

## 雪山圈谷灌木叢昆蟲群聚組成及季節性變動調查

葉文斌<sup>1,2</sup>, 李蕙宜<sup>1</sup>, 廖盈盈<sup>1</sup>

<sup>1</sup>國立中興大學昆蟲學系; <sup>2</sup>通訊作者 E-mail: [wbyeh@nchu.edu.tw](mailto:wbyeh@nchu.edu.tw)

**[摘要]** 本研究以雪山圈谷海拔 3,600 公尺森林界線以上地區之昆蟲為對象, 於 2006-2010 年每兩月掃網收集及鑑定玉山杜鵑與玉山圓柏灌叢及其下枯落物內之昆蟲, 並計算各目昆蟲生物量, 以探討雪山圈谷地區的昆蟲組成、季節性變化、食性特性及探討小型昆蟲及大型昆蟲在生態能量提供上的差別。總計在兩種植物上捕獲的 11 目 9,812 隻昆蟲中, 優勢的昆蟲所佔數量百分比為半翅目(75.3%)、雙翅目(13.8%)及彈尾目(5.5%), 以 8 月份數量最高, 其次為 6 月; 玉山圓柏上優勢的物種為木蝨, 玉山杜鵑上則為蚜蟲。枯落物中則以彈尾目(69%)、雙翅目(13.3%)及鞘翅目(11.7%)為優勢昆蟲, 各月之間的數量變化很大, 大量發生在 2 月、4 月或 8 月; 兩種植物中, 以玉山圓柏灌叢下的昆蟲數量較玉山杜鵑多。半翅目為最主要的植食者(>80%), 其數量遠大於分解者及捕食者, 而捕食者多為膜翅目及革翅目, 分解者主為雙翅目及彈尾目。植物上生物量以 6 月及 8 月份最多, 半翅目多於雙翅目、鞘翅目及其它各目; 但枯落物中鞘翅目及雙翅目是生物量的主要組成, 彈尾目昆蟲雖然是枯落物內最多的昆蟲, 因體型微小, 生物量數值小。

**關鍵字:** 雪山圈谷、昆蟲棲群變動、高山昆蟲相、土棲昆蟲、生物量

## Composition and Seasonal Dynamics of Insect Communities in Thicket Shrubs in Xue Mountain Glacial Cirque

Wen-Bin Yeh<sup>1,2</sup>, Hui-Yi Li<sup>1</sup> and Yin-Yin Liao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Entomology, National Chung Hsing University; <sup>2</sup>Corresponding author E-mail: [wbyeh@nchu.edu.tw](mailto:wbyeh@nchu.edu.tw)

**ABSTRACT** Insects in rhododendron and juniper vegetation, located in a timberline area above 3,600 m a.s.l. in Xue Mountain glacial cirque were studied. Samples were collected, using sweeping net method from the plant vegetation and also collected from litter layer, at every two months interval between 2006 and 2010. The study included insect community compositions, dynamics, ecological functions, and the importance of insect body size in relation to energy flow. Insects on plants, mostly occurring in August and June, were Hemiptera (75.3%) with some Diptera (13.8%), and Collembola (5.5%). The dominant insect on juniper was psyllid, and on rhododendron was aphid. As in the litter layer, the dominant insects were Collembola (69%), Diptera (13.3%), and Coleoptera (11.7%) under juniper and rhododendron vegetation. The number of insects in the litter layer varied annually and maximized in February, April, or August. The phytophagous insects, consisting mainly of hemipteran, were more abundant than those of the predators, hymenopteran and demapteran. The decomposers were mainly dipteran

and collembolan. The biomass of insects in plant vegetation, mostly hemipteran, dipteran and coleopteran, maximized in June and August. In litter, however, the insects with large body size but small in numbers, coleopteran and dipteran, have contributed more to the biomass than those of small in size but large in numbers, such as collembolan.

**Keywords:** glacial cirque, insect dynamics, alpine insect fauna, soil insect, biomass

## 前言

台灣島位於西太平洋上, 夏季常有西南氣流, 冬季常吹東北季風; 地理上是熱帶及亞熱帶的氣候分佈區, 卻因高山亦有溫帶及寒原環境(Su 1984), 在這種特殊的地理環境下, 高海拔昆蟲有其特殊的適應狀態(Aunaas *et al.* 1983, Coulson *et al.* 2000, Danks 2004)。雪山圈谷為雪霸國家公園境內海拔 3,500 公尺以上至雪山主峰間的冰河孑遺地形, 主要植被為玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum* Hayata) 及玉山圓柏(*Juniperus squamata* Lamb. var. *morrisonicola* (Hayata)); 此地區每年降雪期長達 4 個月, 氣候變化大, 對昆蟲的存活及族群變動影響甚鉅(魏聰輝、林博雄 2010)。

