

彰化縣福興鄉 牧草地昆蟲資源調查

林宗岐^{1,2}、施彥仲¹



摘要

彰化縣福興鄉近年因酪農業發達，牧草需求逐年增加，因此附近地區的廢耕農地開始出租酪農或農會轉作牧草，因牧草多採粗放管理且未使用農藥，鑲嵌於慣行田區之間，有機會提供鄰近農田多樣的生態功能。在 2020 年 6 月到 2020 年 10 月於 5 個牧草地調查樣區進行 4 次調查，調查樣區內將再設置 3 個調查樣點。對於牧草調查樣區中土棲落葉層與作物層 5 種牧草地標準化昆蟲調查方法，分為地面掉落式陷阱法、落葉袋採集法、馬氏網誘集法、掃網法及黃色黏紙法。調查結果定量採集中記錄到有 6 綱、17 目、106 科，共 14,645 隻無脊椎動物個體，其中昆蟲綱 (Insecta) 共採獲 13,983 隻個體，隸屬於 11 目、96 科，以雙翅目 (Diptera) 為最多的科級佔 27.8%，其次為膜翅目 (Hymenoptera) (20.6%) 再來是鞘翅目 (Coleoptera) (19.7%)。其中個體數量 (individuals) 最多的是中性物種的雙翅目搖蚊科 (Chironomidae)，其次是中性物種的膜翅目蟻科 (Formicidae)，再來是刺吸式草食者半翅目葉蟬科 (Cicadellidae)。調查結果也發現作物層的物種占總物種數 84.6%，而土棲地物種數佔 47.9%，表示福興牧草地昆蟲組成結構上物種多以作物層為主，土棲落葉層昆蟲較少。各季節福興鄉牧草地昆蟲相之生物多樣性變動現象，科級的數量 6 月 (晚春 / 一期稻作收穫) 最多，而 8 月 (夏 / 二期稻作插秧) 則最少；但個體數上則呈現相反的現象 8 月最多，而 6 月 (晚春 / 一期稻作收穫) 最少。而昆蟲個體數和雨量之間可以發現高度相關，其他環境因子濕度與溫度都與種類、數量較無關聯性。生態功能

1 國立彰化師範大學生物學系

2 國立彰化師範大學環境教育中心

群結果顯示亦較豐富的中性物種與數量，植食者中數量最多的是禾本科刺吸者，也比較明顯有聚集性發生現象，且在稻作收穫的時期 6 月（晚春）在牧草地中禾本科刺吸者會明顯增加，禾本科咀嚼者則在 9 月（秋 / 二期稻作生長）時期數量與比例均最高。此外，代表害蟲天敵的掠食者與擬寄生者則 4 個季節的數量數較為一致。

關鍵字：牧草地 (Grassland)、昆蟲相 (Insect fauna)、生物多樣性 (Biodiversity)、生態功能群 (Ecological functional group)。

前言

彰化縣福興鄉近年因酪農業發達，牧草需求逐年增加，因此附近地區的廢耕農地開始出租酪農或農會轉作牧草。目前農糧署已將福興鄉農會列為友善環境耕作推廣團體，其管理的牧草地為友善環境耕作田區。因牧草多採粗放管理且未使用農藥，且鑲嵌於慣行田區之間，有機會提供鄰近農田多樣的生態功能。許多文獻亦提及牧草區可提供鄰近農耕地不同的昆蟲功能群，同時也提供農耕地中各種天敵等功能群的暫時棲所。本研究將對於彰化縣福興鄉牧草地的昆蟲資源調查，釐清鑲嵌在稻田中牧草地的昆蟲功能群結構變化，其分析慣行田區昆蟲相間的關聯。鑲嵌牧草地若能為周遭稻田農耕地涵養更多昆蟲功能群，並提供多樣的生態功能，不但可滿足酪農業需求，也可裨益周遭農耕地，證實國土綠網對農業生產與生態的效益。

水稻農地轉型牧草地

水稻是臺灣最重要的糧食作物，不僅種植面積廣，產值高，而且與政治及經濟發展有密切的關聯。傳統的稻田會維持一個多元、半水生且輪替式的地貌環境，提供各種不同生物棲地，然而現今因為都市化、農藥的毒性、灌溉系統水泥化，等等衝擊原有農田裡的生物（范美玲，2013）。過去十年政府推動有機農業，有機農業往往有較高的生物多樣性，但還是無法恢復到之前原有的生態環境狀況，因此多樣化地耕作增加農業環境棲地的多樣化成為多元思考的方向之一。因應近幾年臺灣酪農

業發展，牧草需求逐年增加，原本單一化的水稻農業環境藉由廢耕農地的轉作牧草地，除活化農業耕地的利用的產效益，也因牧草多採粗放管理且未使用農藥，且鑲嵌於慣行水稻田區之間，能提供鄰近農田多樣的生態功能。牧草地是人為控制下的草生農業環境，根據生態學上的定義下，廣義的草原優勢的植被成分是由草本種類組成者，其指的草本植物泛指禾草 (grasses)、類禾草 (graminoids)、闊葉草 (herbs) 及矮小灌木 (dwarf shrub)。近期政府推動「調整耕作制度活化農地計畫」，將原有的稻田轉換為類為狼尾草、盤固草、青割玉米、尼羅草、百慕達草、芻料用高粱、蘇丹草、苜蓿、燕麥作物等可作為酪農業用途供芻料用之作物，這樣能使原有的生物多樣性大大的提高一舉數得。目前於彰化縣福興鄉大量酪農產業蓬勃發展，應該更加重視的是牧草地能帶給農田以及周圍環境更多的生物多樣性。

昆蟲做為環境指標

生物指標 (Bioindicator) 是指發展了解生物多樣性的方法，利用有潛力的 " 替代種 " 或是 " 目標種 "，檢驗它們的生存力，來提供評估物種多樣性的一個替代指標 (Andersen, 1995)。在生態研究中，以生物指標來評估生態系中的干擾 (disturbance) 及棲地 (habitat) 差異性之相互關係，是了解該環境生物多樣性的重要途徑。無脊椎動物尤其是昆蟲因物種多樣性高、個體數量多、對環境擾動的反應快速、容易被採集以及在生態系功能上扮演重要角色等特性優於植物和脊椎動物 (Greenslade *et al.*, 1984; Rosenberg *et al.*, 1986)。在水域環境監測上的應用已歷史悠久，但在陸域生態系卻受限於各生態區系間界線不明確和缺乏全世界廣布性的物種作為監測依據而發展緩慢 (Wike *et al.* 2005)。另外無脊椎動物和植物的分布情形，可反應土壤溼度和酸度 (Kevan, 1999; Majer *et al.*, 2004; Koivula, 2011)，大西洋熱帶環境研究可以利用蝴蝶來當環境指標，來了解干擾、季節、溫度、植被、土壤和景觀變動等 (Brown Jr and Freitas, 2000)。螞蟻在各種環境中都有明顯的豐富度與多樣性差異 (Agosti *et al.*, 1994)，對環境反應快速，以及許多的種類具有特定專一性的需求，因此可作為棲地改變或棲地恢復演替的生物指標 (Agosti *et al.*, 2000)。維持生物多樣性的目的是為了永續發展，在許多研究也發現於農田周圍有綠地或者植綠籬技術可

以提供有益生物棲息的場所，這些益蟲包含了農作物害蟲捕食性以及寄生性的天敵，以及受粉昆蟲。例如馬利筋和金露花吸引到瓢蟲和蜘蛛，並且對於四季都葉蟬有良好的生物防治（林和楊，2012）。

