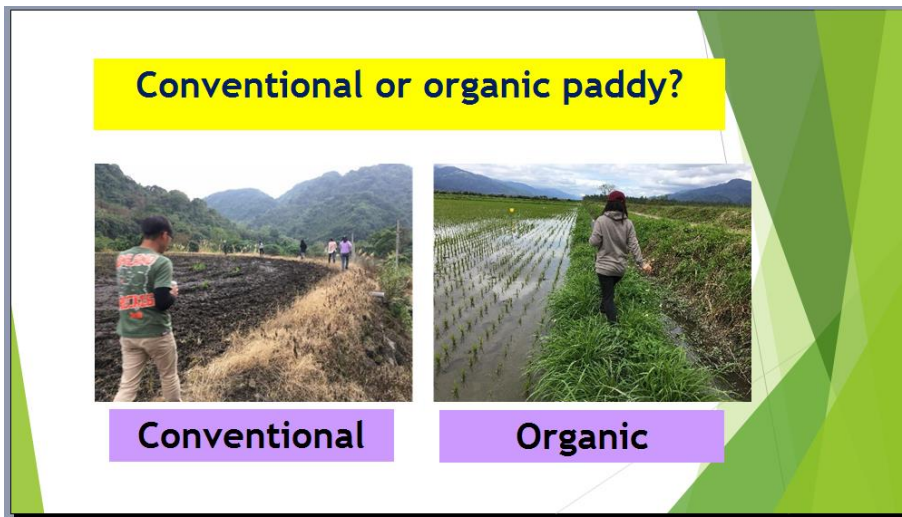
沿海新社村與花東縱谷苓雅聚落之稻田無脊椎動物群集結構進行比較

地景內生物多樣性的評估，可透過三種不同的標準，有鎖定在地景內特定棲地類型的 α 多樣性，或評估不同棲地類型隨特定梯度排列所產生變化程度的 β 多樣性，亦或針對一可特定被區辨地景內普查各類型棲地所得之 γ 多樣性，海岸山脈北起花蓮溪口，南至卑南溪口、最高處為新港山僅 1682 公尺。除了豐富的生物多樣性資源，其為許多不同原民族群聚落落腳處並以農耕活動為主要生計。雖然東部稻田的棲境相對單純，無脊椎動物相卻仍具有極高的物種多樣性。本研究透過探討稻叢地上部與水域無脊椎動物的生物監測，並呈現兩個不同的農業地景類型稻田棲地的 α 多樣性，採樣樣區分別在群山環繞的苓雅聚落，一個典型的里山地景。以及沿岸近海淺灘處因缺乏大型溪流出口而具有珍貴珊瑚資源，且當民居民以里海方式維持地貌的新社村。稻叢地上部無脊椎動物則在每塊樣區於分蘗盛期後進行固定努力度的採樣；水域的無脊椎動物則於插秧後、分蘗盛期、抽穗期，三個滿水時間點以 D 形網同樣進行定量取樣（圖十）。並各自具有重複樣田。結果發現，物種數部分，農法間並無差異，稻叢與水域無脊椎動物相在兩地間有不同的組成表現（註：透過多變量分析方法檢測群集相似性）。稻叢地上部與水域表現出不同的反應。里海新社稻田的平均物種數較里山苓雅稻田多（圖十一），但水域部分則相反以苓雅稻田有較高的平均物種數（圖十二）。一些研究顯示，物種數在小尺度稻田有時並未能反映真實的環境衝擊，且物種的質比量更有意義。因此研究人員又透過功能群的認定與區分，發現了新社的農田稻叢具有較多的清除者豐度與相對豐量，水域則有較多比例的採食者（註：以微小有機顆粒為食的無脊椎動物）。後續將嘗試