以台灣高海拔昆蟲相為題材的研究報告並不多, Kano and Yoshimura (1934)研究雪山地區數個高山湖泊, 發現以毛翅目石蠶蛾、蜻蛉目晏蜓、鞘翅目豆龍蟲及半翅目水黽為主。陳東瑤及林俊義(1989)指出, 合歡山區箭竹草原的昆蟲以 6-10 月為出現高峰, 且昆蟲的密度受到箭竹草原的組成影響; 掃網所得的主要昆蟲為半翅目的葉蟬、蚜蟲及雙翅目搖蚊, 而水果腐肉陷阱則為彈尾目跳蟲及膜翅目螞蟻。林斯正等(2006)調查合歡山池沼的水生昆蟲, 發現搖蚊科為主要的優勢昆蟲, 數量佔約該昆蟲相的 40%。連裕益及楊平世(2000)則指出高山甲蟲不易鑑定的困擾。中海拔山區的調查當中, Otsu *et al.* (1992)及何健鎔等(1997)指出海拔 2,500 公尺的七彩湖以石蠶蛾、搖蚊、晏蜓及豆龍蟲為主。楊平世及徐琦峰在太魯閣國家公園的昆蟲相調查以中橫沿線為主(楊平世 1989, 1991, 1992, 1993, 1999, 徐琦峰、楊平世 2006, 2007), 雖對太魯閣國家公園的部分高山地區進行研究, 但其採集次數及時間並

無法全面看出高海拔昆蟲的組成及變動, 亦甚少觸及高海拔 3,000 公尺以上之昆蟲分佈。

本研究以雪山圈谷之主要植被玉山杜鵑及玉山圓柏灌木叢為對象, 按時調查該植物上及其下棲息之昆蟲相, 分析昆蟲群聚組成及其季節性變化, 建立並探討各類昆蟲的生物量組成及取食特性等生態基本資料。

## 方法

### 一、調查樣區、方法及時間

調查地點為海拔高度 3,600-3,886 公尺的雪山圈谷(圖 1), 每兩個月於天候狀況良好(未下雨)的情形下, 採穿越線掃網(sweeping net, 簡稱 SWP)收集山徑兩旁 2 公尺內灌叢上之昆蟲, 各採集 200 網。採集地點因調查設計分為兩個階段: 一為 2006 年, 沿圈谷至主峰登山步道兩旁之灌木叢(含玉山圓柏及玉山杜鵑兩種植物), 收集登山步道兩旁受干擾區之昆蟲; 另一為 2009-2010 年, 針對圈谷中心主要

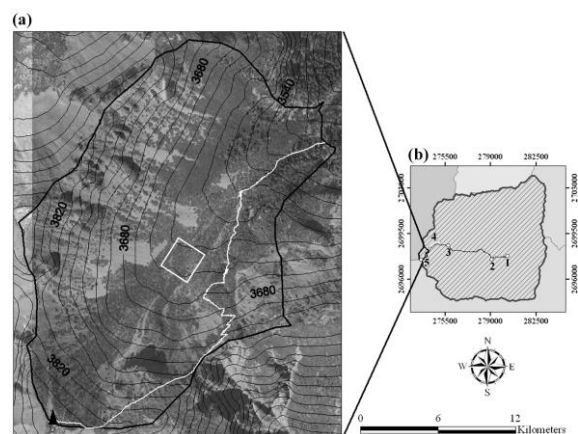


圖 1. 雪山圈谷樣區採集圖

(a)黑色粗線為圈谷範圍, 黑色細線為海拔高度, 白色實線為圈谷登山步道, 白色方形框為圈谷中心採樣區; (b)採集樣區位於武陵農場億年橋集水區之相對位置, 黑色步道之主要景點為: 1. 登山口 2. 七彩山莊 3. 369 山莊 4. 黑森林 5. 主峰

植被玉山杜鵑及玉山圓柏分別進行掃網，收集未受干擾地區之昆蟲。網得之昆蟲裝於 10 號夾鍊袋(30 cm × 20 cm)中，帶回實驗室保存於酒精中，進一步分類鑑定。

另於 2007-2010 年針對圈谷樣區內的玉山杜鵑及玉山圓柏地表枯枝落葉層(litter, 簡稱 LIT)進行土棲昆蟲調查，收集日期與掃網同日，每兩月逢機選擇圈谷中心樣區內玉山杜鵑及玉山圓柏灌叢下之枯落葉及部份腐植土各 3 叢，置於 10 號夾鍊袋中；於實驗室以柏氏漏斗(Berlese funnel)以 60 W 燈泡照射 5-7 天，將蟲篩出；標本浸泡於酒精中，再進一步分類鑑定。

## 二、樣本處理保存及鑑定

將 SWP 及 LIT 等代碼，編入每一形態種之標本代號，採集標籤、標本代碼與標本一起置於 95%酒精中。記錄各目昆蟲、形態種及數量，將常見昆蟲鑑定至科級；鑑定方法參考 Triplehorn and Johnson (2005)之昆蟲分類檢索表；並於解剖顯微鏡下置放尺規，測量各標本頭頂到腹部末端之體長資料，以評估其相對之生物量。研究之樣本均保存於中興大學昆蟲學系。

## 三、分析方法

玉山圓柏及玉山杜鵑下枯落物內昆蟲數量的差異，用 Excel 2003 進行成對母體平均數差 t 檢定。依昆蟲取食特性，對植物上採得之昆蟲進行植食者(phytophagous)、捕食者(predaceous)及分解者(decomposer)的組成分析。昆蟲重量應用昆蟲介量( $\text{Weight} = a \times \text{Length}^b$ )進行轉換(Gruner 2003)，將昆蟲各形態種體長資料轉換成生物量，其中 Length 單位是 mm，Weight 單位 mg。