昆蟲生態功能群

環境指標通常是以物種豐富度、豐富度以及相似度指數作為依據，但物物種多樣性有時無法明顯了解到一個環境中的變動，所以必須要功能群來歸類。昆蟲是目前地球上種類數量最多的動物，已發現 80 萬種。由於昆蟲在生態中扮演很重要的角色，無論是大自然中扮演分解者、消費者。過去研究大多集中於單一或少數物種的時間或空間分布研究。然而生態系多樣性研究中，生物多樣性組成也是非常重要。生態功能群 (Ecological functional group) 是指某些物種均具有一些類似的生態過程，或者在生態中扮演類似的角色，因此使用與植物對環境的三種生態反應生存策略 (CRS, Competition- Stress-tolerant- Ruderal)，將植物對環境生態反應分為的三類生態功能類群，逆壓 (Stress) 反應是微氣候等變動是否能忍受；擾動 (Disturbance) 反應造成棲地結構和微氣候改變；競爭 (Competition) 是物種間的競爭關係，而將植物分為雜生者 (Ruderal)、競爭者 (Competitive) 以及耐逆壓 (Stress-tolerant) 三類生態功能群，進而探討三種類群在環境中對於資源與控制方式，以及植物群聚中各類群的組成比例 (Hooper *et al.*, 2002；Andersen 1995)。許多陸域無脊椎動物包括蜘蛛、跳蟲、白蟻、螞蟥、甲蟲和蝴蝶都有潛力成為指標生物，然而有效性的指標生物是可以透過群聚組成提供預測性資訊，且具有辨別環境改變是人為干擾的影響還是棲地內在變化的能力。環境生態功能群的應用在國內昆蟲群聚研究已經非常普遍，例如溪流間的水生動物將以進食方式與食物來源作為區，分成四種功能群，碎食者、刮食者、採食者、捕食者等四種（朱本勛，2013）。稻田棲地環境中的昆蟲功能群多以其行為作為劃分依據，物種依照功能群區分為植物性稻害者（主要以禾本科為食並危害稻株，Pests）、授粉者（訪花並為植物受粉，Pollinators）、雜草食者（以非禾本科之其他雜草，如茄冬科、柳葉科，Graminivores），天敵物種的掠食者（以捕食其他小型無脊椎動物為主，Predators）、擬寄生者（將卵產與寄宿體中，誘蟲於宿主體

內發育造成宿主死亡，Parasitoids)、中性物種(多為以有機碎屑為食的清除者，部分亦會攝食單細胞藻類，Neutral species)，分成以上六種功能群(范美玲，2016)。

材料方法

調查樣區將設置於彰化縣福興鄉內由廢耕農地轉作的牧草地，種植牧草為禾本科(Poaceae)、馬唐屬(*Digitaria*)的盤固草(*Digitaria decumbens*)，共計五個牧草地昆蟲資源調查樣區，牧草地樣區大小約為兩分地，其中兩個樣區地點位於福興鄉秀安段(西福興)(D, E)及三個位於新生段(東福興)(A, B, C)(圖一)。調查於2020年6月到2020年10月於五個牧草地調查樣區進行四次採樣，分別為6月(晚春/一期稻作收穫)、8月(夏/二期稻作插秧)、9月(秋/二期稻作生長)、10月(秋末/二期稻作抽穗)，調查樣區內將再設置3個調查樣點，各調查樣區與每個調查樣點均以GPS定位。



圖一、彰化縣福興鄉牧草地昆蟲資源調查樣區圖。左圖為兩個樣區地點位於福興鄉秀安段(西福興)(D, E)及三個位於新生段(東福興)(A, B, C)，右圖為福興鄉牧草地 E 樣區現地。

調查方法

每個調查樣點中進行土棲落葉層與作物層兩大類五種牧草地標準化昆蟲調查方法，土棲落葉層將設置地面掉落式陷阱法 (Pitfall trap) 與落葉袋採集法 (Winkler bag)；作物層標準化昆蟲調查方法將設置馬氏網誘集法 (Malaise trap)、掃網法 (sweeping net) 與黃色黏紙法 (yellow sticky papers)。

地面掉落式陷阱法：調查樣點中將以邊長 20 cm 之正方形範圍的 4 個角邊，各設置 1 個 50 ml 的塑膠離心管 (O 2.8 * 11.3 cm) 埋設在土中管口與地表平齊，塑膠離心管內裝 30ml 75% 酒精 50 ml。每個調查樣點設置一組地面掉落式陷阱，每次連續開啟 3 天。

落葉袋採集法 (圖二)：生活於土壤中，體型較小、較隱密的昆蟲種類之特殊採集方法，每個調查樣點的土壤層堆積物會以測量尺量測先行枯枝落葉層的厚度，再以手鏟挖取落葉層土壤取樣，倒入容器中計算土壤體積 (一公升土樣)，每次取樣以夾鏈袋攜回土樣，並將此採集土樣先利用篩網袋將大型枯枝落葉過篩，形成較細碎的枯枝殘骸碎片，在放入內袋 (mesh sack) 內，將內袋則掛入落葉袋 (Winkler bag) 主體並將上方的口封好吊掛，落葉袋底部開口處裝含 75% 酒精之收集瓶。每個調查樣點收取 1 公升土樣，落葉袋 (Winkler bag) 吊掛 7 天。

馬氏網誘集法 (圖三)：採用新型馬氏網 (BT1002)，架設時依據植被生長方向、預估風向及推測昆蟲飛行方向選擇適當位置，每一個牧草地昆蟲相調查樣點將設定一個馬氏網，以 75% 酒精收集樣本，每次連續調查 3 天。

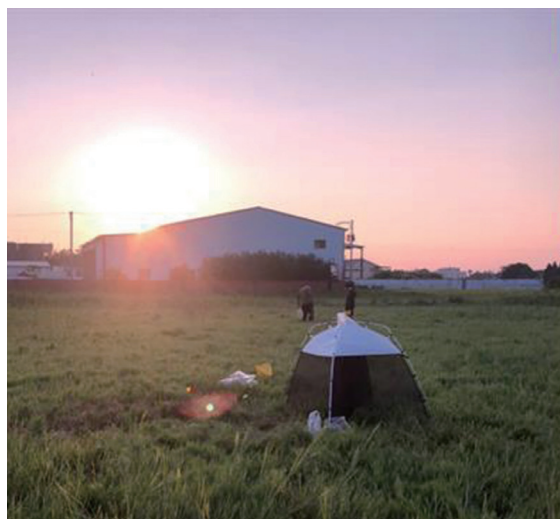
掃網法：每個調查樣點設置一條 50 公尺穿越線調查，共掃 30 次作為位，於穿越線段兩端內以八字形掃法於作物層 (牧草) 揮網採集昆蟲，掃網框直徑為 50cm，網袋深 120cm，掃網桿長 90cm。每季取樣 1 次。

