



Insect Composition of the Canopy Layer from the Native and Plantation Forests in Xuejian Area 【Research report】

雪見地區天然林與人工林樹冠層昆蟲組成分析【研究報告】

Wen-Bin Yeh*, Hui-Yi Li, Cheng-Lung Tsai, Yu-Pang Chan

葉文斌*、李蕙宜、蔡正隆、詹毓邦

*通訊作者E-mail: wbyeh@nchu.edu.tw

Received: 2015/12/30 Accepted: 2016/01/19 Available online: 2016/01/01

Abstract

Three kinds of investigative methods were applied to determine the insect composition in the canopy layer in the Xuejian area of Shei-Pa National Park. Diptera was the insect order that was most abundant in the canopy layer, followed by Hymenoptera, Coleoptera, and Hemiptera, while some insect orders could only be found in native forest. The capturing efficiency of Diptera, Hymenoptera, and Lepidoptera looked similar for all sampling methods. The diversity of insects captured using the Malaise trap (MLT) and the sweeping net (SWP) were high, while it was low using the hanging trap (HNT) even though the HNT collected a high number of dipteran insects. Dimensional and clustering analyses showed that the sampling methods themselves cause the acquisition of a heterogeneous insect composition. The attractive odor of pineapple is the reason for the HNT to have a different insect composition compared to the MLT and SWP sampling methods, both of which have similar insect composition. The insect family composition found in the MLT showed an abundance of insects from the dipteran families, Sciaridae and Cecidomyiidae, each of which is common in its native forest and plantation forest, respectively. The abundance of insects from the hymenopteran families were mainly Halictidae, Braconidae, and Encyrtidae. The Braconidae especially was found in large numbers in the plantation forest. The abundance of Coleoptera were mainly Staphylinidae, Scolytidae, and Elateridae, but with especially large numbers of Nitidulidae and Pselaphidae in the plantation forest. Among the hemipteran families, the Cicadellidae was the most abundant, the Psyllidae was the most abundant in the native forest, and the Coccoidea was the most common in the plantation forest. Insect dynamics showed that a large amount of insect could be collected in summer time, but that the number collected in winter could be very low. Although the insect diversity in the plantation forest was very low, some insect families appeared to be dominant. In Taiwan, the insect fauna of the plantation forest has rarely been investigated, and thus the survey of native and plantation forests in this study could be helpful in managing economic activity in the forest.

摘要

雪霸國家公園雪見地區的樹冠層昆蟲調查顯示，以雙翅目 (Diptera) 昆蟲明顯居多，其次為膜翅目 (Hymenoptera)、鞘翅目 (Coleoptera) 及半翅目 (Hemiptera)，有些目級的昆蟲僅見於天然林內。三種調查方法在雙翅目、膜翅目及鱗翅目 (Lepidoptera) 有相似的誘捕效能；掃網及馬氏網法均於天然林捕到較多樣的昆蟲，懸掛式誘餌陷阱法 (吊網) 捕獲量雖不少，但多樣性低。群聚分析法也顯示不同調查法收集到的昆蟲組成不同，吊網法捕獲組成變異很大，可能是鳳梨皮獨特誘引特性造成，掃網及馬氏網捕獲組成較相近。馬氏網調查結果顯示，雙翅目的黑翅蕈蚋科 (Sciaridae) 及瘿蚋科 (Cecidomyiidae) 最多，但天然林黑翅蕈蚋較多，人工林內則是瘿蚋；膜翅目主要為隧蜂科 (Halictidae)、繭蜂科 (Braconidae)、跳小蜂科 (Encyrtidae)，但人工林內有大量的繭蜂科；鞘翅目主要為隱翅蟲科 (Staphylinidae)、小蠹蟲科 (Scolytidae) 與叩頭蟲科 (Elateridae)，但人工林有不少比例的出尾蟲科 (Nitidulidae) 及蟻塚蟲科 (Pselaphidae)；半翅目主要為葉蟬科 (Cicadellidae)，天然林內另有大量的木蝨科 (Psyllidae)，人工林則是介殼蟲 (Coccoidea)。雪見四季昆蟲捕獲量顯示，夏季最多，冬季的捕獲效能最低。人工林的昆蟲調查在國內並不多，其昆蟲多樣性雖低，卻具有特定的昆蟲組成。本研究針對天然林及人工林的昆蟲組成調查，可做為森林經營管理時之重要參考資料。