## 結果

### 一、雪山圈谷灌叢植被上之昆蟲組成

於 2006 年及 2009-2010 年間從雪山圈谷

主要植被玉山杜鵑及玉山圓柏掃網累積昆蟲數量為 11 目 9,812 隻昆蟲。各目昆蟲數依其所占百分比可知，雪山圈谷灌叢植物上優勢的昆蟲類群百分比分別為半翅目(75.3%) > 雙翅目(13.8%) > 彈尾目(5.5%) > 鞘翅目(1.2%)。圖 2 顯示 2006 及 2009-2010 三年各目昆蟲的數量變化，其中 2006 年採集的樣區為主峰登山步道兩旁的玉山圓柏及玉山杜鵑為主，而 2009 年及 2010 年兩年則是以圈谷中心的玉山圓柏及玉山杜鵑；這兩個採樣地區的昆蟲數量有很大的差別，可能與樣區不同有關，登山步道兩旁灌叢上的半翅目數量少很多，但雙翅目較多。整體來看，數量較多的半翅目三個年度都以 8 月份最高，可達 1,900 隻，其次為 6 月，之後為 10 月，而 2009 年 10 月份的半翅目數量遠多於 2010 年；數量次多的雙翅目以 6 月為最多，其次為 8 月，分別有 268 隻及 172 隻，但 2006 年 12 月另有一高峰，主要為搖蚊科，有 391 隻；彈尾目的數量為第三，以 6 月及 8 月是其高峰；其它各目昆蟲中，膜翅目、鞘翅目、鱗翅目、嚙蟲目、半翅目、直翅目等全年可見，但 6 月、8 月及 10 月為其主要出現時段；而鱗翅目昆蟲全年可見，以 2 月及 4 月為主要出現季節。

### 二、雪山圈谷玉山杜鵑及玉山圓柏上之昆蟲組成變化

除 2009 年 12 月樣區為冰雪覆蓋未能收集外，綜合 2009 及 2010 年各月份的收集結果，圈谷玉山杜鵑及玉山圓柏上的昆蟲主要在 6 月、8 月及 10 月出現，共 8,883 隻(90.5%)，數量以 6 月及 8 月到達高峰(圖 3a)。就半翅目而言(圖 3b)，木蟲多在玉山圓柏上，而蚜蟲則在玉山杜鵑上，葉蟬也偏好在玉山杜鵑上(表 1)；玉山圓柏上的木蟲在 6 月及 8 月均很高，甚至在 2009 年的 10 月也有非常高的數量；玉山杜鵑上的蚜蟲數量則顯示，6 月、8 月及 10 月為最適合的生長季節，但 10 月的量較少，2009 年以 8 月最合適，2010 年則為 6 月。雙翅目昆蟲以蚤蠅、搖蚊及黑翅蕈蚋為主(表 1)

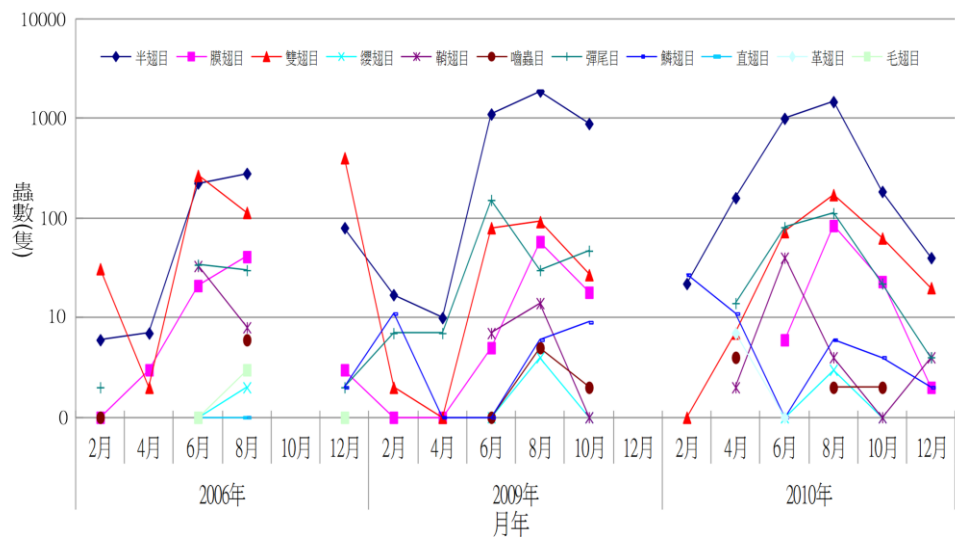


圖 2. 雪山圈谷植物上 2006、2009 及 2010 年各目昆蟲數量的季節變化

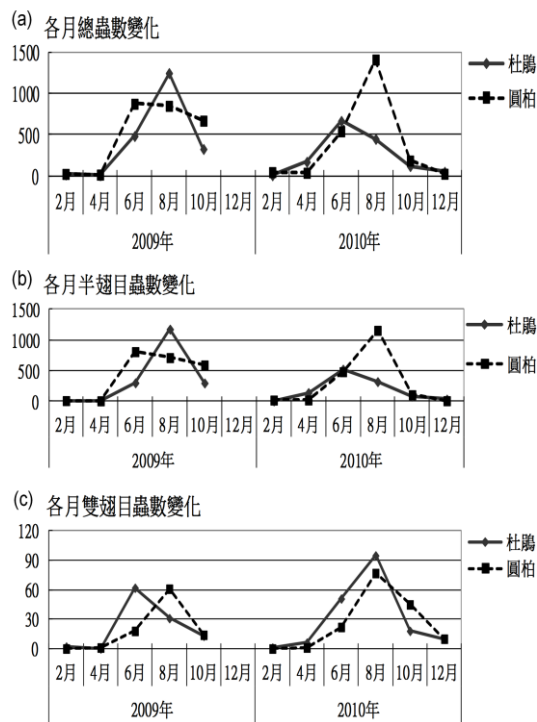


圖 3. 雪山圈谷玉山杜鵑及玉山圓柏上之優勢昆蟲及總數量季節變化

，也是以 6 月、8 月及 10 月為主要出現季節(圖 3c)；玉山圓柏上都是以 8 月為出現高峰，雙翅目則為 6 月或 8 月。整體而言，玉山杜鵑及玉山圓柏上的昆蟲隨季節變化，自 6 月起昆蟲數量增高到最大量或到 8 月達最大量，之後數

