

曾文溪口鹽濕地植被之昆蟲多樣性比較

黃文伯^{1,2}，林廷翰¹

¹國立臺南大學生態科學與技術學系；²通訊作者 E-mail: wenbehwang@mail.nutn.edu.tw

[摘要] 從 2010 年 4 月至 2011 年 3 月調查曾文溪口鹽濕地植被昆蟲相，以掃網法與掉落式陷阱調查其間狗牙根區、白茅區與防風林區三種植被樣區的葉棲與地棲昆蟲之研究，共記錄成蟲 13 目 142 科 523 種 11,226 隻，以掃網法所捕獲的優勢昆蟲目別為半翅目、雙翅目與膜翅目，而掉落式陷阱為鞘翅目與膜翅目，優勢目別具有季節性的分布差異。三樣區的昆蟲組成相似度低，各樣區具昆蟲組成結構的獨特性。掃網法呈現防風林區多樣性最高，白茅區最低；掉落式陷阱捕捉之地棲昆蟲在三種樣區間無多樣性差異，主要捕獲的科別以蟻科、步行蟲科或擬步行蟲科為主。
關鍵字：掃網、掉落式陷阱、昆蟲組成、濕地植被、曾文溪口

A Comparison of Insect Diversity in Salt Wetland Vegetation on the Banks of Zengwun Estuary

Wenbe Hwang^{1,2} and Ting-Han Lin¹

¹Department of Ecoscience and Ecotechnology, National University of Tainan; ²Corresponding author
E-mail: wenbehwang@mail.nutn.edu.tw

ABSTRACT Leaf-dwelling and ground-dwelling insects in three wetland vegetation areas—*Cynodon dactylon*, *Imperata cylindrica* var. *major* and windbreak—on the banks of the Zengwun estuary were surveyed by sweeping net and pitfall trap from April 2010 to March 2011. A total of 523 species and 11,226 adult individuals under 142 families and 13 orders were recorded. The dominant orders of insects collected by sweeping net were Hemiptera, Diptera and Hymenoptera, while by pitfall trap they were Coleoptera and Hymenoptera. The Wainstein's Similarity Indexes of insect compositions were low among the three vegetation sample areas, indicating that each insect fauna of the three sample areas had distinctive composition structures. The diversity of leaf-dwelling insects collected by sweeping net was the highest in the windbreak area and the lowest in the *Imperata cylindrica* var. *major* area. The dominant families in the three sample areas were different. Pitfall trap results didn't show significant difference in the diversities of ground-dwelling insects in the three sample areas, but the dominant families of collected insects were Formicidae, Carabidae and Tenebrionidae.

Keywords: sweeping net, pitfall trap, insect composition, wetland vegetation, Zengwun estuary

前言

曾文溪口位居臺灣西南部沿海，包含行政院農業委員會劃定的「黑面琵鷺保護區」(行政院農業委員會 2002)，內政部營建署於 2007 年公告為國際級濕地(台南市政府 2009b)，一部分地區也屬台江國家公園。該地原為台江內海，於 18 世紀中期後，即因泥沙淤積逐漸陸地(謝國興 2003, 李淑玲 2006)。曾文溪溪口兩岸多為沙洲、草澤地或木麻黃林間濕地，河道沙洲多為白茅型及鹽地鼠尾粟型草澤(葉秋好 2005)。此一地區的生態研究包括黑面琵鷺與其他過境水鳥的族群與群聚動態研究調查(何立德等 2010, 許皓捷等 2012)，植物相的調查(葉秋好 2005, 謝宗欣 2009)及紅樹林與木麻黃林的昆蟲調查(魏映雪 2003, 黃秀雯 2005)。曾文溪口沙灘植被及鹽濕地植被的昆蟲，直到 2009 年才有初步的了解(台南市政府 2009a)，而林地與草地的昆蟲組成，仍有待比較探討。

本研究選擇曾文溪口沙灘植被、鹽濕地植被、灌叢與人工林四種類型(何立德 2010)中的人工林(木麻黃防風林)與鹽濕地植被(狗牙根、白茅)，以掃網法與掉落式陷阱兩種方法進行調查，以了解林地與草地之葉棲與地棲昆蟲組成與季節性變化。

材料與方法

一、研究地點

研究地點包括曾文溪口北岸的「台南大學七股校區西側保留區」，以及南岸的「城西保安林區」(圖 1)。

「台南大學七股校區西側保留區」(23°04'N, 120°04'E)鄰近台江國家公園東側，面積約 120 公頃，為人為干擾較少、乾的草地型鹽濕地棲地，南北兩側皆為感潮溝，土地為沙質地，植被以菊科(Asteraceae)及禾本科(Poaceae)植物為主(謝宗欣 2009)，其中以白茅(*Imperata cylindrica* var. *major*)、狗牙根

(*Cynodon dactylon*)、海雀稗(*Paspalum vaginatum*)等為優勢物種，因狗牙根與白茅兩者皆具有廣大面積，故選定此兩種優勢植物的分布範圍，定義為「狗牙根區」與「白茅區」(圖 1B)。

「城西保安林區」(23°01'N, 120°05'E)位於台江國家公園境內，為靠近海岸的人工防風林，西側是緊鄰臺灣海峽的沙灘，東側為城西魚塭區與城西濕地景觀區。防風林呈狹長帶狀分佈，優勢植物為鬱閉之木麻黃(*Casuarina equisetifolia*)，血桐(*Macaranga tanarius*)散生其中，底層植被以大黍(*Panicum maximum*)為主，另有大花咸豐草(*Bidens pilosa* var. *radiata*)，以此處定義為「防風林區」(圖 1A)。

二、調查方法

從 2010 年 4 月起至 2011 年 3 月止於「狗牙根區」、「白茅區」與「防風林區」三個樣區，每個月調查一次，以掃網法(sweeping net)調查在葉間活動的葉棲昆蟲(leaf-dwelling insects)，並以掉落式陷阱(pitfall trap)調查在地面活動的地棲昆蟲(ground-dwelling insects)。

1. 掃網法

在樣區中央的位置設置一條長 50 m 的穿越線，與樣區邊界距離至少 5 m 以上，每個月選擇一日上午晴朗天候下，以直徑 27 cm 硬框手網在草本與灌叢葉子間揮動，8 字形來回揮動為一次，沿著穿越線以穩定的步伐前進，在 50 m 的距離內固定揮網 100 次，捕捉葉棲的昆蟲。防風林穿越線的位置為城西保安林中心處，基於林下植物分布不均，故將較為茂密之灌叢或草本植物處相連成 50 m 穿越線，掃網高度因植物高低不同而有起伏，在較高的灌叢處為胸高高度，在較低的草本植物為植株頂端往下，至網框所能覆蓋之範圍。狗牙根與白茅兩樣區的掃網高度皆為由植株頂端至網框所能覆蓋的範圍，因兩樣區均為單一優勢植物，掃網高度不若防風林樣區有較大的起伏。2010 年 8 月在狗牙根區因淹水無法進入，則