黃色黏紙法 (圖四)：每個調查樣點設置 3 個張黃色黏紙，每次連續調查 3 天。



圖二、標準化調查落葉袋 (Winkler bag)。

(A) 落葉袋外觀；(B) 落葉袋內袋 (4 個) 排列；(C) 落葉袋內袋吊掛圖。



圖三、新型馬氏網 (BT1002)。



圖四、黃色黏紙法。

昆蟲相群聚結構與功能群分析

牧草地棲地環境中的昆蟲種類經分類鑑定至科的層級，並以功能群將會以行為生態作為劃分依據，牧草地棲地昆蟲依照生態功能群區分為植食者（以植物為食可再分為咀嚼式取食者與刺吸式取食者，herbivores）、授粉者（訪花並為植物受粉，Pollinators）、天敵物種的捕食者（以捕食其他小型無脊椎動物為主，Predators）、擬寄生者（將卵產於宿主體中，幼蟲於宿主體內發育造成宿主死亡，Parasitoids）、中性物種（多為以有機碎屑為食的清除者，Neutral species）等以上七類生態功能群，分別計算不同調查樣區與不同計季節間昆蟲功能群群聚結構的差異。依據調查及鑑定結果將採得昆蟲類群進行種類與功能群分類，於每季分析牧草地的昆蟲相的組成，並進行昆蟲群聚結構與生態功能群集結構分析（一）群集生物多樣性指數（Shannon Index、Simpson's Index、Pielous's Evenness Index）分析比較不同調查樣區與不同計季節間昆蟲生物多樣性差異；（二）群集間的相似性將以群聚分析（Cluster analysis）比較不同調查樣區昆蟲群聚結構上相似性，並透過列聯表卡方分析（Contingency table statistics）以分析各季的昆蟲生態功能群變動情形及分析牧草地的昆蟲功能群組成，以瞭解牧草地可提供之生態功能。

結果與討論

（一）牧草地昆蟲相結構

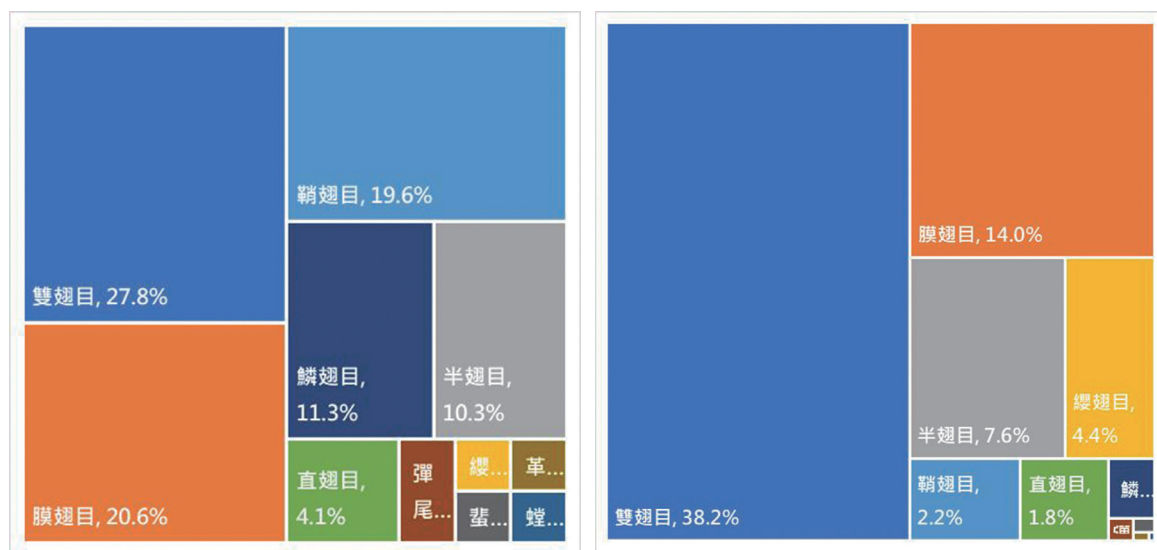
彰化縣福興鄉牧草地調查結果顯示定量採集中紀錄到有 6 綱、17 目、106 科，共 14,645 隻無脊椎動物個體（包括昆蟲綱、蛛形綱、甲殼綱、多足綱及腹足綱），其中數量上昆蟲綱（Insecta）最多佔總數量 95.5%，其次是蛛形綱（Arachnida）397 隻個體。昆蟲綱（Insecta）共採獲 13,983 隻個體隸屬於 11 目、96 科，其中以雙翅目（Diptera）有調查到 17 科最多佔 27.8%，其次為膜翅目（Hymenoptera）20 科佔 20.6%，再者是鞘翅目（Coleoptera）有 19 科佔 19.7%（圖五）；個體數量（individuals）上仍以雙翅目最多佔總數量的 38.2%，其中又以雙翅目搖蚊科（Chironomidae）佔多數，膜翅目（Hymenoptera）個體數量居次佔 14% 其中以蟻科（Formicidae）為膜翅目主要的類群，之後則是半翅目（Hemiptera）個體數量 7.6%，半翅目葉蟬科

(Cicadellidae) 則是主要的科。以昆蟲綱科級分析福興鄉牧草地昆蟲相組成結構分析，在各目中科的數目 (family richness) 與個體豐度 (abundance) 呈現明顯結構上不對稱的差異性 ($p < 0.001$, $\chi^2 = 286.3$)，顯示有部分昆蟲目中科級的物種在數量上呈現非常態性的增加所造成，其中以雙翅目搖蚊科、膜翅目蟻科及半翅目葉蟬科是在此不對稱群聚結構現象中具較大的貢獻度。

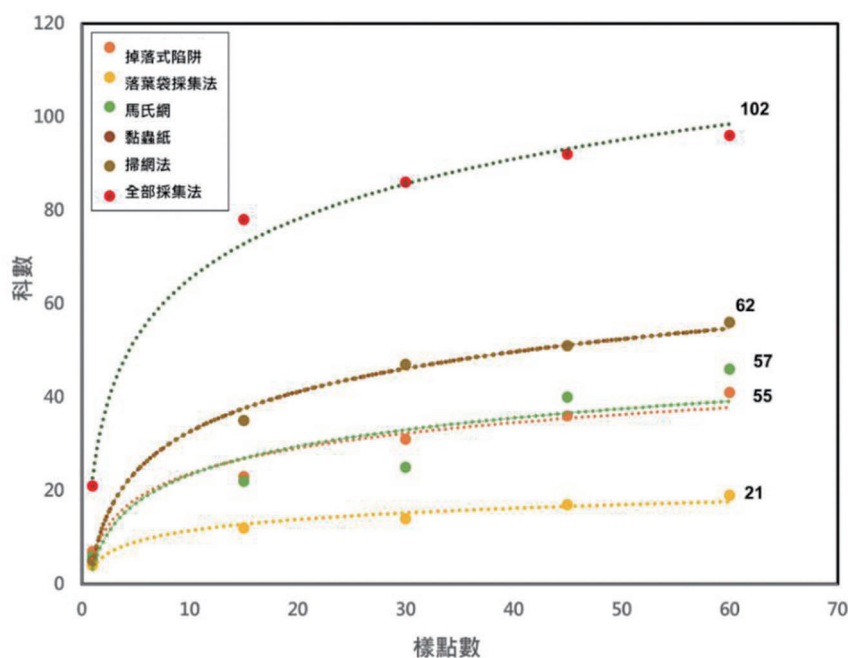
(二) 牧草地調查方式比較

利用累積曲線可以發現隨著採集次數提高所採集到科級總數也接近平緩的趨勢 (圖六)，計算並繪製出 first-order jackknife 物種估計曲線和 chao presence/absence 物種估計曲線，分別估計福興牧草地昆蟲科級數目約為 102 科，於四次的所有樣採集能採集到福興牧草地昆蟲總計科級數目是 96 科已經非常接近預估值 102 科，利用馬氏網、掉落氏陷阱、落葉帶採集法、黏蟲板、掃網等採樣方法僅能採到特定昆蟲的類群，無法以單一採集方法採集到福興鄉牧草地地區的大部分物種，必須結合其他採集方式才能採集檢視較完整的昆蟲組成結構。

福興牧草地採集方法中以落葉袋採獲科數 (19) 與個體數 (341) 是最低，掃網則有較高的科數 (56)，但黃色黏紙則採獲較多的個體數 (8183) (表一)。將採集方式分