量下降，到 10 月還有不少昆蟲數量，但到 12 月則已少見。

### 三、雪山圈谷地區灌叢枯落物內之昆蟲組成

除天候狀況影響未收集到的月份外，累計 2007-2010 年枯枝落物中昆蟲個體數結果，共計已鑑定 3,799 隻，分屬 10 目。彈尾目、雙翅目及鞘翅目為優勢昆蟲，個體數分別有 2,621 (69%)、507 (13.3%)及 446 (11.7%)隻，佔枯枝落物中昆蟲總蟲數的 94.1%。此外，膜翅目有 71 隻個體數，其餘的半翅目、鱗翅目及嚙蟲目等，僅佔總蟲數 6%。較特別的是，枯落物中幼蟲所佔的比例不少，像雙翅目及鱗翅目幼蟲各有 74% (217/294)及 56% (18/32)。各月份組成數量可知(圖 4)，各年月之間的變化很大，2010 年數量最少，最大量月份則 2 月、4 月或 8 月都有可能，主要為彈尾目昆蟲。

### 四、雪山圈谷玉山杜鵑及玉山圓柏枯枝落葉層之昆蟲組成變化

於 2007 至 2010 年間各月份期間的蟲量有明顯的差別，未如灌木上的昆蟲，並沒有明顯的規律性(圖 4)，2007 年以 2 月份數量最多，2008 年是 2 月及 8 月，2009 年為 4 月，2010 年未有顯著的高峰期，較特別的是 6 月

份的蟲量都非常稀少，玉山圓柏枯落物內的昆蟲數量，顯然較多於玉山杜鵑( $t = -1.94, P < 0.033$ )；以優勢目來看，彈尾目 > 雙翅目 > 鞘翅目。彈尾目在 2007-2009 年皆有一顯著的個體數量，2010 年數量未有明顯的高峰(圖 4b)；玉山圓柏枯落物內的彈尾目昆蟲顯然高於玉山杜鵑下彈尾目( $t = -2.4, P < 0.013$ )，僅在 2010 年 4 月玉山杜鵑下出現較多彈尾目；大量的月份可能出現在 2 月、4 月或 8 月，最表 1. 雪山圈谷玉山圓柏及玉山杜鵑上半翅目及雙翅目之主要科別昆蟲數量

目名	科名	玉山 圓柏	玉山 杜鵑
半翅目	木蝨科(Psyllidae)	3813	1118
	常蚜科(Aphididae)	4	1514
	葉蟬科(Cicadellidae)	69	311
	沫蟬科(Cercopidae)	3	0
	菱飛蝨科(Cixiidae)	4	1
	飛蝨科(Delphacidae)	2	0
	瘦綿蚜科(Eriosomatidae)	1	0
	未分科(unknown)	13	19
雙翅目	蚤蠅科(Phoridae)	59	55
	搖蚊科(Chironomidae)	38	64
	黑翅蕈蚋科(Sciariidae)	45	26
	擬花蠅科(Scathophagidae)	13	44
	舞虻科(Empididae)	11	35
	家蠅科(Muscidae)	7	30
	果蠅科(Drosophilidae)	9	11
	蚋科(Simuliidae)	0	17
	花蠅科(Anthomyiidae)	6	10
	縞蠅科(Lauxaniidae)	3	13
	黃潛蠅科(Chloropidae)	7	7
	蕈蚋科(Mycetophilidae)	4	7
	陽蠅科(Heleomyzidae)	6	4
	冬大蚊科(Trichoceridae)	0	8
	食蚜蠅科(Syrphidae)	1	7
	蠓科(Ceratopogonidae)	3	2
	瘦蚋科(Cecidomyiidae)	2	3
	果實蠅科(Tephritidae)	5	0
	毛蚋科(Bibionidae)	3	1
	水蠅科(Ephydriidae)	3	1
	鵝虻科(Rhagionidae)	2	1
	長室果蠅科(Curtonoidae)	3	0
	大蚊科(Tipulidae)	0	2
	蚊蚋科(Anisopodidae)	0	2
	山蚋科(Thaumaleidae)	2	0
	潛蠅科(Agromyzidae)	0	2
	細蚊科(Dixidae)	0	1
	細腰大蚊科(Ptychopteridae)	0	1
	網蚋科(Blepharoceridae)	0	1
	長足虻科(Dolichopodidae)	0	1
	飛蝨科(Delphacidae)	1	0
	瘦綿蚜科(Eriosomatidae)	0	1
	未分科(unknown)	16	17