圖 1. 曾文溪口研究區(引自 Google Earth) A：城西保安林區、B：台南大學七股校區西側保留區

無捕獲數據。

2. 掉落式陷阱

在樣區中心處以紅色塑膠繩圍出一個 20m × 20m 的區域，為避免在區域內的植被覆蓋度不均勻，將區域劃分成邊長 5 m 的 16 個區塊，隨機選取其中 5 個區塊設置掉落式陷阱，並將 5 個區塊之數據合併計算。

陷阱的結構為將 2 個杯口直徑 9.5 cm、深 17.5 cm、容量 700 ml 的透明塑膠杯套疊置入土坑，內杯為集蟲杯，外杯做為擋土牆，塑膠杯口比地表略高，但堆土至杯緣使地表與杯緣無明顯落差，以防止地表雨水流入，杯底以圖釘打洞，並於下方與土壤間填塞石礫，以加速排水的效率 (圖 2a)。集蟲杯周圍設置 4 片 100 cm × 10 cm 的壓克力擋板，杯口為中心呈十字形排列，利用昆蟲碰到障礙物沿其邊緣前進的特性，增加昆蟲物種的採集量 (Hansen and New 2005) (圖 2b)，杯口上方離地 10 cm 處，裝設 20 cm × 20 cm 的塑膠板遮雨，每月取樣一週所集昆蟲，非調查期間則以塑膠蓋封閉杯口。2010 年 6 月與 8 月在狗牙根區因陷阱淹水，無捕獲數據。

二、資料統計及分析

所捕獲之昆蟲皆鑑定至形態種，並請研究所相關類群之學者協助鑑定，證據標本皆存放於國立台南大學生態科學與技術學系昆蟲生態暨行為實驗室。昆蟲季節性變化分析上，除呈現各樣區與各種採集方法每月物種豐度與豐量，並同時比較每月的 Shannon-Wiener index 變化，相關公式如下：

$$\text{Shannon-Wiener Index (Hs)} = -\sum p_i \log_e p_i$$

p_i : i 物種於群聚中的相對豐量

相同調查方法下，Wainstein 的相似性指標 (Wainstein's Similarity Index, K_w) 比較不同棲地，或相同棲地在不同年份間的昆蟲組成結構相似性 (黃文伯 2011, Hwang and Koh 2013)。當兩處物種組成結構完全一致時， K_w 值為 100，而完全不相同時，其值為 0，公式如下：

$$K_w (0\sim 100) = R_c \times J$$

Re: Renkonen's coefficient

J: Jaccard's coefficient

$$\text{Re} (\%) = \sum \min (p_{i1}, p_{i2})$$

$$J = c \times 100 / (S1 + S2 - c)$$

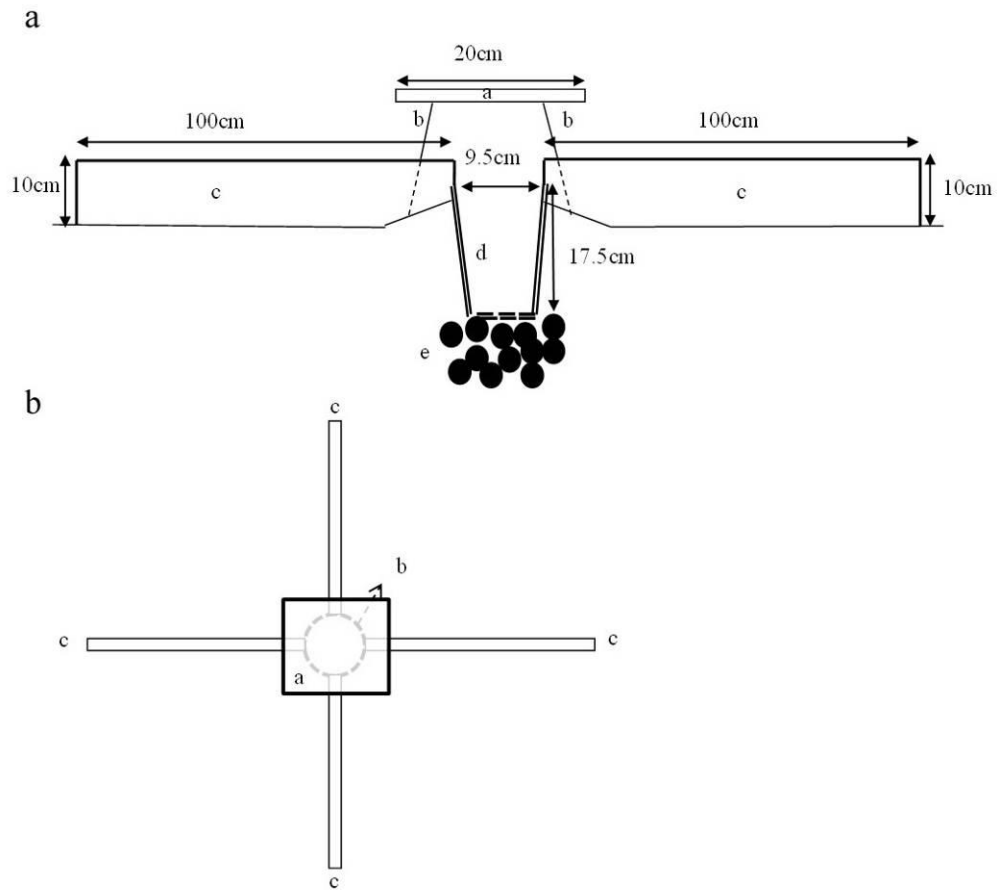


圖 2. 掉落式陷阱。(a)剖面圖，a：透明壓克力遮雨板、b：支架、c：透明壓克力擋板、d：塑膠集蟲杯、e：石頭；(b)俯視圖，壓克力擋板以十字形排列，a：透明壓克力遮雨板、b：塑膠集蟲杯、c：透明壓克力擋板

p_{1i} : i 物種於物種組成 1 中的相對豐量

p_{2i} : i 物種於物種組成 2 中的相對豐量

c: 兩物種組成共有的物種數目

S_1 : 物種組成 1 之物種豐度

S_2 : 物種組成 2 之物種豐度

各功能群間物種豐度、豐量與多樣性皆依月份相依性以 Friedman test 分析，並以 $p < 0.05$ 視為統計上的顯著性。

結果

自 2010 年 4 月至 2011 年 3 月間，以掃網和掉落式陷阱共紀錄到 13 目 523 種 142 科 11,226 隻次昆蟲，其中纓翅目與鱗翅目各有 1 種未鑑定出科別，故未列入科數計算。掃網法