Key words: Canopy, insect fauna, hanging trap, malaise trap, plantation forest

關鍵詞: 樹冠層、昆蟲相、懸掛式誘餌陷阱、馬氏網、人工林

Full Text: [PDF \(2.4 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

雪見地區天然林與人工林樹冠層昆蟲組成分析

葉文斌*、李蕙宜、蔡正隆、詹毓邦

國立中興大學昆蟲學系 40227 台中市南區興大路 145 號

摘 要

雪霸國家公園雪見地區的樹冠層昆蟲調查顯示，以雙翅目 (Diptera) 昆蟲明顯居多，其次為膜翅目 (Hymenoptera)、鞘翅目 (Coleoptera) 及半翅目 (Hemiptera)，有些目級的昆蟲僅見於天然林內。三種調查方法在雙翅目、膜翅目及鱗翅目 (Lepidoptera) 有相似的誘捕效能；掃網及馬氏網法均於天然林捕到較多樣的昆蟲，懸掛式誘餌陷阱法(吊網)捕獲量雖不少，但多樣性低。群聚分析法也顯示不同調查法收集到的昆蟲組成不同，吊網法捕獲組成變異很大，可能是鳳梨皮獨特誘引特性造成，掃網及馬氏網捕獲組成較相近。馬氏網調查結果顯示，雙翅目的黑翅蕈蚋科 (Sciaridae) 及瘿蚋科 (Cecidomyiidae) 最多，但天然林黑翅蕈蚋較多，人工林內則是瘿蚋；膜翅目主要為隧蜂科 (Halictidae)、繭蜂科 (Braconidae)、跳小蜂科 (Encyrtidae)，但人工林內有大量的繭蜂科；鞘翅目主要為隱翅蟲科 (Staphylinidae)、小蠹蟲科 (Scolytidae) 與叩頭蟲科 (Elateridae)，但人工林有不少比例的出尾蟲科 (Nitidulidae) 及蟻塚蟲科 (Pselaphidae)；半翅目主要為葉蟬科 (Cicadellidae)，天然林內另有大量的木蝨科 (Psyllidae)，人工林則是介殼蟲 (Coccoidea)。雪見四季昆蟲捕獲量顯示，夏季最多，冬季的捕獲效能最低。人工林的昆蟲調查在國內並不多，其昆蟲多樣性雖低，卻具有特定的昆蟲組成。本研究針對天然林及人工林的昆蟲組成調查，可做為森林經營管理時之重要參考資料。

關鍵詞：樹冠層、昆蟲相、懸掛式誘餌陷阱、馬氏網、人工林。

前 言

台灣的森林面積約 210 萬公頃，佔全島 58.5%；其中天然林 (native forest) 佔約

72%，人工林 (plantation forest) 佔 21%、竹林 (bamboo forest) 佔 7% (<http://www.forest.gov.tw/>)。台灣目前雖已不進行天然林的伐木，但人造林地的經營仍是重要的木材經