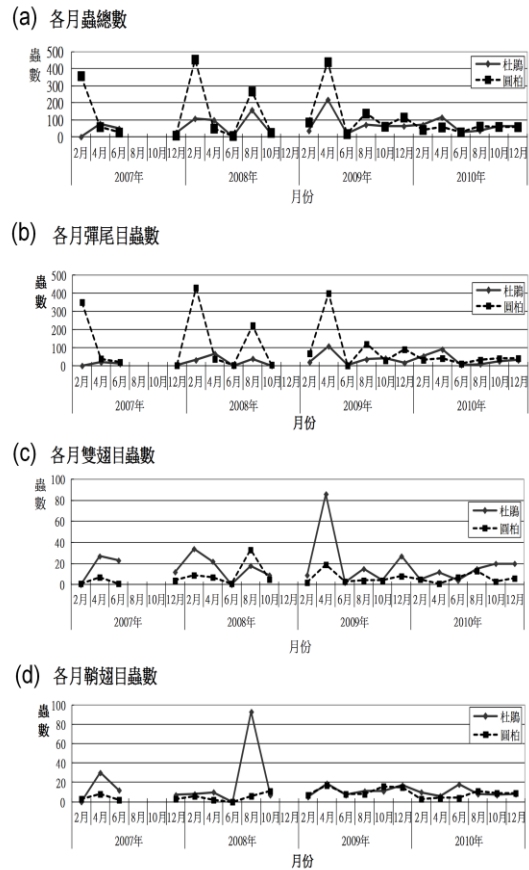


圖 4. 雪山圈谷玉山杜鵑及玉山圓柏下枯落物內之優勢昆蟲及總數量季節變化

少的月份則可能在 6 月或 10 月。雙翅目與鞘翅目所佔數量相近(圖 4c-d)，兩個目的昆蟲數量不如彈尾目多；多數的月份均顯示玉山杜鵑上雙翅目昆蟲數量較多( $t = 2.947, P < 0.004$ )，而在多數的季節，鞘翅目在玉山杜鵑及玉山圓柏下的數量沒有大差異( $t = 1.588, P < 0.064$ )，但有些季節鞘翅目昆蟲較常在玉山杜鵑下出現，像 2007 年 4 月及 2008 年 8 月。枯落物中其他各目昆蟲佔少數，僅在 2008 年二月份出現 33 隻膜翅目的個體，且從四年的資料可以發現，這些目的昆蟲在一年四季皆有捕獲，此與植物上昆蟲 6-8 月為主的特性截然不同。

### 五、雪山圈谷玉山杜鵑及玉山圓柏上之昆蟲功能群

將灌叢掃網的昆蟲食物鏈組成簡略分為植食性、捕食者(含寄生者)及分解者(表 2、圖

5)。2009-2010 年資料顯示，植食者 (> 80%) 數量遠大於分解者及捕食者數量，其中最主要的昆蟲為半翅目，即木蝨及蚜蟲；而捕食者最主要昆蟲為膜翅目的寄生蜂，但僅有 2-3%；分解者主要組成有兩類昆蟲，一為雙翅目的蚊蠅，另一為彈尾目的跳蟲。2006 年的雙翅目搖蚊數量大發生及半翅目數量較少，致使分解者數量遠大於植食者，採樣區不同可能是造成差異的另一原因。

表 2. 雪山圈谷灌叢植物所捕獲昆蟲數量及其食性

食性	目名	2006 年	2009 年	2010 年
植食性	半翅目	599	3912	2885
	縷翅目	3	6	5
	鞘翅目	41	22	51
	鱗翅目	3	28	51
	直翅目	2	0	0
捕食性	膜翅目	69	83	115
	革翅目	1	0	8
	毛翅目	5	0	0
分解者	雙翅目	818	202	336
	嚙蟲目	7	8	8
	彈尾目	68	243	233

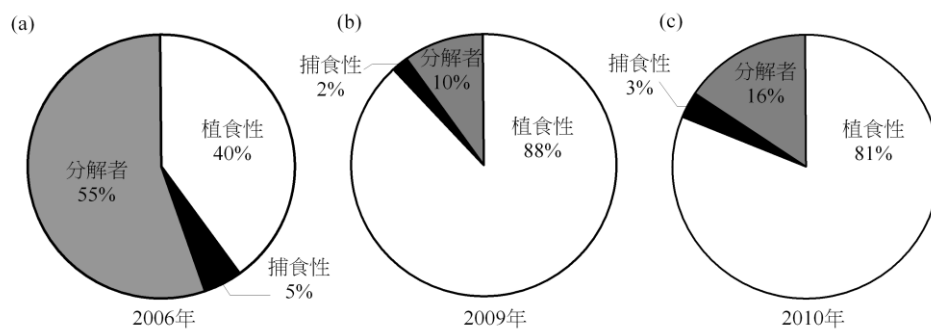


圖 5. 雪山圈谷植物上 2006、2009 及 2010 年植食性、捕食性及分解者之比例

表 3. 雪山圈谷玉山圓柏及玉山杜鵑上依年月份別掃網之各目昆蟲生物量(mg)