捕獲 127 科 (含未鑑定 2 科)，而掉落式陷阱為 39 科，其中有 23 科 34 種為掃網法與掉落式陷阱所共同捕獲，兩方法的昆蟲組成相似度僅 0.25% ($K_w = 0.25$)，顯示兩種方法所捕獲的昆蟲重疊性很低。掃網法所捕獲的 8,001 隻昆蟲中，主要為半翅目 (42.1%)、雙翅目 (21.9%) 與膜翅目 (20.2%)，而掉落式陷阱所捕獲的 3,225 隻昆蟲則為鞘翅目 (57.3%) 與膜翅目 (34.3%) 為優勢。

掃網法調查葉棲昆蟲，三個樣區昆蟲組成的相似度以狗牙根與白茅區兩個草地樣區較高 ($K_w = 2.92$) (表 1)，防風林與草地樣區間則較低，各樣區間的昆蟲組成相似度相當低。以掉落式陷阱調查地棲昆蟲，三個樣區昆蟲組成亦以兩草地樣區之間具有較高的相似度 (K_w

表 1. 2010 年 4 月至 2011 年 3 月曾文溪口狗牙根、白茅、防風林三種植被樣區以掃網法與掉落式陷阱所捕獲的昆蟲組成之 Wainstein 的相似性指標(K_w)

K_w		狗牙根區	白茅區
掃網法	白茅區	2.92	
	防風林區	0.77	0.78
掉落式陷阱	白茅區	9.84	
	防風林區	0.84	0.52

表 2. 2010 年 4 月至 2011 年 3 月曾文溪口狗牙根、白茅、防風林三種樣區以掃網法所捕獲昆蟲各目的物種豐度與豐量(目別依狗牙根區的豐量排序)

目別	狗牙根區			白茅區			防風林區		
	豐度	豐量	%	豐度	豐量	%	豐度	豐量	%
半翅目	38	1831	47.31	20	98	14.33	30	1436	41.66
膜翅目	42	978	25.27	56	262	38.3	90	377	10.94
雙翅目	44	402	10.39	31	119	17.4	73	1233	35.77
縷翅目	2	318	8.22	3	30	4.39	1	4	0.12
直翅目	19	212	5.48	5	8	1.17	12	194	5.63
鞘翅目	31	87	2.25	14	75	10.96	31	120	3.48
蜻蛉目	1	26	0.67	1	1	0.15	1	5	0.15
嚙蟲目	2	8	0.21	2	72	10.53	0	0	0
鱗翅目	4	6	0.16	2	5	0.73	8	74	2.15
螳螂目	1	1	0.03	0	0	0	2	4	0.12
脈翅目	1	1	0.03	1	13	1.9	0	0	0
蜚蠊目	0	0	0	1	1	0.15	0	0	0
總計		3870			684			3447	

= 9.84)，而防風林與兩草地樣區間則較低 (表 1)。

一、掃網法

狗牙根區所捕獲 185 種 3,870 隻昆蟲中，以半翅目豐量最高 (47.3%)，其次依序為膜翅目 (25.3%)與雙翅目 (10.4%)，但在物種豐度上，反以雙翅目 44 種最多，其次依序為膜翅目 42 種與半翅目 38 種，此外鞘翅目雖然豐量不高，但物種數 31 種佔第四位。在白茅區所捕獲的 136 種昆蟲數量僅 684 隻，較狗牙根區與防風林區為低，以膜翅目豐量最為優勢，佔 38.8%捕獲數，其他豐量較為優勢的目別依序為雙翅目 (17.4%)、半翅目 (14.3%)、鞘翅目 (11.0%)與嚙蟲目 (10.5%)，而物種豐度優勢目別的排序與豐量排序相似，以膜翅目 56 種為最多，其次依序為雙翅目 31 種、半翅目 20 種與鞘翅目 14 種，雖然嚙蟲目在豐量上亦具有優勢，但在豐度上僅有 2 種。防風林區捕獲 248 種 3,447 隻昆蟲中，以半翅目 (41.7%)在

豐量上最為優勢，其次為雙翅目 (35.8%)與膜翅目 (10.9%)，豐量最高的半翅目，其物種豐度 30 種反較膜翅目 90 種與雙翅目 73 種為低，在其它豐量較低的目別裡，鞘翅目仍具有較高的物種豐量 (表 2)。

在狗牙根區除 8 月因淹水無法進入掃網外，最為優勢之半翅目昆蟲主要出現在 11 ~ 3 月，而次優勢之膜翅目昆蟲則在 7 ~ 12 月之間 (圖 3a)；在白茅區最為優勢的膜翅目昆蟲主要出現在 6 ~ 11 月間，其他各目每月捕獲數量皆在 25 隻以下，較為優勢的雙翅目、半翅目與鞘翅目，則多為不同物種零星個體所組成的數量波動 (圖 3b)；在防風林區最優勢的半翅目昆蟲主要集中在 5 月出現，而在 1、2 月亦有較多個體捕獲，次優勢的雙翅目則分別在 6 ~ 8 月、10 月與 12 ~ 2 月有較大的捕獲數 (圖 3c)。