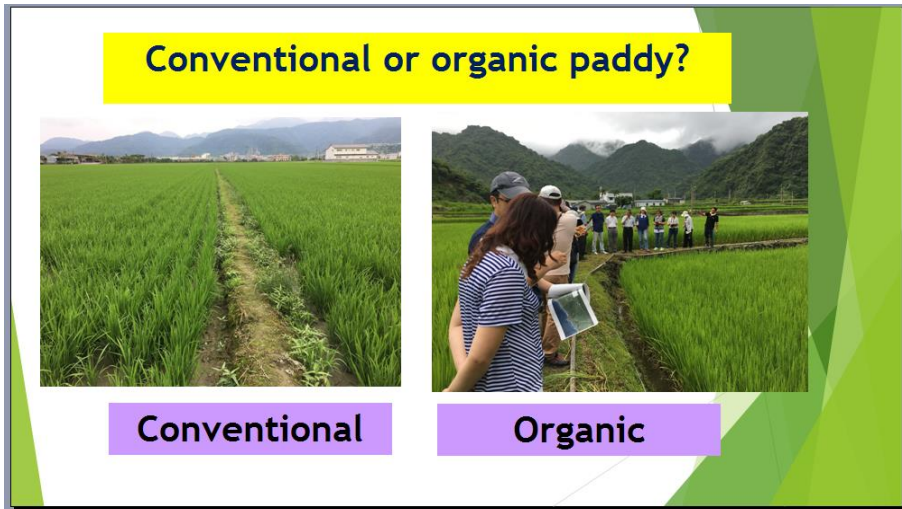
探討物種組成變異的解釋因子。本研究已發現新社與德武具有顯著不同的生物組成，但影響生物多樣性變化的成因多元、包含人為農業操作（施肥、灌排水、農化用藥、稻作品種、間作、輪作）、週邊地景（自然度高低、地景組成之歧異性）、氣候（氣候條件影響微棲地因子）、物種源（從其他棲地拓植之難易度）、擾動頻度等。物種數多寡不宜直接推論為環境品質之優劣，未來可進一步檢視特定功能群與相關環境因子之間的關聯性及後續應用。

延伸閱讀：

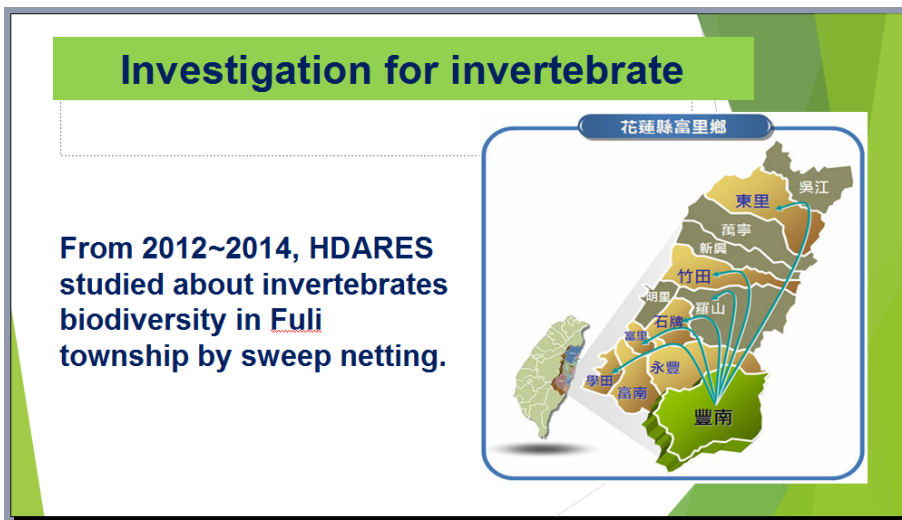
1. Shanker, C., M. Mohan, M. Sampathkumar, Ch. Lydia and G. Katti. 2013. Functional significance of *Micraspis discolor* (F.) (Coccinellidae: Coleoptera) in rice ecosystem. J. Appl. Entomol. 137(8): 601-609.
2. 范美玲、蔡思聖、林泰佑、倪宇亭、黃鵬、李光中（2013）不同農業操作對台灣東部水稻田無脊椎動物多樣性之影響。花蓮區農業改良場研究彙報，31:53-64。
3. 范美玲、黃佳興、許宏昌、蔡思聖、譚智宏、李光中（2016）耕作措施、灌排水管理與棲地異質性對台灣東部水稻田農業生物多樣性之影響。台灣水利(EI)，61(1): 90-104。