目名	2009 年					2010 年						總量
	2 月	4 月	6 月	8 月	10 月	2 月	4 月	6 月	8 月	10 月	12 月	
半翅目	0.776	2.371	120.238	231.682	90.835	2.536	5.143	139.671	353.475	33.254	6.409	986.390
膜翅目	0.014	0.014	0.246	23.375	1.421			2.489	4.599	3.525	1.008	36.691
雙翅目	0.087	0.015	60.573	31.453	4.678	0.962	0.239	49.904	75.377	16.199	9.649	249.136
縷翅目			0.014	0.022	0.003			0.037	0.049	0.037		0.162
鞘翅目			0.304	9.406	0.443		2.338	43.173	2.349	0.443	5.873	64.329
嚙蟲目			0.118	0.102	0.131		0.700		0.027	0.027		1.105
彈尾目	0.039	0.073	5.714	0.096	0.320		0.078	1.370	0.771	0.565	0.135	9.161
鱗翅目	1.111	0.315	1.592	1.817	1.454	6.979	3.593	0.092	1.373	0.467	0.934	19.727
直翅目												0.000
革翅目							11.062	2.718				13.780
總量	2.027	2.788	188.799	297.953	99.285	10.477	23.153	239.454	438.020	54.517	24.008	1380.177

表 4. 雪山圈谷玉山圓柏及玉山杜鵑下枯落物依年月份別之各目昆蟲生物量(mg)

目名	2009 年						2010 年						總量
	2 月	4 月	6 月	8 月	10 月	12 月	2 月	4 月	6 月	8 月	10 月	12 月	
半翅目	0.262	0.000	0.000	0.433	0.300	2.031	0.305	0.067	0.044	0.023	0.432	0.140	4.037
膜翅目			0.275	0.229	0.245			0.227	0.658	0.573	0.027	0.199	2.433
雙翅目	0.590	30.194	2.661	7.379	6.176	9.681	1.993	5.959	13.427	36.707	84.633	39.293	208.499
縷翅目	0.086	0.109	0.123	0.014	0.008			0.073				0.008	0.421
鞘翅目	10.756	21.673	20.660	9.038	24.488	47.348	15.749	10.350	30.214	22.478	22.064	33.753	268.571
嚙蟲目	0.002	0.062	0.430	0.169	0.007	0.016		0.020		0.184	0.812		1.702
彈尾目	0.322	4.516	0.151	0.395	0.375	0.301	0.752	0.829	0.089	0.269	0.534	1.613	10.146
鱗翅目	1.108	0.640	2.394	0.988	6.232	0.467	3.656	6.109	7.774		0.315	0.467	30.150
革翅目	3.234	5.893	34.477	9.343	3.673	3.234	3.803		3.234		10.474	3.721	81.086
毛翅目	0.150												0.150
總量	16.510	32.893	61.171	27.988	41.504	63.078	26.258	23.634	55.440	60.234	119.291	79.194	607.195

## 六、昆蟲體長的生物量轉換

植物上 2009 年及 2010 年掃網所得昆蟲部分累積的生物量分別是 590 mg 及 790 mg (表 3)，全年以 6 月及 8 月份生物量最多，其次為 10 月。8 月因為中大型半翅目蚜蟲及木蝨數量遽增近兩千隻，使生物量升高，表 3 顯示半翅目生物量遠大於雙翅目及鞘翅目，其餘各目的生物量較少。雙翅目在 6 月或 8 月有最高的量，而鞘翅目則是以 6 月居多。彈尾目昆蟲數量雖然遠多於鞘翅目，但體型小，生物量僅 9 mg，較個體數少的膜翅目、鱗翅目及革翅目的 36 mg、20 mg 及 14 mg 還少。

雪山圈谷枯落物中 2009-2010 年累積的生物量分別為 243 mg 及 364 mg (表 4)，兩年的資料均顯示 2 月份的生物量最低，而 2010 年的 10 月高達 120 mg。鞘翅目及雙翅目是生物量的主要組成，尤其是鞘翅目，在各個月份都有 10 mg 以上的量，雙翅目則以 4 月、6 月、8 月、10 月及 12 月都有可能多，甚在 10 月有 85 mg 的量；彈尾目昆蟲雖然是枯落物內最多量的昆蟲，但其體型微小，生物量兩年總計僅有 10 mg，在 2009 年 4 月雖有 508 隻跳蟲，但生物量卻不到 5 mg；而鱗翅目及革翅目昆蟲，其數量均少於 4 隻，因體型大，生物量僅次於鞘翅目及雙翅目，且遠大於彈尾目。

## 討論

### 一、雪山圈谷玉山圓柏及玉山杜鵑上之昆蟲組成及變異

不同植物上所捕獲的昆蟲組成在目的層級未有很大的差別，但若以科級來看，則可看出適應於特定植物可能性；像玉山圓柏上的半翅目幾乎全為木蝨，少見常蚜科昆蟲，但在玉山杜鵑上則反過來，幾乎全為蚜蟲少見木蝨，顯示出特定昆蟲與植物間的適應的現象(表 1)；雖然玉山杜鵑上也有不少的木蝨，據採集經驗，此可能是具翅膀的木蝨，有部分個體被強風吹到玉山杜鵑上，而玉山杜鵑上的蚜蟲為無翅型，被風吹而飛到玉山圓柏的機會較小所

致；但 2010 年的蚜蟲少很多，未若木蝨族群穩定；此外，數量最多的月份是 6 月或 8 月，則無法從目前研究資料下結論，需要更多年的調查資料或縮短調查的間隔(每月調查一次)，才有可能進一步釐清，也可能隨當年氣候有所變動。植物上次多的雙翅目，主為蚤蠅、搖蚊及黑翅蕈蚋，均可於玉山圓柏及玉山杜鵑上採得(表 1)，未見特殊適應現象。雪山圈谷植物上的昆蟲組成與合歡山的昆蟲組成差異甚大，陳東瑤及林俊義(1989)指出合歡山區的掃網昆蟲以葉蟬、搖蚊及蚜蟲為主，這差異主要原因可能是植物相的不同，合歡山的植物相主為箭竹及冷杉。