掃網法調查每月所捕獲昆蟲的物種豐度於三種樣區存在著顯著的差異 (Friedman test: $p < 0.01$)，防風林區的物種豐度最高，而白茅

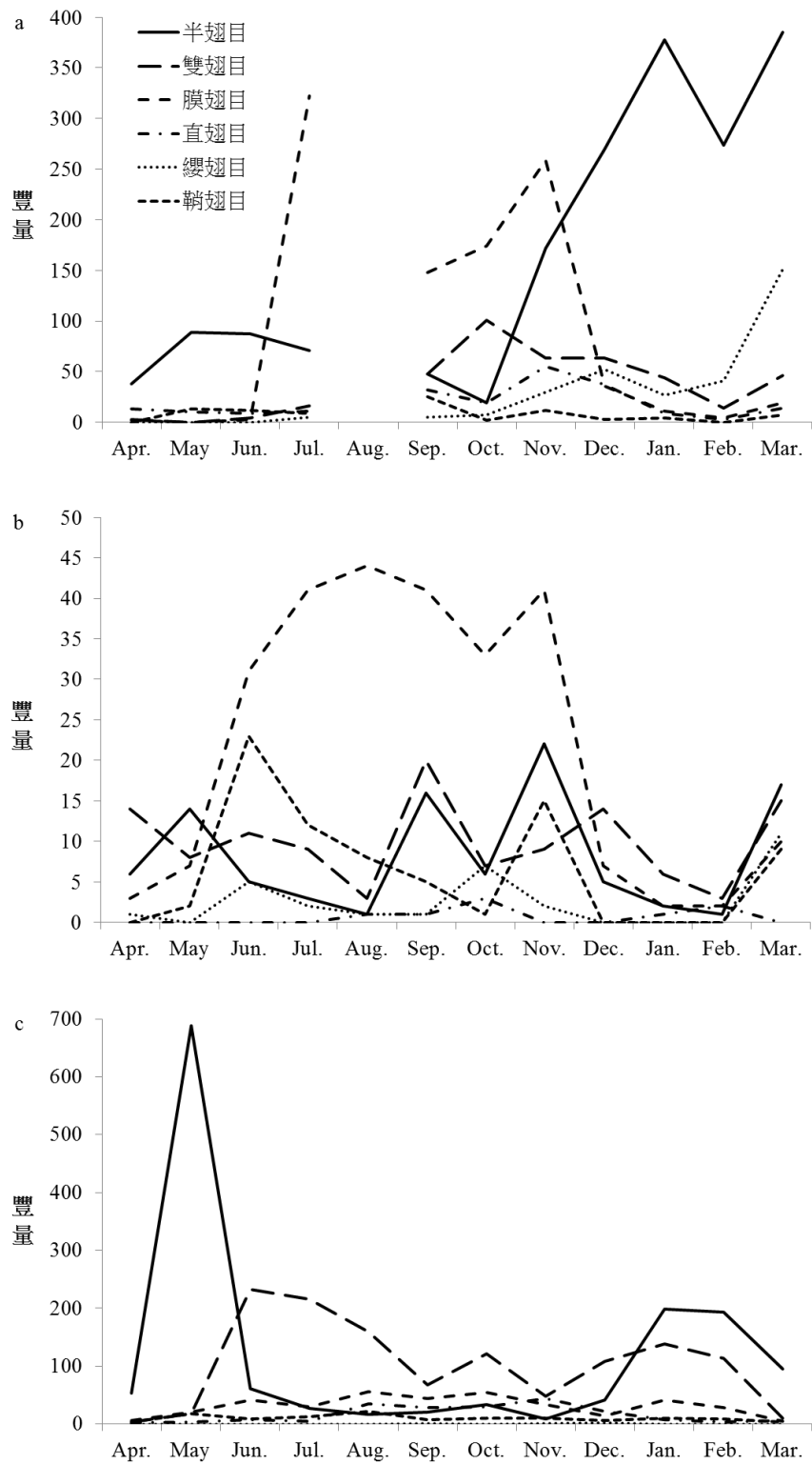


圖 3. 2010 年 4 月至 2011 年 3 月於曾文溪口各樣區以掃網法捕獲主要優勢目別的豐量季節性變化(a: 狗牙根, b: 白茅, c: 防風林)

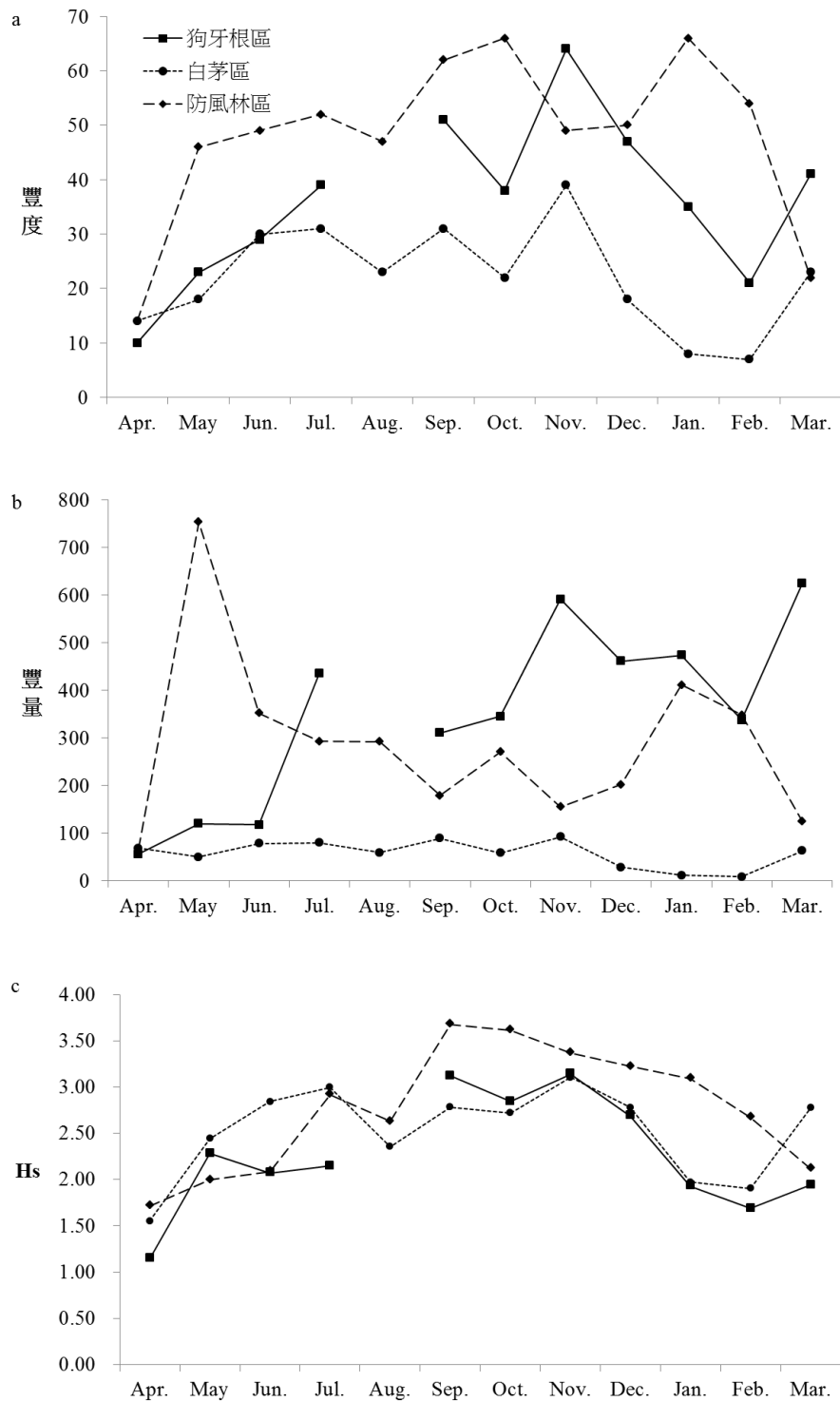


圖 4. 2010 年 4 月至 2011 年 3 月於曾文溪口狗牙根、白茅、防風林三種樣區，以掃網法每月所捕獲的昆蟲物種豐度(a)與豐量(b)，以及每月的多樣性指數(Shannon-Wiener index, Hs) (c)