圖五、彰化縣福興鄉牧草地昆蟲各目調查結果。(左) 昆蟲綱各目所佔科級數的比例，(右) 昆蟲綱各目的個體數量。



圖六、彰化縣福興鄉牧草地昆蟲調查科級採樣累積曲線。

表一、2020 年 6 月至 10 月福興牧草地採集方式比較

調查方法	土棲落葉層		作物層			總計
	掉落式陷阱	落葉袋	馬氏網	掃網	黃色黏紙	
個體數	1339	341	2085	2035	8183	13983
科數	41	19	50	56	54	96
科數占比	42.7%	19%	52%	58.3%	56%	
科數	46		81			
科數占比	47.9%		84.3%			

為土棲落葉層（掉落式陷阱法與落葉袋採集法）與作物層（馬氏網、掃網法及黃色黏紙法）兩大類去做分析時，會發現作物層的物種占總物種數 84.6%，而土棲地物種數佔 47.9%，表示福興牧草地昆蟲組成結構上物種多以作物層為主，可能原因為福興牧草地為由廢耕農地轉作牧草地的環境，土棲落葉層有基層的堆積量偏低而使棲息於此的昆蟲較少。

(二) 牧草地季節比較

福興鄉牧草地採樣時間於 2020 年 6 月到 2020 年 10 月間，但因 2020 年（庚子鼠年）閏四月，若再搭配調查地區福興鄉牧草地附近稻作的時程，中部地區稻作的一期作插秧 2 月底 3 月初、抽穗 5 月下旬、收穫 6 月下旬。二期作插秧 7 月底、抽穗 10 月初、收穫 11 月中旬。採樣四次時期大致分別為 6 月（晚春 / 一期稻作收穫）、8 月（夏 / 二期稻作插秧）、9 月（秋 / 二期稻作生長）、10 月（秋末 / 二期稻作抽穗）。以生物多樣性分析福興鄉牧草地昆蟲結構，所呈現出各時期福興鄉牧草地昆蟲相之生物多樣性變動現象（表二），其中科級的數量而言，6 月（晚春 / 一期稻作收穫）最多達 78 科（81.3%），8 月（夏 / 二期稻作插秧）最少僅有 52 科（54.2%）；但個體數（Individuals）上則呈現相反的現象 8 月（夏 / 二期稻作插秧）最多有 7571 隻個體被採獲，6 月（晚春 / 一期稻作收穫）最少僅 1962 隻個體。分析資料顯示 8 月（夏 / 二期稻作插秧）的時候，香農指數（Shannon）、均勻度指數（Pielous's Evenness）為最低，而 9 月（秋 / 二期稻作生長）則呈現較佳生物多樣性的狀態。

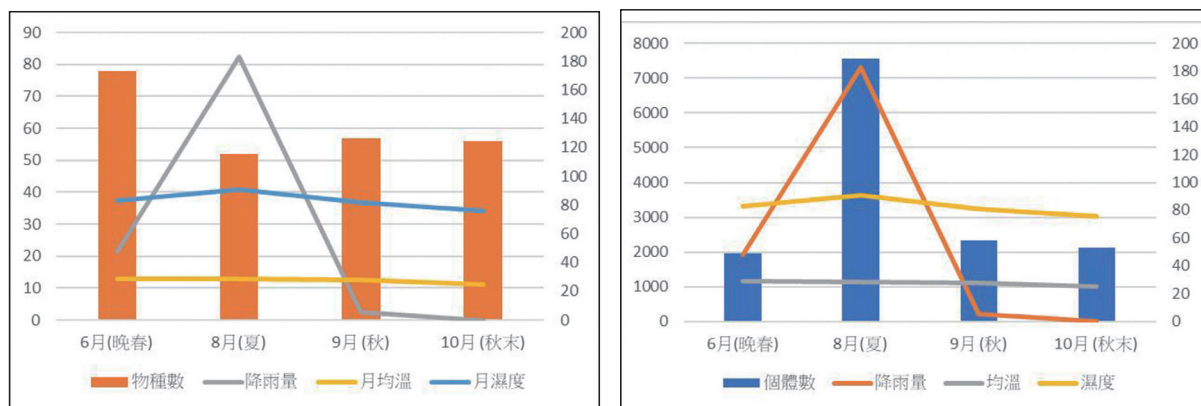
表二、利用生物多樣性指數分析比較不同季節（稻作）福興鄉牧草地昆蟲生物多樣性差異（藍字為多樣性較佳、紅字表示多樣性較差）

生物多樣性指數	6月 (晚春/收穫)	8月 (夏/插秧)	9月 (秋/生長)	10月 (秋末/抽穗)
科數/科數占比*	78/ 81.3%	52/ 54.2%	57/ 59.3%	56/ 58.3%
個體數 (Individuals)	1962	7571	2319	2131
Simpson (1-D)	0.855	0.700	0.867	0.781
Shannon (H)	2.626	2.064	2.609	2.152
Pielous' s Evenness	0.180	0.154	0.243	0.156

* 占總發現科數 (96 科) 之比例。

環境因子（溫度、濕度與降雨）對於在福興牧草地來說影響昆蟲相進行評估，昆蟲個體數（Individuals）隨著濕度與雨量在 8 月（夏 / 二期稻作插秧）提升而有所提升相反的物種數（richness）卻是在 8 月（夏 / 二期稻作插秧）中下降。利用回歸分析

個體數和雨量之間可以發現高度相關 ($y = 0.03x - 45.662$, $r^2 = 0.9136$, $p < 0.05$)，其他環境因子濕度與溫度都與種類、數量較無關聯性 (圖七)。



圖七、環境因子 (溫度、濕度與降雨) 對於在福興牧草地昆蟲相科數 (左) 與個體數量 (右) 的關係。

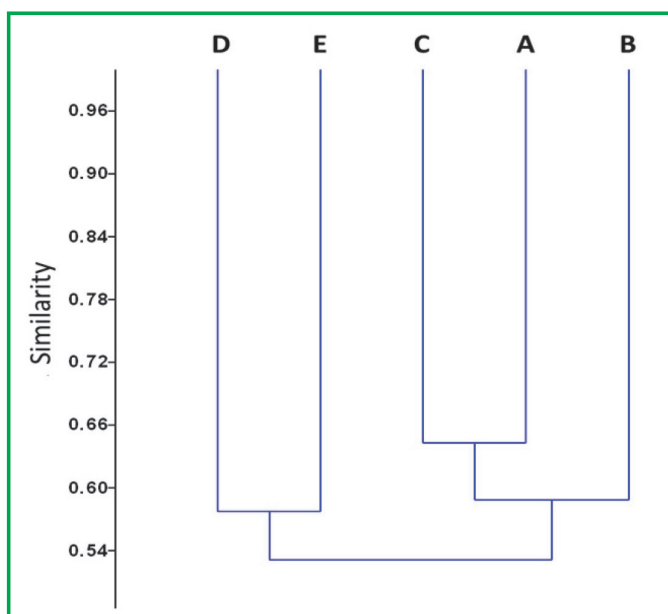
(三) 牧草地樣區間比較

福興牧草地採集有五個樣點，牧草地樣區大小約為兩分地，其中三個位於新生段 (東福興) (A, B, C) 和兩個樣區地點位於福興鄉秀安段 (西福興) (D, E)，各樣區因鑲嵌在水稻田中，所以牧草地周圍環境仍有些差異。樣區 A 是被柏油路所包圍的牧草區；樣區 B 旁邊有果園地，其他側為柏油路圍繞；樣區 C、E 為開闊的牧草地與稻田地交融；樣區 D 為開闊牧草地旁邊有菜園。利用生物多樣性指數分析比較不同調查樣區牧草地昆蟲生物多樣性差異，以昆蟲科科數而言稻田旁 (E) 為最多 (64)，而菜園旁 (D) 為最少 (47)，個體數量 (Individuals) 以果園旁 (B) 為最多 (4740)，菜園旁 (E) 為最少 (1465)。以生物多樣性指數分析福興鄉牧草地昆蟲結構，所呈現各樣區之環境生物多樣性狀況 (表三)，分析資料顯示稻田旁 (C) 有較佳的生物多樣性狀態，辛普森指數 (Simpson)、香農指數 (Shannon)、均勻度指數 (Evenness) 也是最佳，然而菜園旁 (D) 在物種數 (richness)、個體數 (Individuals)、普森指數 (Simpson) 為最低，因此生物多樣性較差，由於菜園旁 (D) 樣區附近較有較頻繁農事作業，而可能是造成 D 樣區的生物多樣性降低的原因。