### 二、雪山圈谷植物上及枯落物內的昆蟲組成及變異

陳東瑤及林俊義(1989)在合歡山的調查結果顯示以 6 月、8 月及 10 月的蟲量最多，本研究則顯示，圈谷樣區在枯落物內及植物上捕獲的昆蟲數量，於各月份有極大的變異。枯落物內的昆蟲組成變化可知，即使在寒冷的 2 月及 4 月，仍有著大量的跳蟲存在，在氣溫較高的 6-8 月反而不一定有較高的數量；顯示高海拔地區的跳蟲數量變化並非與季節溫度有直接相關；此一現象除生活周期短外，或許與枯落物下的跳蟲已適應高海拔低溫環境有關，而枯落物下的微棲地環境與樹上部截然不同，也可能是原因之一；Coulson *et al.* (2000)曾指出有些跳蟲是較耐寒的無脊椎動物之一，微棲所對其族群量有很大的影響，且在枯落葉的分解上有著重要的生態意義(Aunaas *et al.* 1983)；而 2 月及 4 月的積雪期間仍有大量的跳蟲，是否與抗凍蛋白種類或體內海藻糖及甘油比例有關(Worland *et al.* 2004, Wharton *et al.* 2009)，則需進一步探討。而雙翅目及鱗翅目也有不少以幼蟲過冬的適應現象(圖 6)，於 12 月、2 月及 4 月幼蟲的相對數量明顯高過成蟲，2009 年 2 月因未採得若蟲，僅 2 隻成蟲遂佔 100%的比例；Danks (2004)曾指出經由幼蟲期度過寒冷季節是寒帶昆蟲的適應方式之一。植物灌叢上



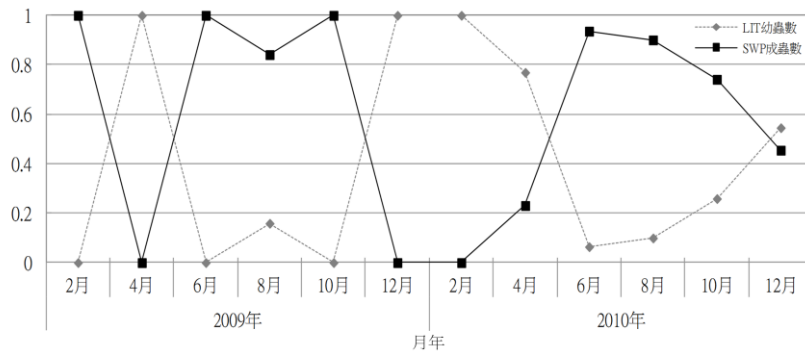


圖 6. 雪山圈谷玉山杜鵑及玉山圓柏下枯落物內之雙翅目成蟲及幼蟲各季節相對變化量

的昆蟲因 1-4 月圈谷內可能尚有積雪(魏聰輝、林博雄 2010)，其上之蟲量極少，但 6 月及 8 月以半翅目的木蝨及蚜蟲為主的昆蟲數量非常驚人，10 月氣溫雖高，昆蟲量已明顯減少；玉山圓柏及玉山杜鵑是常綠喬木，即使在寒冬木蝨及蚜蟲仍有食物來源，此一變動顯然與季節溫度有極大的關係(Danks 2004)。

### 三、雪山圈谷昆蟲生態功能群之變化

個體數雖看出食物鏈相組成，但因昆蟲種類多，體型大小及重量特性差異大，當以生物量為基準探討食物鏈相組成時，可發現比例大不同，尤其是枯落物內的跳蟲佔大多數，甚至比蟲量少但體型大的鱗翅目及革翅目還少；可知，體型較大的昆蟲，是枯落物內生物量較具影響力的昆蟲。跳蟲的生物量雖然少，但其在圈谷生態功能分解者的角色卻不容忽視；在高海拔地區無蚯蚓等其它環節動物扮演植物枯枝落葉及土壤的分解者角色，新陳代謝速率特化的跳蟲快速分解腐敗動植物、細菌、真菌及藍綠藻的特性，遂成為高海拔地區能量流動的重要因素之一(Aunaas *et al.* 1983, Coulson *et al.* 2000, Triplehorn and Johnson 2005)。

另值得一提的是枯落物內的昆蟲生物量達 600 mg，相較於植物上的 1,400 mg 並不算少；而每次的調查當中，玉山圓柏及玉山杜鵑的枯落物各僅收集 3 叢，與總共 400 網的灌叢昆蟲收集比起來算少，更可見枯落物昆蟲在生態功能上的重要性。

本研究雖然將昆蟲分為植食者、捕食者及分解者探討昆蟲在生態功能群上的角色，但在生態系的能量流動上，所有昆蟲皆是其他生物的食物來源，像是鳥類、蜈蚣、蠅蠍或步行蟲。野外觀查資料顯示，即使在冬季，圈谷或黑森林仍可見鳥類在啄食倒木上或樹皮縫內的搖蚊，可見在冬天昆蟲仍為鳥類重要的食物來源。