區的物種豐度最低 (圖 4a)。三種樣區的昆蟲豐量亦有顯著差異 (Friedman test: $p <$

0.01)，狗牙根區所捕獲的昆蟲數量最多，白茅區最少 (圖 4b)。在每月 Shannon-Wiener 多樣

表 3. 2010 年 4 月至 2011 年 3 月曾文溪口狗牙根、白茅、防風林三種樣區以掉落式陷阱所捕獲昆蟲各目的物種豐度與豐量(目別依狗牙根區的豐量排序)

目別	狗牙根區			白茅區			防風林區		
	豐度	豐量	%	豐度	豐量	%	豐度	豐量	%
鞘翅目	33	794	70.52	30	425	40.59	24	628	59.7
膜翅目	9	228	20.25	15	575	54.92	11	302	28.71
直翅目	6	78	6.93	3	32	3.06	4	11	1.05
半翅目	5	15	1.33	4	7	0.67	5	87	8.27
雙翅目	3	8	0.71	2	3	0.29	1	1	0.1
革翅目	1	2	0.18	1	5	0.48	1	1	0.1
螳螂目	1	1	0.09	0	0	0	0	0	0
蜚蠊目	0	0	0	0	0	0	2	21	2
鱗翅目	0	0	0	0	0	0	1	1	0.1
總計		1126			1047			1052	

性指數上，以防風林區最高，狗牙根區最低 (Friedmantest: $p < 0.05$)。防風林區在 4 月多樣性指數最低，隨後逐漸攀升，於 9 月達到高峰後，再逐漸下降；白茅區的多樣性指數在 4、1、2 月較低，而在 7、11 月最高；在狗牙根區，4 月多樣性指數亦最低，9~11 月有較高的多樣性，於 11 月過後開始下降 (圖 4c)。

二、掉落式陷阱

在狗牙根區捕獲的 58 種 1,126 隻昆蟲中，鞘翅目即佔了 70.5% 的豐量，且物種數多達 33 種，膜翅目佔了 20.3%，其物種豐度為 9 種。在白茅區捕獲的 55 種昆蟲中，以膜翅目豐量較高，佔了 57.9%，鞘翅目 40.6% 次之，但物種豐度仍以鞘翅目 30 種最高，膜翅目則為 15 種。防風林區地棲的 49 種昆蟲中，鞘翅目的豐度與豐量為最高，其 24 個物種佔了 59.7% 的捕獲數，膜翅目豐度為 11 種，豐量佔 28.7% 次之 (表 3)。

在狗牙根區最為優勢之鞘翅目昆蟲，在 4 月與 9~10 月皆有較高的捕獲數，而次優勢之膜翅目昆蟲在 10 月數量較多 (圖 5a)；在白茅區最為優勢的膜翅目昆蟲數量有兩個高峰期，分別在 8~9 月與 2 月，次優勢之的鞘翅目昆蟲主要出現在 6~12 月間，於 8 月達到高峰 (圖 5b)；在防風林區最優勢的鞘翅目昆蟲主要集中在 6 月與 9~11 月出現，而次優勢的膜翅目則主要在 12~2 月有較大的捕獲數

(圖 5c)。

掉落式陷阱每月所捕獲昆蟲的物種豐度於三種樣區無顯著性差異 (Friedman test: $p = 0.15$) (圖 6a)。三種樣區的月豐量亦無顯著性差異 (Friedman test: $p = 0.91$) (圖 6b)。三種樣區每月的 Shannon-Wiener 多樣性指數無顯著差異 (Friedman test: $p = 0.41$)，狗牙根與白茅兩種草本植被樣區的多樣性指數起伏不大，唯在狗牙根區的 7 月份與白茅區的 2 月份為最低；防風林區的指數則在 10 月過後有較明顯的季節性下降，並於 1 月達到低谷值 (圖 6c)。

討論

本研究顯示曾文溪口狗牙根、白茅、防風林三種樣區採用掃網法與掉落式陷阱所捕獲的昆蟲優勢類群並不相同，在不同棲地亦有差異。掃網法所採集的葉棲昆蟲，豐量優勢依順序為半翅目、雙翅目與膜翅目，而掉落式陷阱所採集的地棲昆蟲，主要為鞘翅目與膜翅目。相較於高山圈谷昆蟲相，以類似的掃網法，結果卻以半翅目和雙翅目類群為主(葉文斌等 2012)，在曾文溪兩岸濕地的昆蟲相組成中，則多了膜翅目。膜翅目在本研究兩種方法所捕獲昆蟲中皆佔優勢，然而所捕獲的優勢科別並不相同，相較於蟻科在掉落式陷阱佔了 99.6%，掃網法主要捕獲小蜂總科與繭蜂科昆蟲較多，蟻科僅佔 23.1%。顯示不同的調查方