表三、利用生物多樣性指數分析比較不同牧草地樣區昆蟲生物多樣性差異 (藍字為多樣性較佳、紅字表示多樣性較差)

生物多樣性指數	A (柏油路)	B (果園旁)	C (稻田旁)	D (菜園旁)	E (稻田旁)
科數/科數占比*	56/ 58.3%	63/ 65.6%	57/59.4%	47/ 49.0%	64/ 66.7%
個體數 (Individuals)	2919	4740	1997	1465	1976
Simpson' s Index	0.825	0.839	0.840	0.802	0.794
Shannon Index	2.379	2.455	2.321	2.338	2.455
Pielous' s Evenness Index	0.193	0.185	0.179	0.221	0.185

以群聚分析 (Cluster analysis) 比較不同樣區牧草地昆蟲間昆蟲組成上相似度，從圖八可以發現五個牧草地樣區昆蟲群聚結構上在地域東福興 (新生段) 與西福興 (秀安段) 上近 54% 的相似度 (Similarity)，同是東福興樣區 A、B 及 C 間昆蟲群聚結構有 59% 相似度，而西福興樣區 D 和 E 之昆蟲群聚結構則有 58% 相似度。而各區中若鄰近有較特殊的植被條件如：B 樣區旁邊有果園地與 D 樣區旁有菜園就會形成，較不同的昆蟲群聚結構。



圖八、群聚分析 (Cluster analysis) 比較不同樣區牧草地昆蟲間昆蟲組成上相似度 (A 是被柏油路所包圍的牧草區；B 旁邊有果園地，其他側為柏油路圍繞；C、E 為開闊的牧草地與稻田地鑲嵌點；D 為開闊牧草地旁邊有菜園)

(四) 牧草地生態功能群分析

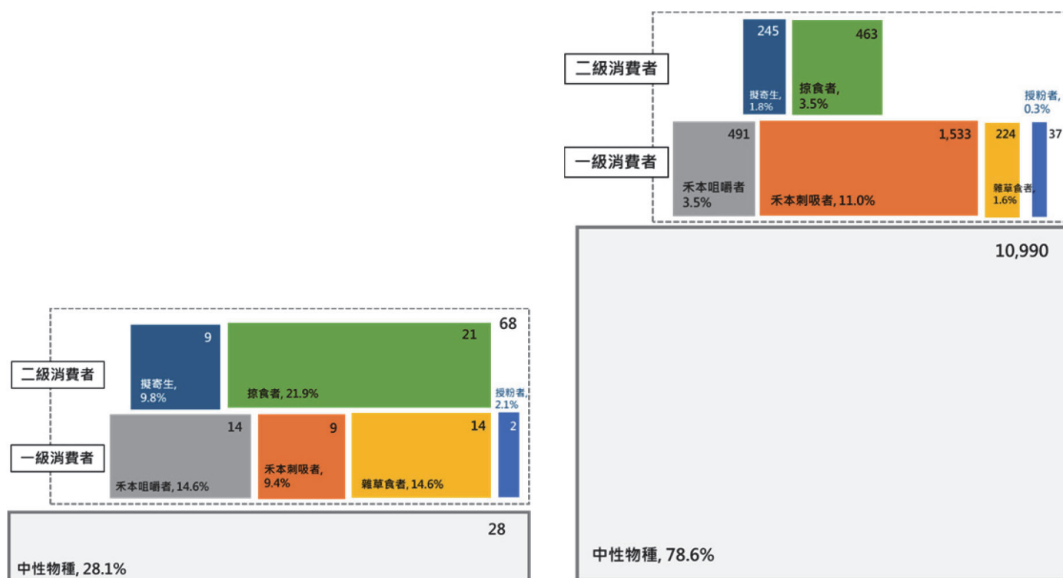
在福興地區牧草地樣區所採獲昆蟲共採獲 96 科與 13,983 隻個體中，依據生態功能分區為以下七個生態功能群，分別是禾本科刺吸者 (Piercing-sucking pest)、禾本科咀嚼者 (Chewing pest)、雜草食者 (Graminivores)、授粉者 (Pollinators)、掠食者 (Predators)、擬寄生者 (Parasitoids)、中性物種 (Neutral species) 等。以食物鏈之生態金字塔 (Ecological pyramids) 中數量金字塔 (Number pyramids) 模式，探討福興牧草地 (禾本科) 草生生態系之生態功能群結構，依生態功能群結果顯示於 (圖九、表四)，福興地區牧草地樣區昆蟲生態功能群科級比例上以中性物種為主 28.1%、中性物種總個體數比例則高達 78.6%；一級消費者中禾本科植食者數量最多的是禾本科刺吸者，總個體數比例 11%、科級比例 9.4%，禾本科咀嚼者總個體數比例 3.5%、科級比例 14.6%，其次是雜草食者總個體數比例 1.6%、科級比例 14.6%，(表四) 資料中科與個體之比值也可以明顯顯示禾本科刺吸者比較明顯有聚集性發生現象，所以個體數量會明顯偏高於禾本科咀嚼者與雜草食者 (科與個體之數量比值刺吸者 170、咀嚼者 35，科與個體之比例比值刺吸者 1.2、咀嚼者 0.2)；授粉者總個體數比例 0.3%、科級比例則是較高的 2.1%；掠食者 (二級消費者) 總個體數比例 3.3%、科級比例則是較高的 21.9%；擬寄生者總個體數比例 1.8%、科級比例則是較高的 9.4%，由資料中也明顯顯示掠食者與擬寄生者在總個體數是較低的 5.1%。中性物種與禾本科刺吸者在分類階元結構 (科) 與個體數量結構比較有明顯的顯示中性物種與禾本科刺吸者在數量上呈現非常態性的增加所造成，其中又中性物種中 (雙翅目搖蚊科和膜翅目蟻科) 及禾本科刺吸者 (半翅目葉蟬科) 是在此不對稱群聚結構現象中具較大的貢獻度。雙翅目搖蚊科有單一科級內的個體在夏季調查大量發生明顯高其他季節數十倍，膜翅目蟻科與搖蚊科相似也夏季調查期間大量發生明顯高於其他季節數量 1.5~3 倍間的現象，而半翅目葉蟬科則在春季較多高於其他季節數量 1.5~3.5 倍間。