*論文聯繫人
Corresponding email: wbyeh@nchu.edu.tw

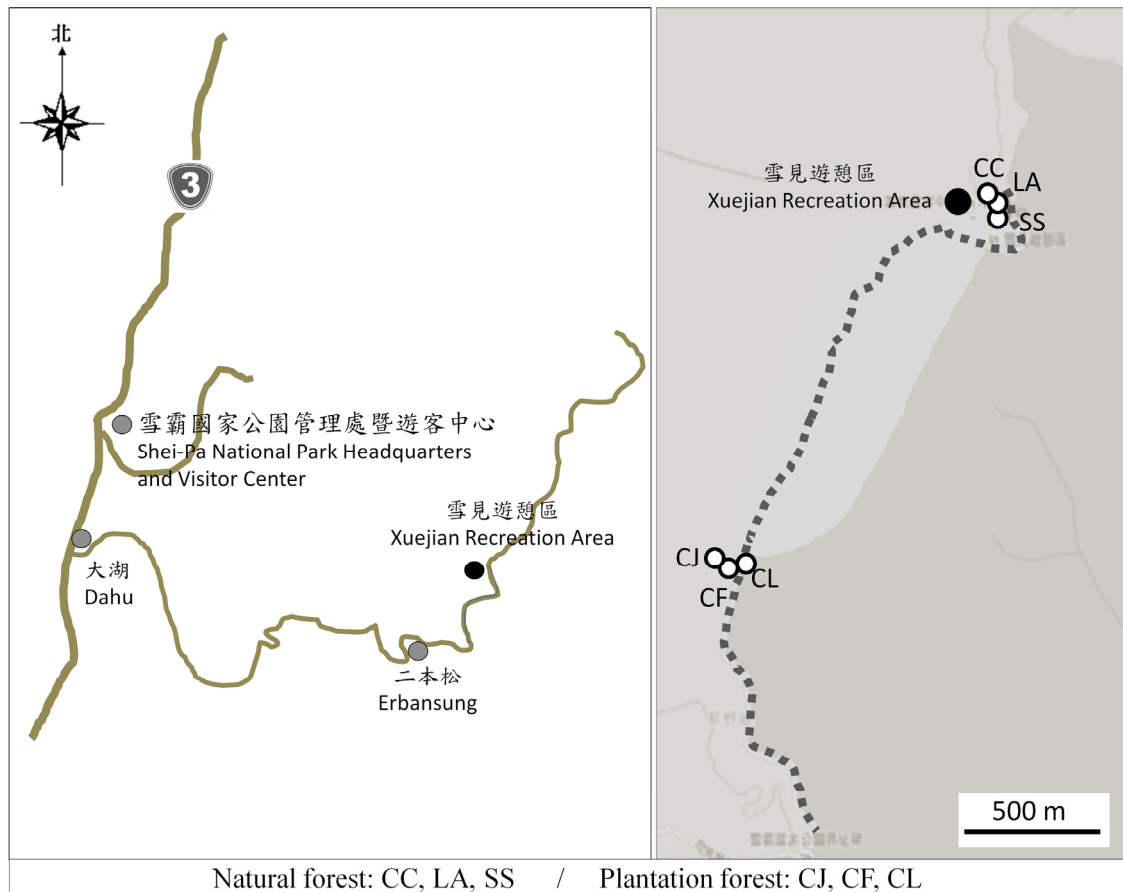
濟活動，如何達到木材利用並兼顧到相關生態資源及生物多樣性的維護，必須知曉人工林內之生物特性及其與天然林內生物多樣性及組成的區別；除了解維護天然林的生物資源外，也可兼顧經營人工林的生態多樣性維護。雪霸國家公園的天然林佔 75.9%，人工林佔 17.6%，其內的雪見遊憩區位於苗栗縣泰安鄉，海拔約 1800 m，全區面積為 9 公頃。依 *Ou (1996)* 在雪見地區植群調查的結果顯示，該區天然林主要林型為闊葉林，人工林林型有杉木、檜木、柳杉、竹林、松類、樺、柳杉混合林與闊葉造林地等，頗能代表台灣中海拔孕育的天然林植群與人工林特性。

森林內的不同樹層會因光照、風、雨、濕度等不同而有不同的生物相 (*Parker, 1995* ; *Franklin et al., 2003* ; *Jaffe et al., 2007*)，也分別成為各類昆蟲棲息、取食、築巢、躲藏的重要棲地；樹冠層 (canopy layer) 則是森林垂直分層中的最頂層，也是森林生態系擁有光合作用最旺盛的場所。樹冠層生物相調查法雖依經費、技術、調查對象不同而開發出各類調查方法 (*Leather, 2005*)，但 20-30 m 的樹冠高空，一般採集方法難以應用，也因而限制了樹冠層的昆蟲多樣性研究。殺蟲劑噴霧法 (fogging) 被認為是樹冠層昆蟲快速有效的重要研究方法 (*Paarmannt and Stork, 1987*)，但 *Floren and Linsenmiar (1997)* 指出噴霧法施行直至七個月之後，樹冠昆蟲組成與數量仍不相同，已顯示出噴霧法對昆蟲組成已造成影響，也已直接大量破壞該樹冠的生態環境；其它如馬氏網法 (malaise trap, MLT) (*Tangmitcharoen et al., 2006*)、大型塔式起重機 (large tower crane) (*Parker et al., 1992*)、樹冠平台 (canopy platform) (*Lowman and Bouricius, 1995*)、單繩技術 (single rope techniques, SRT) (*Lowman,*