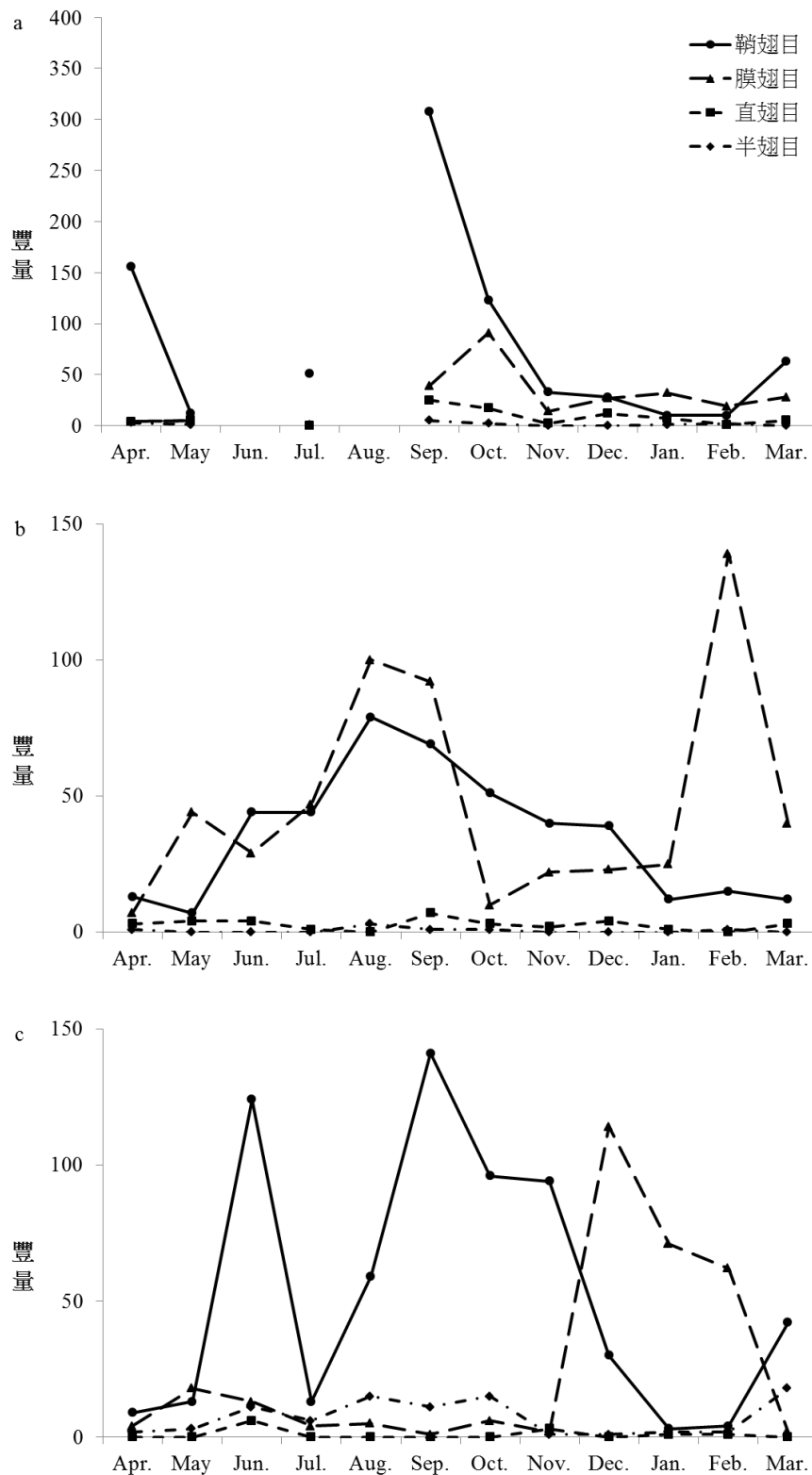


圖 5. 2010 年 4 月至 2011 年 3 月於曾文溪口各樣區以掉落式陷阱捕獲主要優勢目別的豐量季節性變化(a: 狗牙根, b: 白茅, c: 防風林)

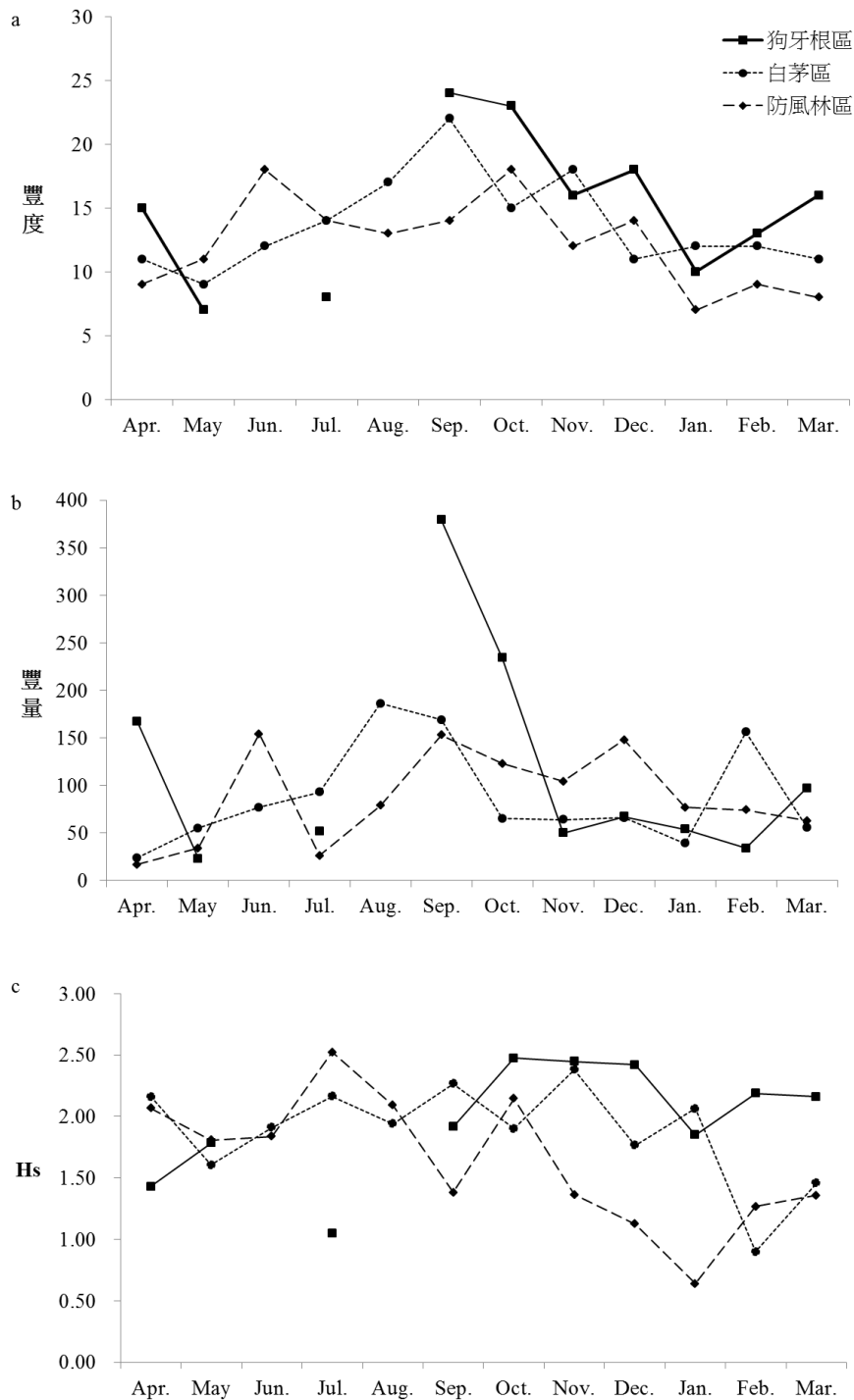


圖 6. 2010 年 4 月至 2011 年 3 月於曾文溪口狗牙根、白茅、防風林三種樣區，以掉落式陷阱每月所捕獲的昆蟲物種豐度(a)與豐量(b)，以及每月的多樣性指數(Shannon-Wiener index, Hs) (c)