表四、福興牧草地樣區昆蟲群聚結構中各生態功能群與分類階元和個體數量結構之數量、比例及比值

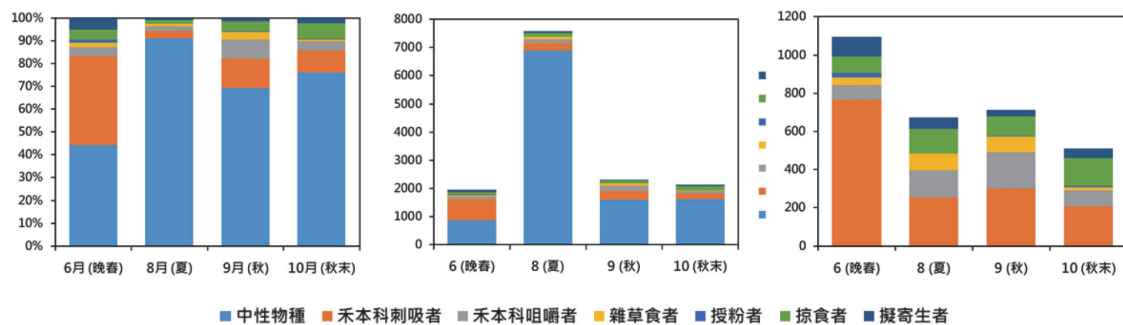
生態功能群	分類階元 (科)		個體		階元與個體之比值	
	數量	比例	數量	比例	數量*	比例#
中性物種	27	28.1%	10,990	78.6%	407	2.8
禾科刺吸者	9	9.4%	1,533	11.0%	170	1.2
禾本科咀嚼者	14	14.6%	491	3.5%	35	0.2
雜草食者	14	14.6%	224	1.6%	16	0.1
授粉者	2	2.1%	37	0.3%	19	0.1
掠食者	21	21.9%	463	3.3%	22	0.2
擬寄生者	9	9.4%	245	1.8%	27	0.2
總計	96		13,983			

* 生態功能群之總個體數量除以科數、# 生態功能群之個體比例除以科比例。

彰化縣福興鄉牧草地昆蟲所採樣的四次時期分別於 6 月 (晚春 / 一期稻作收穫)、8 月 (夏 / 二期稻作插秧)、9 月 (秋 / 二期稻作生長)、10 月 (秋末 / 二期稻作抽穗)，季節所呈現之生態功能群結構比較均呈現明顯結構上的差異 ($p < 0.001$, $\chi^2 = 286.3$, Contingency table statistics)，中性物種仍是個其主要的生態功能群類群在結構比例與數量上都是最多 (圖十)，但各時期仍有差異，在 8 月 (夏 / 二期稻作插秧) 時期中性物種在比例與數量上是最高的有 6,897 隻個體被採獲佔 91.1%，最少時期為 6 月 (晚春 / 一期稻作收穫) 有 868 隻個體被採獲佔 44.2%。與牧草和稻關聯性較高的禾本科刺吸者 (Piercing-sucking pest) 與禾本科咀嚼者 (Chewing pest) 兩類生態功能群則呈現較不同的變化，主要禾本科刺吸者於 6 月 (晚春 / 一期稻作收穫) 時數量與比例均最高，有 767 隻個體被採獲佔 39.1%，而在其他季節採獲個體數在 10 月 (秋末 / 二期稻作抽穗) 209 隻至 9 月 (秋 / 二期稻作生長) 300 隻個體間，可看出在稻作收穫的時期在牧草地中禾本科刺吸者會明顯增加。禾本科咀嚼者則是在 9 月 (秋 / 二期稻作生長) 時期數量與比例均最高有 190 隻個體被採獲佔 13.0%，但在禾本科刺吸者最多的 6 月 (晚春 / 一期稻作收穫) 反而是最少的僅 77 隻個體被採獲佔 3.9%。而代表害蟲天敵的掠食者與擬寄生者則四個季節的數量數較為一致，除 9 月 (秋 / 二期稻作生長) 在 136 隻個體被採獲佔 5.6% 外，其他季節被採獲為 6 月 (188 隻 / 9.6%)、8 月 (189 隻 / 2.5%) 及 10 月 (195 隻 / 9.2%)。



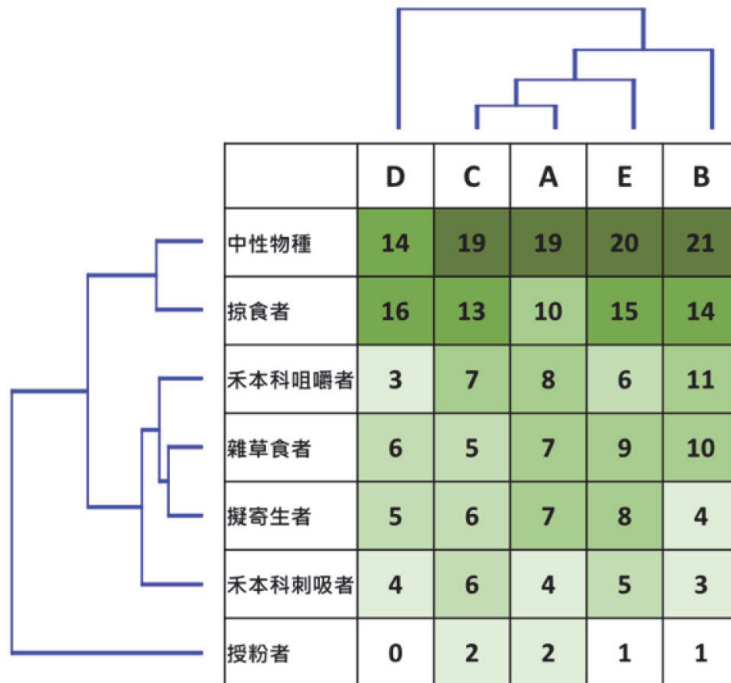
圖九、彰化縣福興鄉牧草地昆蟲生態功能群比例結構。(左)生態功能群科級數的分類階元結構比例(右上角為科數)，(右)生態功能群的個體數量結構比例(右上角數字為個體數)。



圖十、彰化縣福興鄉牧草地昆蟲於不同調查時期(季節)(左)生態功能群個體數量結構比例變化圖全資料、(中)生態功能群個體數量結構、(右)排除中性物種之生態功能群個體數量結構。

分析彰化縣福興鄉牧草地昆蟲於不同調查點與生態功能群分類階元結構間關係，利用群聚分析(Cluster analysis)之二元階層群聚法(Two-way hierarchical cluster analysis)以生態功能群與各採集樣點進行比較(圖十一)。鄰近菜園旁的樣區D在生態功能群結構上明顯不同於其他四個樣區，大部分生態功能群的物種數都是偏低的，除掠食者卻最高，有別於四個樣區明顯生態功能群結構略顯單調，多樣

性較低，這與樣區 D 附近有較頻繁農事作業，而可能是造成 D 樣區的生物多樣性降低的原因。A、C、E 為較單純鑲嵌牧草地於稻田中的樣區，整體生態功能群結構較為相似，除有較相同的禾本科刺吸者與禾本科咀嚼者數量外，擬寄生者呈現相同較高的數值。鄰近果園旁的樣區 B 除有較多的中性物種外，草食者與禾本科咀嚼者也具有較高於其他樣區的數值。



圖十一、利用群聚分析 (Cluster analysis) 之二元階層群聚法 (Two-way hierarchical cluster analysis) 分析彰化縣福興鄉牧草地昆蟲，於不同調查點與生態功能群分類階元結構間關係 (A 是被柏油路所包圍的牧草區；B 旁邊有果園地，其他側為柏油路圍繞；C、E 為開闊的牧草地與稻田地鑲嵌點；D 為開闊牧草地旁邊有菜園)。