1998)、漂浮熱氣球懸掛三角筏 (sled) (*Lowman, 1998*)、樹枝截取 (branch clipping) (*Ozanne, 2005*)、攔截網 (interception trap) (*Ozanne, 2005*)、黏蟲紙 (sticky traps) (*Compton et al., 2000*) 等，則常有儀器設備、經費、技術不易迄及的困擾。

台灣有關樹冠層昆蟲相的調查資料並不多。*Hsu et al. (2010)* 曾於觀霧地區利用抖落法、目視法及網捕法，調查樹冠層鱗翅目與鞘翅目昆蟲組成，但其所應用長竿捕網的調查工具，要達到 20~30 m 高的樹冠層有其困難，所捕得的昆蟲是否能代表樹冠層昆蟲組成尚需評估。*Fu (2011)* 於雪見遊憩區架設離地 21 m 高的樹冠平台，並利用吊網、枝條套網、黃色黏蟲紙及徒手採集，進行樹冠昆蟲資源的調查研究，發現有 9 目 528 隻昆蟲。*Yeh et al. (2013)* 則利用噴霧法、吊網 (即本文之懸掛式誘餌陷阱)、馬氏網、黏蟲紙、掃網等方式調查雪見遊憩區樹冠層昆蟲組成，發現利用馬氏網、吊網及掃網等調查法的結果，也可得到噴霧調查方法的昆蟲組成特性。但上述相關資料均尚未發表。

本研究以數量眾多、多樣特化、適應能力高的昆蟲為對象，調查雪見遊憩地區天然林及人工林樹冠層上的昆蟲組成；在未有大型塔式起重機、樹冠平台等設備下，也排除無法調查昆蟲組成四季變動的噴霧法，應用 *Yeh et al. (2013)* 評估過的馬式網、掃網及吊網等方法比較天然林及人工林樹冠層昆蟲組成變動；天然林樣區以殼斗科、樟科等優勢植物為主，人工林以造林常栽的檜木、柳杉及福州杉為主；除可了解維護天然林及人工林昆蟲組成及多樣性外，對於中海拔森林的整體經營管理將有所助益，可做為天然林及人工林永續經營及森林保育策略的訂定參考。



圖一 雪見遊憩區；調查之樹種縮寫參考內文。
Fig. 1. Sampling localities in Xuejian area.

材料與方法

調查的樣區位於雪霸國家公園的雪見遊憩區 (Xuejian Recreation Area) (圖一)，依 Ou (1996) 對雪見地區天然林及人工林的林型調查，選取園區內代表樹種六種，利用掃網、吊網、馬氏網三種調查方式進行樹冠層昆蟲採樣，調查時間為 2014 年每三個月 (3、6、9、12 月) 各採樣一次。

一、天然林與人工林樹種選取

天然林樣樹為長尾尖葉槲 (*Castanopsis cuspidata*，代號 CC)、木荷 (*Schima superba*，代號 SS)、杏葉石櫟 (*Lithocarpus amygdalifolius*，代號 LA)。人工林樣樹為柳杉 (*Cryptomeria japonica*，代號 CJ)、紅檜 (*Chamaecyparis formosensis*，代號 CF)、福州杉 (*Cunninghamia lanceolata*，代號 CL)。六種樣樹的位置座標 (TWD97) 為：木荷 (24.424397, 121.014721)、杏葉石櫟 (24.424738, 121.014666)、長尾尖葉槲

(24.425012, 121.014280)、柳杉 (24.4137677, 121.004098)、紅檜 (24.413453, 121.004590)、福州杉 (24.413819, 121.005091)。

二、樹冠層昆蟲調查方法

針對上述天然林與人工林共六固定樣樹，採用三種不同採集特性的調查法，以期調查到較完整的昆蟲組成特性。在每季皆施行掃網、懸掛式誘餌陷阱與馬氏網法調查昆蟲組成，馬氏網法具有趨性攔截的特性，懸掛式誘餌陷阱為鳳梨氣味誘引效果，掃網則為樹棲或植食特性的捕獲。