法所捕獲的昆蟲類群差異甚大，因此為了解當地環境的昆蟲相，建議未來應檢討該環境中各類群昆蟲分布的微棲地位置，有效利用各類昆

蟲習性，針對性地使用適宜的調查方法，方能解釋特殊類群的昆蟲組成。

棲地植被類型影響昆蟲的組成結構，無論

是用掃網法或是掉落式陷阱調查，防風林區與兩種草地樣區間的相似性皆低於 1%。然而在相似的棲地類型，物種組成結構亦相似 (Hughes *et al.* 2000)，本研究狗牙根區與白茅區同屬單一草本植物樣區，兩樣區距離相近，昆蟲結構相似性即高於防風林區，符合 Hughes *et al.* (2000) 的理論。在掃網法中，主要捕捉的多為植食性半翅目昆蟲，其次是寄生性膜翅目，葉蟬科物種在狗牙根區數目 (20 種) 為白茅區 (10 種) 的 2 倍，個體數則高達 27.5 倍，相對應於寄生性膜翅目上，狗牙根區小蜂總科的個體數量則為白茅區的 10 倍；兩草地樣區在掉落式陷阱捕獲的昆蟲上有更高的相似性，主要是膜翅目的螞蟻和鞘翅目的步行蟲，在食物的獲取上非掃網所獲的植食性與寄生性昆蟲有較高的專一性，活動的範圍在相近的棲地間具有較高的重疊性。

掃網法調查發現防風林區的昆蟲物種豐度與多樣性指數皆高於草地樣區，基於植物物種豐度越高，其他類群生物的物種豐度及豐量皆會增加 (Ricklefs and Lovette 1999, Scherber *et al.* 2010)，且植物多樣化提高棲地異質性，亦有相同的影響 (Butterfield *et al.* 1995)。因此推論防風林區除了木麻黃外，林下尚有血桐、大黍、大花咸豐草等影響。在狗牙根區豐量最高半翅目中，以葉蟬科 20 種佔該目豐量 87.1% 最為優勢，其次為稻蝨科 7 種佔 8.2%；在膜翅目部分，跳小蜂科豐量最高 (33.3%)，其下依序為廣肩小蜂科 (26.9%)、金小蜂科 (15.9%) 和蟻科 (12.0%)，在豐度上則以蟻科 10 個物種最高；在雙翅目部分，金果蠅科豐量最高 (22.1%)，其下優勢科別依序為搖蚊科 (16.7%)、彩眼蠅科 (15.2%)、長足蛇科 (13.7%) 與果實蠅科 (10.7%)，其中以搖蚊科 9 個物種豐度最高。在白茅區中，膜翅目以蟻科的豐度 (12 種) 和豐量 (54.2%) 為最高，其次為廣肩小蜂科 (24.8%) 和金小蜂科 (11.5%)；在雙翅目部分，果實蠅科 (31.9%) 豐量最高，其次為搖蚊科 (26.1%)；在半翅目部分，葉蟬科 10 個物種 (54.7%) 豐量最高，其次為稻蝨科 5 個物

種 (22.7%)；鞘翅目以蟻形蟲科豐量最高 (44.0%)，但只有 1 個物種，其次為象鼻蟲科 (32.0%) 有 4 個物種；嚙蟲目則只有外嚙蟲科 (58.3%) 與毛嚙蟲科 (41.7%) 兩科各 1 個物種。在防風林區的半翅目中，稻蝨科 (51.5%) 豐量最高，其次為木蝨科 (22.6%) 與葉蟬科 (12.8%)，但豐度以葉蟬科 11 種為最高；在雙翅目的科別豐量高低依序為日蠅科 (23.6%)、蚊科 (17.3%)、大蚊科 (10.6%)，但豐度為長足蛇科 10 種為最高，該科豐量僅佔 5.1%；在膜翅目部分，蟻科 (30.2%) 豐量最高，其次為繭蜂科 (21.0%) 與小蜂科 (13.5%)。在各目的季節性波動上，狗牙根區半翅目和膜翅目的數量存在季節性消長現象，寄生性膜翅目物種常為半翅目害蟲天敵 (古橋、西野 1984)，葉蟬、稻蝨等常具遷移性，例如擬寄生蜂寄生葉蟬 (English-Loeb *et al.* 2003, Jepsen *et al.* 2007)，當 7~11 月擬寄生蜂大量出現時，半翅目葉蟬數量可能受到抑制，而在 12 月膜翅目數量大幅降低後，葉蟬數量大幅攀升；在白茅區主要為螞蟻在 6~12 月活動，其他目別則較為零星出現；而防風林優勢的半翅目稻蝨科在 5 月大量出現，而 1、2 月則是木蝨科數量較多，次優勢的雙翅目在 6 月至隔年 2 月有較高的豐量，則為日蠅科、蚊科、大蚊科、金果蠅科等多物種共同集合，除日蠅科單一物種在 6 月有顯著高峰期外，其他較優勢的物種並未顯現季節的偏好。

掉落式陷阱主要採集地棲昆蟲，除了蟻科外，以地面活動的甲蟲為主要類群，雖然三種樣區的昆蟲豐度、豐量與多樣性無法顯現差異，但 K_w 值仍指出各樣區間昆蟲組成的結構相似性仍低，狗牙根區中，鞘翅目豐量最高的科別為步行蟲科 (63.6%)，其物種豐度 16 種亦最高，而膜翅目則只有蟻科的 9 個物種出現，為唯一科別。在白茅區，膜翅目以蟻科 13 個物種為主 (99.8%)，其餘僅捕獲蟻蜂科 1 隻；而鞘翅目部分，豐量以擬步行蟲科 (29.4%) 最高，其下優勢科別依序為叩頭蟲科 (24.0%)、步行蟲科 (16.9%)、球蕈蟲科 (13.4%) 與金龜子科