圖一、慣行田（施用除草劑）與有機田棲地現況比較圖（圖片來源：摘錄自簡報）。

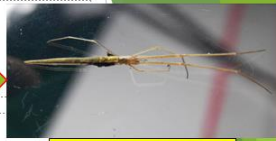


圖二、慣行田與有機田皆保有田埂雜草後的棲地現況圖（圖片來源：摘錄自簡報）。



圖三、長期調查稻田生物相，並在空間上選取不同樣點（圖片來源：摘錄自簡報）。

Function group	農法	Organic	Conventional	Contribution %
	標本平均相似性	23.88	24.82	
Species				
Parasitic	稻苞蟲羽化姬小蜂	24.3	22.6	1.44
	稻苞蟲羽化姬小蜂	14.3	7.9	1.22
Predator	卵形鬼蛛	17.5	14.0	1.39
	Long-jawed spider	14.3	4.3	1.15
	Orange ladybug	78.8	34.5	2.44
Pest	雙水龜	26.4	14.9	1.72
	稻油蟻	123.4	80.4	3.73
	食稻蟻	199.0	8.1	2.54
	潛蝨	10.5	10.6	1.17
	水稻潛葉蟥	12.2	6.9	1.20
	稻心蝨	32.3	6.6	1.24
	白翅葉蟬	81.3	44.8	2.43
	褐飛蝨	80.2	61.0	2.37
	白背飛蝨	196.6	194.4	4.44
	黑條黑尾葉蟬	32.0	16.8	1.94
	台灣黑尾葉蟬	19.4	13.4	1.57
	稻刺馬	467.0	350.0	7.26
	直毛刺馬屬A	35.2	28.3	1.79
	Graminivores	芋盲蝽B	25.3	8.4
Pollinator	蜂蟻	27.0	22.8	1.88
Neutral Species	捲蚊屬A	44.8	41.1	1.92
	捲蚊屬B	39.9	10.6	1.06
	隱捲蚊屬A	75.5	82.6	3.18
	池畔捲蚊	442.0	433.0	7.40
	小刺捲蚊屬	44.2	22.5	1.79
液蝨	11.7	7.8	1.06	
加蚊屬	6.4	7.9	1.03	



Long-jawed spider



Orange ladybug

圖四、多變量分析工具協助從眾多物種中選取對於農法敏感的物種（圖片來源：摘錄自簡報）。

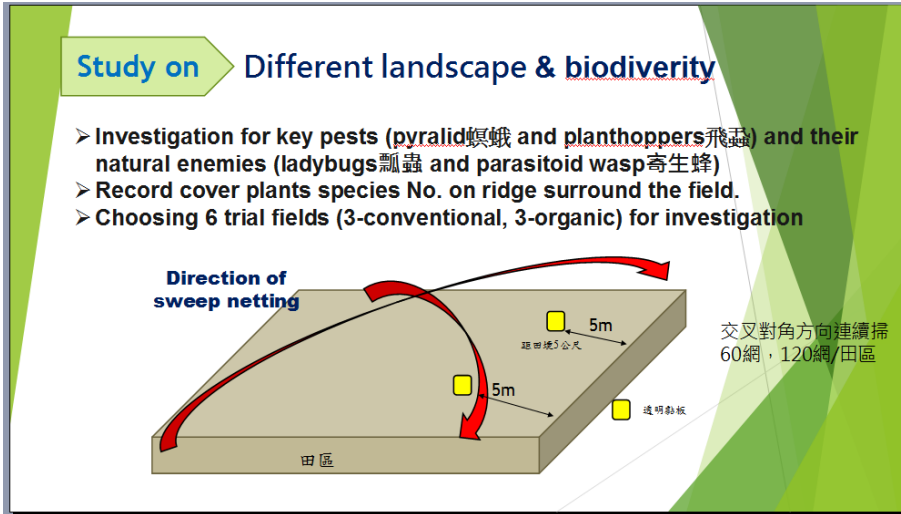
Farmland Environment

村別	A village		B village	
	Organic	Conv.	Organic	Conv.
Chemical sprayed	0	5	0	5
Species No.	152	119	114	101
個體數	39000	25797	11474	3994