總結

福興鄉牧草地是禾本科作物為主常年穩定的草生環境，調查結果也發現作物層的物種占總物種數 84.6%，而土棲地物種數佔 47.9%，表示福興牧草地昆蟲組成結構上物種多以作物層為主，土棲落葉層昆蟲較少。各季節福興鄉牧草地昆蟲相之生物多樣性變動現象，科級的數量 6 月（晚春 / 一期稻作收穫）最多，而 8 月（夏 / 二期

稻作插秧)則最少；但個體數上則呈現相反的現象8月最多，而6月(晚春/一期稻作收穫)最少。而昆蟲個體數和雨量之間可以發現高度相關，其他環境因子濕度與溫度都與種類、數量較無關聯性。生態功能群結果顯示亦較豐富的中性物種與數量，植食者中數量最多的是禾本科刺吸者，也比較明顯有聚集性發生現象，且在稻作收穫的時期6月(晚春)在牧草地中禾本科刺吸者會明顯增加，禾本科咀嚼者則在9月(秋/二期稻作生長)時期數量與比例均最高。此外，代表害蟲天敵的掠食者與擬寄生者則四個季節的數量數較為一致。福興牧草地有較穩定的功能群結構可以適應農藥、人工割草等等強烈的人為干擾，還能回復到原本的生態系，表示農業需要有類似於這樣的牧草環境生態，才能保持生物多樣性，更能保護經濟作物。

參考文獻

1. 北澤右三。1977。土壤動物生態研究法。共立出版株式會社，東京。253頁。
2. 伊文英。2000。中國土壤動物。科學出版社，北京。339頁。
3. 吳秋燕。台灣南部社頂放牧草原演替1997年及1998年之比較分析。國立屏東科技大學熱帶農業研究所碩士論文。
4. 林宗岐。2015。外來入侵螞蟥。生態學會季刊46: 50-57。
5. 林宗岐、吳文哲。2003。台灣螞蟥相(膜翅目：螞蟥科)－並附亞科與屬檢索表。國立台灣博物館年刊46: 5-69。
6. 青木淳一。1973。土壤動物學。北隆館，東京。814頁。
7. 范美玲、林泰佑、林立、蔡思聖、黃鵬。2014。水稻田濕地生態的生物多樣性。科學發展497:18-23。
8. 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。
9. 陳昀茜。社頂地區植群分析及牛羊放牧影響之研究。國立臺灣大學森林研究所碩士論文。
10. 董景生。2007。以螞蟥群聚做為保留區監測的目標物種－掉落式陷阱。林業研究專訊14: 24-28。
11. 董景生、山馥嫻、林宗岐。2009。福山地區螞蟥監測及鑑定指南。初版。行政

- 院農業委員會林業試驗所。台北。163 pp.
12. 葉世森、趙士熙、施丹陽。2013。不同經營管理方式對於錐栗林節肢動物群落結構與多樣性的影響。生態學雜誌 32: 98-105。
13. 劉崇瑞、蘇鴻傑。1983。森林植物生態學。台灣商務印書館發行。
14. Agosti, D., M. Mohamed, and C. Y. C. Arthur. 1994. Has the diversity of tropical ant fauna been underestimated ? An indication from leaf litter studies in west Malaysian lowland rain forest. *Trop. Biodivers.* 2: 270-275.
15. Agosti, D., J. D. Majer, L. E. Alonso, and T. R. Schultz (eds.). 2000. *Ant: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington and London, 280 pp.
16. Andersen, A. N. 1995. A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. *J. Biogeogr.* 22: 15-29.
17. Andersen, A. N., A. Fisher, B. D. Hoffmann, J. L. Read and R. Richards. 2004. Use of terrestrial invertebrates for biodiversity monitoring in Australian rangelands, with particular reference to ants. *Aust. Ecol.* 29: 87-92.
18. Anderson, J. M. 1975. Succession, diversity and trophic relationships of some soil animals in decomposing leaf litter. *J. Anim. Ecol.* 44: 475-495.
19. Andersen, A. N. 1997. Ants as indicators of ecosystem restoration following mining: a functional groups approach, pp. 319-325. In: P. Hale, and D. Lamb (eds.), *Conservation Outside Nature Reserves*. Centre for Conservation Biology, University of Queensland.
20. Anderson, J. M. 2000. Food web functioning and ecosystem processes: problems and perceptions of scaling. pp. 3-24. In: Coleman, D. C. and P. F. Hendrix. (eds.). *Invertebrates as Webmasters in Ecosystems*. CABI Publishing, Oxon.
21. AntCat. 2019. <http://www.antcat.org/>
22. Blair, J. M. and D. A. Crossley, Jr. 1988. Litter decomposition, nitrogen dynamics and litter microarthropods in a southern Appalachian hardwood forest 8 years following clearcutting. *J. Appl. Ecol.* 25: 683-698.
23. Blair, J. M., T. C. Todd and M. A. Callahan, Jr. 2000. Responses of grassland soil invertebrates to natural and anthropogenic disturbances. pp. 43-71. In:

- Coleman, D. C. and P. F. Hendrix. (eds.). Invertebrates as Webmasters in Ecosystems. CABI Publishing, Oxon.
24. Bloomfield, J. M., R. W. Parmelee, and M. H. Beare. 1993. Decay rates, nitrogen fluxes, and decomposer communities of single- and mixed-species foliar litter. *Ecology* 71: 1976-1985.
 25. Brown Jr, K. S., and A. V. L. J. B. Freitas. 2000. Atlantic forest butterflies: indicators for landscape conservation. *Biotropica* 32: 934-956.
 26. Chu, Y. I. and H. C. Chang. 1994. Long-term ecological research in Fushan forest - invertebrate decomposer. pp. 411-418. In: Peng, C. I. and C. H. Chou. (eds.). *Biodiversity and Terrestrial Ecosystems*. Institute of Botany, Academia Sinica, Monograph Series No. 14.
 27. Connor E. F. and D. Simberloff. 1984. Neutral, models of species co-occurrence patterns. In: Strong D. R. Jr, D. Simberloff, L. D. Abele, A. B. Thistle(eds). *Ecological communities: conceptual issues and the evidence*. Princeton Univ. Press. Princeton, New Jersey, pp 316-331, 341-343.
 28. Cragg, R. G. and R. D. Bardgett. 2001. How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes. *Soil Biol. Biochem.* 33: 2073-2081.
 29. Dajoz, R. 2000. Insects of forest soils. pp. 537-544. In: *Insects and forests: the role and diversity of insects in the forest environment*. Intercept Ltd, Londres.
 30. Davidson, D. W. 1997. The role of resource imbalances in the evolutionary ecology of tropical arboreal ants. *Biol. J. Linn. Soc.* 61: 153-181.
 31. Davidson, D. W., S. C. Cook, R. R. Snelling and T. H. Chua. 2003. Explaining the abundance of ants in lowland tropical rainforest canopies. *Science* 300: 969-972.
 32. Dejean, A., B. Corbara, J. Orivel, and M. Leponce. 2007. *Rainforest Canopy Ants: The Implications of Territoriality and Predatory Behavior*. Functional Ecosystems and Communities 1 (2): 105-120.
 34. Fittkau, E. J. and H. Klinge. 1973. On biomass and trophic structure of the central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica* 5: 2-14.
 35. Floren, A. and K. E. Linsenmair. 2005. The importance of primary tropical rain forest for species diversity: an investigation using arboreal ants as an example.