(12.0%)，其中以步行蟲科 9 種物種豐度最高。於防風林區中，鞘翅目豐量以擬步行蟲科 (51.8%) 最高，其豐度最高，共捕獲 7 個物種，其次較為優勢的科別為閻魔蟲科 (18.6%) 與步行蟲科 (13.1%)；膜翅目以蟻科 9 個物種為主 (99.3%)，其餘僅捕獲姬蜂科與螫蜂科各 1 隻。在優勢目別的季節性中，狗牙根區鞘翅目在 9 月有明顯的高峰，主要為黃斑炮步行蟲 (*Pheropsophus javanus*) 大量出現，該物種為偏好草地棲地的捕食者，在臺灣南北的濕地中皆有發現 (Hwang 2006)；在白茅區膜翅目在 8、9 月與隔年 2 月的高峰期則分別為三個蟻科物種的高峰期，在鞘翅目 6~12 月的活躍期則是由擬步行蟲科、叩頭蟲科、步行蟲科多物種集合而成，優勢物種出現時間為多月份重疊，如最優勢的物種為擬步行蟲科的 *Gonocephalum* sp. 為全年皆可捕獲；在防風林區鞘翅目的季節性亦為多物種在多月份採集數量集合的顯現，其最優勢的物種亦為擬步行蟲科 *Gonocephalum* 屬全年皆可捕獲的另一個物種，而膜翅目的季節性趨勢則受蟻科單一優勢物種的捕獲數影響。

誌謝

本研究承蒙國立陽明大學生命科學系曹順成教授協助鑑定半翅目、國立自然科學博物館的詹美玲博士協助鑑定嚙蟲目、行政院農委會農業試驗所的李奇峰博士協助鑑定鞘翅目、李後鋒博士協助鑑定等翅目、農委會林業試驗所葉文琪先生協助鑑定膜翅目與蜻蛉目、國立臺灣大學昆蟲學系楊世綵小姐協助鑑定雙翅目、國立中興大學昆蟲學系蔡正隆先生協助鑑定直翅目，以及台江國家公園採集證核發，特此一併感謝。

引用文獻

行政院農業委員會。2002。公告「臺南縣曾文溪口黑面琵鷺野生動物重要棲息環境」之

類別及範圍。農委會公報 18(20)。

魏映雪。2003。四草野生動物保護區紅樹林生態系之蝶類與螞蟻多樣性及組成。行政院國家科學委員會專題計畫成果報告。

謝國興。2003。台江研究資料與研究導論，台江庄社家族故事：台江歷史文化自然生態資源研究手冊。安東庭園社區管理委員會，台南市。

黃秀雯。2005。七股野生動物重要棲息地之林地昆蟲相與茄二十八星瓢蟲生命表。碩士論文，國立中興大學，台中市。

葉秋好。2005。台灣沿海濕地草澤之植群生態研究。碩士論文，國立中山大學，高雄市。

李淑玲。2006。西港鄉聚落的拓墾與開發之研究。博士論文，國立台南大學，台南市。

台南市政府。2009a。98 年度「台南市四草野生動物保護區經營管理工作」計畫成果報告。台南市政府。

台南市政府。2009b。臺南市 98 年度國家重要濕地生態環境調查及復育計畫期末報告。台南市政府。

謝宗欣。2009。國立台南大學七股校區植物圖鑑。國立台南大學，台南市。

何立德、羅柳墀、盧道杰、陳維立、徐嘉鴻。

2010。台南縣曾文溪口北岸黑面琵鷺野生動物保護區經營管理效能評估。許義忠主編：「世界國家公園視野與策略」暨「世界各國國家公園面臨的管理問題」國際研討會論文集(II):1-26。華立圖書出版，ISBN 978-957-784-353-1。

黃文伯。2011。南北台灣環境變異對屍食性螞蟻(Hymenoptera: Formicidae)群聚組成與屍體利用之影響。生物學報 46(1):21-31。

許皓捷、池文傑、柯智仁、楊曼瑜、周大慶、李培芬。2012。以鳥類資料評估四草溼地水鳥棲地改善工程之成效。國家公園學報 22(1):1-17。

葉文斌、李蕙宜、廖盈盈。2012。雪山圈谷灌木叢昆蟲群聚組成及季節性變動調查。國家公園學報 22(1):18-26。

- 古橋嘉一、西野操。1984。ヤノネカイガラムシの導入天敵とその防除効果。植物防疫 38: 258-262。
- Butterfield J, ML Luff, M Baines and MD Eyre. 1995) Carabid beetle communities as indicator of conservation potential in upland forest. *Forest Ecology and Management* 79:63-77.
- English-Loeb G, M Rhoads, TE Martinson and T Ugin. 2003. Influence of flowering cover crops on *Anagrus* parasitoids (Hymenoptera: Mymaridae) and *Erythroneura* leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae) in New York vineyards. *Agricultural and Forest Entomology* 5:173-181.
- Jepsen SJ, JA Rosenheim and ME Bench. 2007. The effect of sulfur on biological control of the grape leafhopper, *Erythroneura elegantula*, by the egg parasitoid *Anagrus erythroneurae*. *BioControl* 52:721-732.
- Hansen JE and TR New. 2005. Use of barrier pitfall traps to enhance inventory surveys of epigeic Coleoptera. *Journal of Insect Conservation* 9:131-136.
- Hughes JH, GC Daily and PR Ehrlich. 2000. Conservation of insect diversity: a habitat approach. *Conservation Biology* 14(6):1788-1797.
- Hwang W. 2006. Konkurrenz und Aasnutzung necrophager und necrophiler Käfer in Nordund Südtaiwan mit einem Beitrag zur Biologie von *Nicrophorus nepalensis* Hope (Coleoptera: Silphidae). D.Phil. Thesis, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- Hwang W, C-N Koh. 2013. Application of necrophilous beetles to long-term monitoring of a forest ecosystem associated with climatic change. *Taiwan Journal of Forest Science* 28(2):83-96.
- Ricklefs RE, IJ Lovette. 1999. The roles of island area per se and habitat diversity in the species-area relationships of four Lesser Antillean faunal groups. *Journal of Animal Ecology* 68:1142-1160.
- Scherber C, N Eisenhauer, WW Weisser, B Schmid, W Voigt, M Fischer, ED Schulze, C Roscher, A Weigelt, E Allan, H Bessler, M Bonkowski, N Buchmann, F Buscot, LW Clement, A Ebeling, C Engels, S Halle, I Kertscher, AM Klein, R Koller, S König, E Kowalski, V Kummer, A Kuu, M Lange, D Lauterbach, C Middelhoff, VD Migunova, A Milcu, R Müller, S Partsch, JS Petermann, C Renker, T Rottstock, A Sabais, S Scheu, J Schumacher, VM Temperton, T Tschardtke. 2010. Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature* 468:553-556.