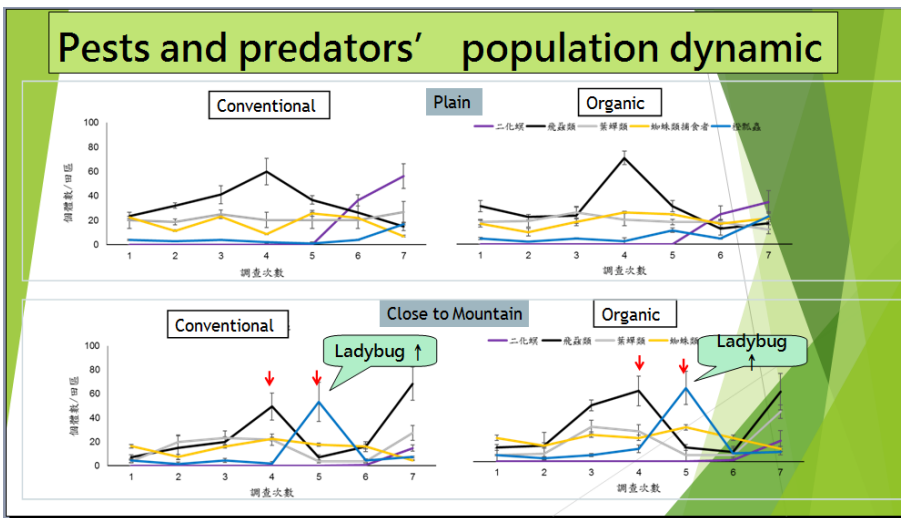
A Village

B Village

圖五、慣行田調查到的物種數比不同村落的有機田還多（圖片來源：摘錄自簡報）。



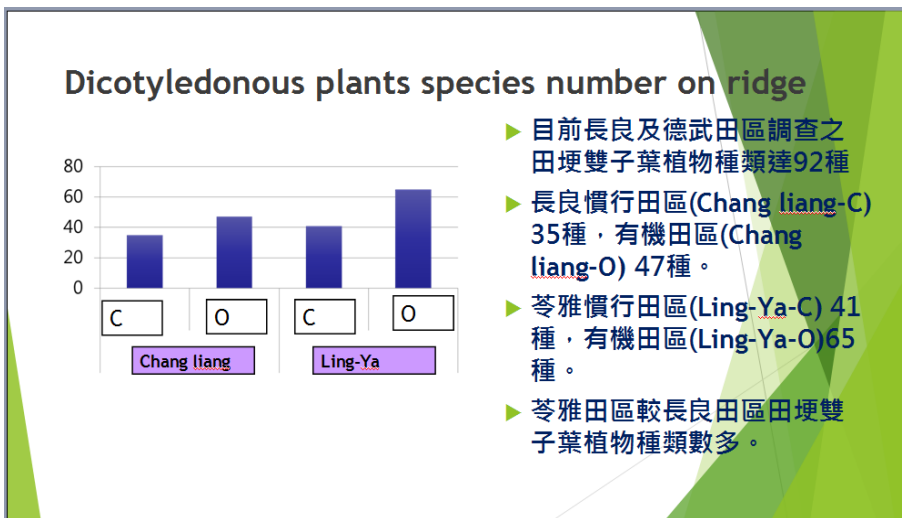
圖六、與稻田中進行穿越線掃網調查、並監測特定天敵與害蟲動態 (圖片來源：摘錄自簡報)。