- Ecosystems 8: 559-567.
36. Fowler, H. G. and S. Claver. 1991. Leaf-cutter ant assemblies: effects of latitude, vegetation, and behaviour. In *Ant-plant interactions*, ed. C. R. Huxley and D. F. Cutler. Oxford: Oxford University Press, pp. 51-59.
 37. Gomez, C., D. Casellas, J. Oliveras, and J. M. Bas. 2003. Structure of ground-foraging ant assemblages in relation to land-use change in the northwestern Mediterranean region. *Biodiversity and Conservation* 12: 2135-2146.
 38. Greenslade, P. J. M., and P. Greenslade. 1984. Invertebrates and environmental assessment. *Environmental Planning* 3: 13-15.
 39. Grime, J. P. 2001. *Plant strategies, Vegetation Process and Ecosystem Properties*, 2nd. edn. John Wiley and Sons, Chichester.
 40. Holldobler, B., and E. O. Wilson. 1990. *The Ants*. The Belknap Press of Harvard Press, Cambridge, Mass. 732 pp.
 41. Hoffmann, B. D., and A. N. Andersen. 2003. Responses of ants to disturbance in Australia, with particular reference to functional groups. *Aust. Ecol.* 28: 444-464.
 42. Holldobler, B. and E. O. Wilson. 1990. *The ants*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, USA. 752 pp.
 43. Hunt, J. 2003. Cryptic herbivores of the rainforest canopy. *Science* 300: 916-017.
 44. Janda, M. and M. Kone?na. 2011. Canopy assemblages of ants in a New Guinea rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 27: 83-91.
 45. Kevan, P. G. 1999. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74: 373-393.
 46. Kenne, M., C. Djieto-Lordon, J. Orivel, R. Mony, A. Fabre and A. Dejean. 2003. Influence of insecticide treatments on ant-hemiptera associations in tropical plantations. *Journal of Economic Entomology* 96: 251-258.
 47. Koivula, M. 2011. Useful model organisms, indicators, or both? Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) reflecting environmental conditions. *ZooKeys* 100: 287-317.
 48. Kruess, A., and Tscharntke, T. 2002. Contrasting responses of plant and insect diversity to variation in grazing intensity. *Biological conservation* 106: 293-302.
 49. McLaughlin, A., & Mineau, P. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 55: 201-212.

50. Majer, J. D., S. O. Shattuck, A. N. Andersen, and A. J. Beattie. 2004. Australian ant research: fabulous fauna, functional groups, pharmaceuticals, and the Fatherhood. *Australian Journal of Entomology* 43: 235-247.
51. Majer, J. D. and P. Camer-Pesci. 1991. Ant species in tropical Australian tree crop and native ecosystems - Is there a mosaic? *Biotropica* 23: 173-181.
52. Mercier J. L., A. Lenoir and A. Dejean. 1997. Ritualized versus aggressive behaviours displayed by *Polyrhachis laboriosa* (F. Smith) during intraspecific competition. *Behavioural Processes* 41: 39-50.
53. Rosenberg, D. M., H. V. Danks, and D. M. Lehmkuhl. 1986. Importance of insects in environmental impact assessment. *Environmental Management* 10: 773-783.
54. Sanders, N. J., G. M. Crutsinger, R. R. Dunn, J. D. Majer and J. H. C. Delabie. 2007. An Ant Mosaic Revisited: Dominant Ant Species Disassemble Arboreal Ant Communities but Co-Occur Randomly. *Biotropica* 39: 422-427.
55. Satre, G. P., S. Riyahi, M. Aliabadian, J. S. Hermansen, S. Hogner, U. Olsson, M. Gonzalez Rojas, S. Sather, C. Trier, and T. J. Elgvin. 2012. Single origin of human commensalism in the house sparrow. *Journal of Evolutionary Biology* 25: 788-796.
56. Schonberg, L. A., J. T. Longino, N. M. Nadkarni, S. P. Yanoviak and J. C. Gering. 2004. Arboreal ant species richness in primary forest, secondary forest, and pasture habitats of a tropical montane landscape. *Biotropica* 36: 402-409.
57. Takatsuki, S., Saka, K. 1988. Recovery of *Viburnum dilatatum* after a Die-off of Sika Deer on Kinkazan Island. *Ecological Review* 21(3): 177-188.
58. Way, M. J. and B. Bolton. 1997. Competition between ants for coconut palm nesting sites. *Journal of Natural History* 31: 439-455.
59. Wike, L. D., and F. D. Martin. 2005. Using ant communities for rapid assessment of terrestrial ecosystem health. Information Bridge: DOE Scientific and Technical Information (Online). Report number: WSRC-TR-2005-00283.
60. Yanoviak, S. P. and M. Kaspari. 2000. Community structure and the habitat templet: ants in the tropical forest canopy and litter. *OIKOS* 89: 259-266.
61. Yoshimura, M. 2009. Impact of secondary forest management on ant assemblage composition in the temperate region in Japan. *Journal of insect conservation* 13: 563-568.

Insect Diversity in Pasture of Fuxing Township, Changhua City

Chung-Chi Lin ^{1,2}、Yen-Chung Shih¹

Abstract

In Fuxing Township, Changhua City, the demand for pasture has increased year by year due to the development of daily farming in recent years. Therefore, abandoned farmland in nearby areas has begun to rent out daily farming or farmers' association turn over land to pasture production. Since pasture usually employs extensive management and managed without the use of pesticide, plus embedded in conventional farming sites, there is an opportunity for pasture to provide diverse ecological functions to the neighboring farmland. A total of four surveys were conducted between June 2020 and October 2020, and three sampling points were set up at each of the study sites. For both soil-dwelling deciduous layer and crop layer at grassland study sites, five different standardized insect survey methods were applied, including: pitfall trapping, winkler extraction, malaise trapping, sweep netting technique and yellow sticky trapping. From the quantitative collection, a total of 14,645 invertebrate individuals belonging to 6 classes and 17 orders and 106 families were recorded; under invertebrate, a total of 13,983 insect individuals belonging to 11 orders and 96 families were identified. Among class Insecta, the most dominant insect order in terms of number of families was Diptera (27.8%), followed by Hymenoptera (20.6%) and Coleoptera (19.7%). In terms of number of individuals,

1 National Changhua University of Education Department of Biology

2 National Changhua University of Education Environmental Education Center

the most abundant species was neutral species from Chironomidae, followed by neutral species from Formicidae and piercing-sucking herbivore, Cicadellidae. The survey results also showed that insect species in the crop layer accounted for 84.6% of the total species found within crop layer, while insect species in the soil habitat accounted for 47.9% of the total species found within soil habitat. This indicates that insect composition of the Fuxing pasture is mostly concentrate in crop layer, whereas fewer insect species are exist in the soil-dwelling deciduous layer. Regarding seasonal changes of insect biodiversity in pasture of Fuxing Township, number of families was highest in June (late spring/first-stage rice harvesting) while lowest in August (summer/second-stage rice transplanting). However, in terms of number of individuals, it showed the opposite trend compared with number of families, where the number of individuals was highest in August while lowest in June (late spring/first-stage rice harvesting). There is a high degree of correlation between the number of insect individuals and rainfall, while other environmental factors such as relative humidity and temperature are not related to the type and numerical quantity of insects. The results of ecological functional groups demonstrated the relatively abundant of neutral species. Among the herbivores, the most abundant group was piercing-sucking insects of Gramineae which tend to showing aggregation phenomenon. Moreover, the number of piercing-sucking insects of Gramineae at pasture increased significantly during rice harvesting period in June (late spring), while both the number and proportion of chewing insects of Gramineae were highest during September (autumn/second-stage rice growth). In addition, the numbers of predators and parasitoids (i.e., natural enemies of pest) remain relatively consistent throughout the four seasons.