1. 掃網 (sweeping net, SWP)：於 20 m 高的木荷樹冠平台上用長竿掃網，掃取 22 網，做樹冠層掃網；另利用 6 m 長竿捕網掃取近樹冠之林層。每棵樹掃 22 網，同樹種重複掃網三次 (共 66 網)。將昆蟲放入 8 號夾鏈袋後帶回實驗室鑑定。
2. 懸掛式誘餌陷阱：於此簡稱吊網 (hanging trap, HNT)，此陷阱大小為直徑 40 cm 高 45 cm 的網體，下方吊掛塑膠杯內放置發酵的鳳梨皮誘引昆蟲，用繩索將其升至 20~25 m 樹冠層內，六樹種各升起一個吊網陷阱，誘捕放置期間為一星期。
3. 馬氏網：本試驗使用的馬氏網為標準型萬向採集網 (高 110 cm) (MegaView, Inc. Taiwan)，萬向採集網底部另接收集漏斗，每組馬氏網會有上及下兩個陷阱杯盛裝 75% 酒精收集昆蟲，六樹種分別各架設一組，用繩索升至 20~25 m 樹冠層內，收集該棵樹樹冠層活動之昆蟲，誘捕期間一星期。

三、樣本處理保存及鑑定

取得的昆蟲標本，參考 Triplehorn and Johnson (2005) 分類檢索表，將昆蟲依形態

種鑑定至科級 (Family)，編號建檔，並依資料將採集標籤、標本代碼與標本保存於含 95% 酒精的 0.75 ml 玻璃指型瓶中；本研究樣本均保存於中興大學昆蟲學系。

四、分析方法

為生態研究所需，考量人力與生物代表特性，將昆蟲鑑定至科級 (family level)，下列分析方式皆以鑑定至科級之昆蟲數量予以彙整計算。

1. 樹冠層昆蟲相組成分析

依形態種 (morphospecies) 鑑定至科級，並將目名 (Order)、科名及個體數量等資料建立 Excel 檔案。

2. 昆蟲優勢科別組成分析

參考 Engelmann (1978) 的優勢度等級 (Engelmann's Scale)，依不同百分比定義為六級，真優勢 (eudominant) 為該物種個體數量佔群聚總個體數的 32.0~100%、優勢 (dominant) 為個體數量佔群聚的 10.0~31.9%、亞優勢 (subdominant) 為個體數量佔群聚的 3.2~9.9%、劣勢 (recedent) 為個體數量佔群聚的 1.0~3.1%、亞劣勢 (subrecedent) 為個體數量佔群聚的 0.32~0.99%、稀有 (sporadic) 為個體數量小於群聚總個體數的 0.32%；本研究將各科物種個體數佔總個體數的百分比計算優勢度，依序列出真優勢、優勢與亞優勢的昆蟲類群。

3. 昆蟲群聚組成指數分析

利用套裝軟體 PC-ORD 5.0 (McCune and Mefford, 1999) 排列運算下列參數；(1) 豐度 (richness)，指科級數量；(2) 夏農-威納多樣性指數 (Shannon-Wiener's diversity index, H')，計算方式為 $\sum (P_i \times \ln(P_i))$ ，種數越多，個體分布越平均則數值越高，表示歧異度越大；(3) 辛普森多樣性指數 (Simpson's

表一 雪見地區樹冠層不同調查法捕獲各目昆蟲數量

Table 1. Number of individuals of each insect order using the 3 sampling methods from the canopy layer in the Xuejian area

Order	HNT*	MLT	SWP	Total
Diptera	5110	5202	2681	12993
Hymenoptera	341	506	1270	2117
Coleoptera	101	1034	533	1668
Hemiptera	23	349	1163	1535
Psocoptera	2	407	800	1209
Lepidoptera	479	403	178	1060
Collembola	2	469	362	833
Thysanoptera	4	131	346	481
Neuroptera	1	25	24	50
Orthoptera	2	2	29	33
Dermaptera		1	28	29
Phasmida		1	6	7
Blattaria	2	1	2	5
Trichoptera		4		4
Mecoptera		1		1
Thysanura		1		1
Plecoptera		1		1
Total	6067	8538	7422	22027