本研究雖釐清部分圈谷玉山圓柏及玉山杜鵑上的昆蟲組成及變動，但此部分的昆蟲是否是居住於圈谷，或僅存於圈谷則不一定。具飛行能力的雙翅目及鞘翅目有可能自雪山黑森林或海拔 3,500 公尺以下的區域因飛行或氣流而來到圈谷地區，不像彈尾目或半翅目昆蟲遷移能力弱，較能確定其為居於圈谷的物種。而圈谷地區的昆蟲的世代長短，是否可藉由 6 月及 8 月為出現高峰來判定，也須進一步比較蟲體齡期或體型大小才得以釐清。

### 結論

約略可知雪山圈谷灌叢昆蟲一年四季的變動特性，高海拔樣區植物上捕獲的昆蟲數量受各月氣候溫度影響很大，6 月及 8 月為主要出現時間，10 月也不少，主要為玉山圓柏上的木蝨及玉山杜鵑上的蚜蟲，其他各目出現的主要季節為 6 月、8 月及 10 月，但 12 月有時會有大量搖蚊出現。枯落物內的昆蟲組成以彈尾目為主，出現季節全年都有，2 月、4 月或



8月都有可能大量出現，未有明顯的規律性，玉山圓柏下的昆蟲數量顯然多於玉山杜鵑下之昆蟲；枯落物內型體較大的昆蟲數量像鱗翅目及革翅目雖少，但其生物量並不少；彈尾目量雖多但轉換生物量後數值小。食性組成顯示，圈谷地區主要捕食者為膜翅目的寄生蜂，而分解者則是彈尾目跳蟲及雙翅目。

## 誌謝

感謝雪霸國家公園提供研究計畫經費，中興大學水保系林昭遠教授協助圖 1 製作。

## 引用文獻

- 何健鎔、姜碧惠、陳添水。1997。七彩湖水生昆蟲記述。自然保育季刊 18:37-39。
- 林斯正、謝森和、楊平世。2006。合歡山池沼底棲大型無脊椎動物之分布。台灣昆蟲 26:261-272。
- 徐堉峰、楊平世。2006。太魯閣國家公園昆蟲群聚與功能之研究。內政部營建署太魯閣國家公園管理處委託研究報告，共 38 頁。
- 徐堉峰、楊平世。2007。太魯閣國家公園昆蟲群聚與功能之研究(二)。內政部營建署太魯閣國家公園管理處委託研究報告，共 154 頁。
- 連裕益、楊平世。2000。台灣高山甲蟲之研究與展望。太魯閣 2000 高山生態多樣性研討會論文集，97-106 頁。
- 陳東瑤、林俊義。1989。合歡山箭竹(*Yushania niitakayamensis*) 草原昆蟲相的初步研究。東海大學生物學研究所碩士論文，共 55 頁。
- 楊平世。1989。太魯閣國家公園之昆蟲相研究。太魯閣國家公園管理處研究報告書，共 79 頁。
- 楊平世。1991。太魯閣國家公園中、高海拔地區之昆蟲相及其相關生態研究。太魯閣國家公園管理處研究報告書，共 49 頁。

- 楊平世。1992。太魯閣國家公園中高海拔地區之昆蟲相及其相關生態研究(II)。太魯閣國家公園管理處研究報告書，共 59 頁。
- 楊平世。1993。高山地區昆蟲資源之研究。太魯閣國家公園管理處研究報告書，共 47 頁。
- 楊平世。1999。太魯閣國家公園螢火蟲相調查。太魯閣國家公園管理處研究報告書，共 24 頁。
- 魏聰輝、林博雄。2010。高山微氣象與熱量收支研究。雪山地區高山生態系整合研究期末報告，雪霸國家公園委託研究報告，共 79 頁。

- Aunaas, T, J. G. Baust and K. E. Zachariassen. 1983. Ecophysiological studies on arthropods from Spitsbergen. *Polar Research* 1:235-240.
- Coulson, S. J., H. P. Leinaas, R. A. Ims and G. Søvik. 2000. Experimental manipulation of the winter surface ice layer: the effects on a high arctic soil microarthropod community. *Ecography* 23:299-306.
- Danks, H. V. 2004. Seasonal adaptations in arctic insects. *Integrative and Comparative Biology* 44:85-94.
- Gruner, D. 2003. Regression of length and width to predict arthropod biomass in the Hawaiian Islands. *Pacific Science* 57:325-336.
- Kano, T. and S. Yoshimura. 1934. Introduction of higher mountain pools in the Tsukitaka mountain zone. *Limnology* 4:54-65. (Japanese).
- Otsu, T., C. S. Tzeng and G. Sato. 1992. Notes on the limno-biological survey of the Lake Chitsai in the central Taiwan. *Journal of the Taiwan Museum* 35:39-50.
- Su, H. J. 1984. Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (II) altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17:57-73.
- Triplehorn, C. A. and N. F. Johnson. 2005. *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. Thomson Learning Press, USA, 864 pp.
- Wharton, D. A., B. Powb, M. Kristensen, H. Ramlov and C. J. Marshall. 2009. Ice-active proteins and cryoprotectants from the New Zealand alpine cockroach, *Celatoblatta quinque maculata*. *Journal of Insect Physiology* 55:27-31.
- Worland, M. R., D. A. Wharton and S. G. Byars. 2004. Intracellular freezing and survival in the freeze tolerant alpine cockroach *Celatoblatta quinque maculata*. *Journal of Insect Physiology* 50:225-232.