圖七、特定天敵與害蟲時間動態 (圖片來源：摘錄自簡報)。



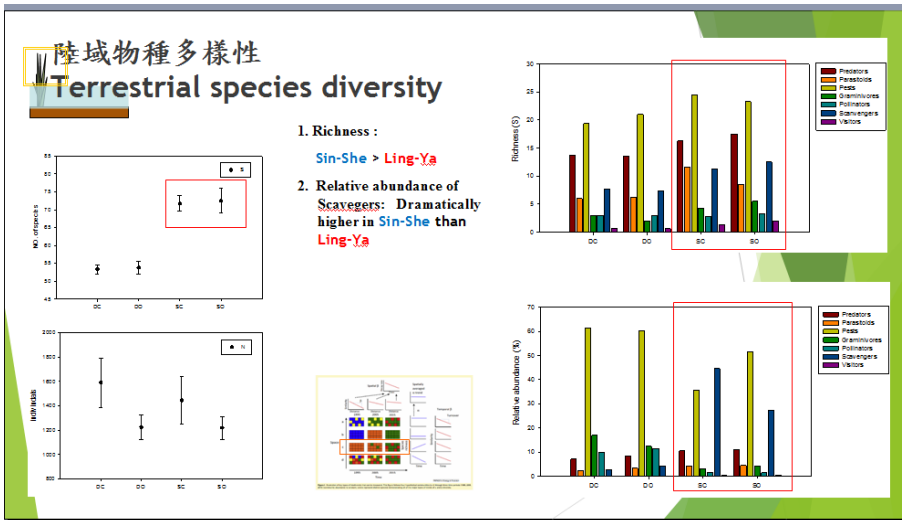
圖八、田埂上的野花具有提供天敵遮蔽所的功效（圖片來源：摘錄自簡報）。



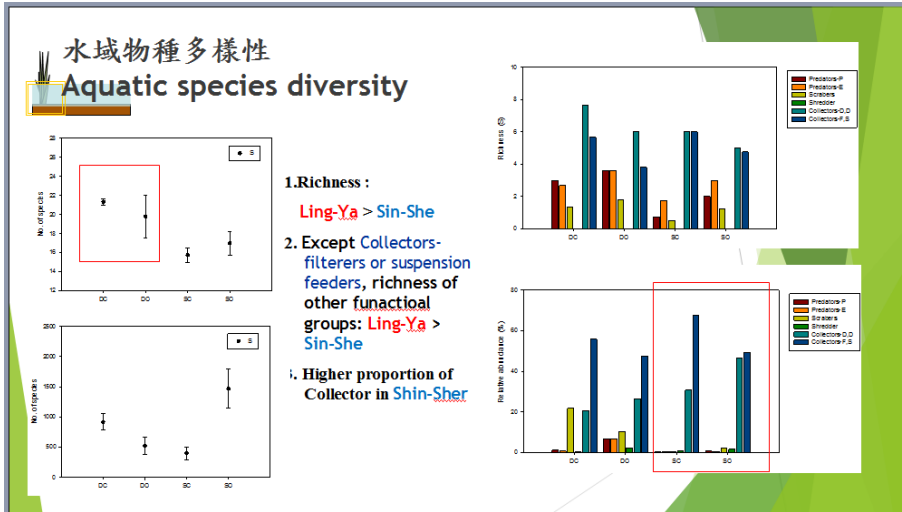
圖九、不同樣區與農法所調查到的雜草物種數（圖片來源：摘錄自簡報）。



圖十、探討海岸山脈兩側稻田無脊椎動物組成（圖片來源：摘錄自簡報）。



圖十一、海岸山脈兩側稻田稻叢無脊椎動物組成之初步分析結果（圖片來源：摘錄自簡報）。



圖十二、海岸山脈兩側稻田水域無脊椎動物組成之初步分析結果（圖片來源：摘錄自簡報）。