*HNT: 吊網; MLT:馬式網; SWP: 掃網

diversity index, D'), 計算方式為 $1/\sum (P_i \times P_i)$, 數值越接近於 1 表示多樣性越高; (4) 均勻度 (evenness), 計算方式為 $H/\ln(R)$ (richness), 本研究表示昆蟲個體在不同科間之分布均勻程度, 指數值在 0-1 之間。 $P_i = n_i/N$ 表示第 i 個科個體數佔總個體數 (N) 的概率。

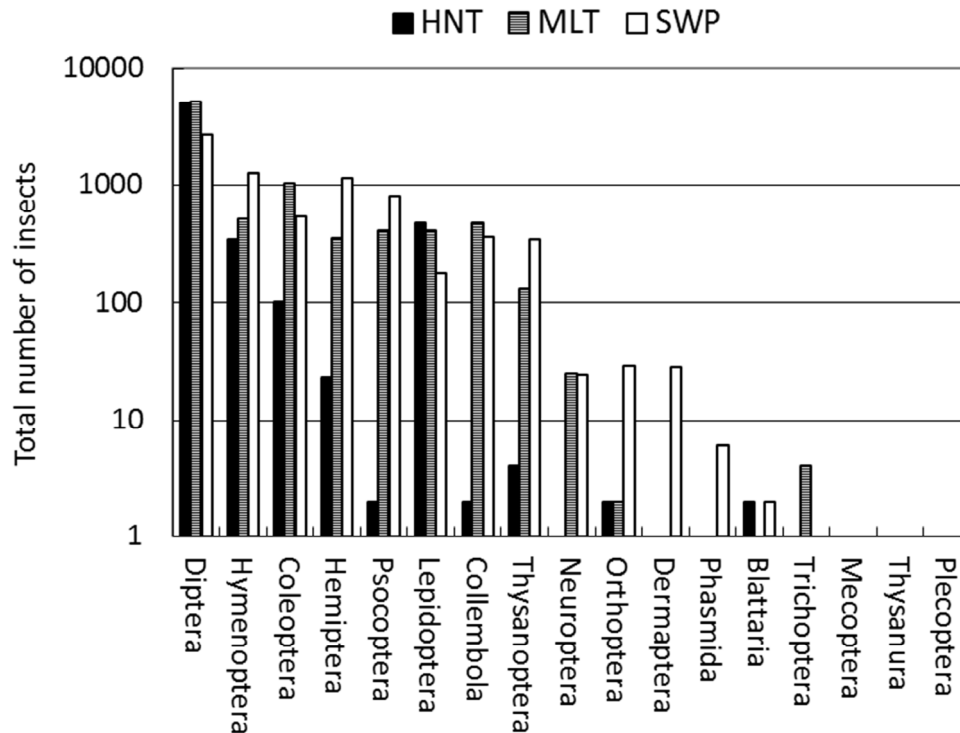
4. 群集分析

應用套裝軟體分析了解天然林與人工林昆蟲組成的差異及相似度: (1) 用 Primer 6 (Clark and Warwick, 2001) 將各科昆蟲數量利用 Bray-Curtis coefficient 計算相似值 (similarity) 並建立矩陣, 以此矩陣利用群集分析 (cluster analysis) 建立歸群分析圖; (2) 利用軟體 PC-ORD (McCune and Mefford, 1999) 將各科昆蟲數量做降趨對應分析 (DCA) 排序圖。

結 果

一、樹冠層昆蟲組成

本研究利用三種調查方法捕獲天然林及人工林樹冠層昆蟲總計 17 目 197 科 22027 隻, 以雙翅目 (Diptera) 昆蟲數量明顯居多 (表一), 計有 12993 隻 (佔 58.9%), 其次為膜翅目 (Hymenoptera) 2117 隻 (9.6%), 鞘翅目 (Coleoptera) 1668 隻 (7.5%) 及半翅目 (Hemiptera) 1535 隻 (6.9%)。三種調查方法在雙翅目、膜翅目及鱗翅目 (Lepidoptera) 的昆蟲顯示出相似的誘捕效能 (圖二), 吊網 (HNT) 的誘集效能 在 脈翅目 (Neuroptera)、彈尾目 (Collembola)、嚙目 (Psocoptera) 及 纓翅目 (Thysanoptera) 較不佳; 掃網 (SWP) 則於半翅目、直翅目 (Orthoptera) 及革翅目 (Dermaptera) 有較



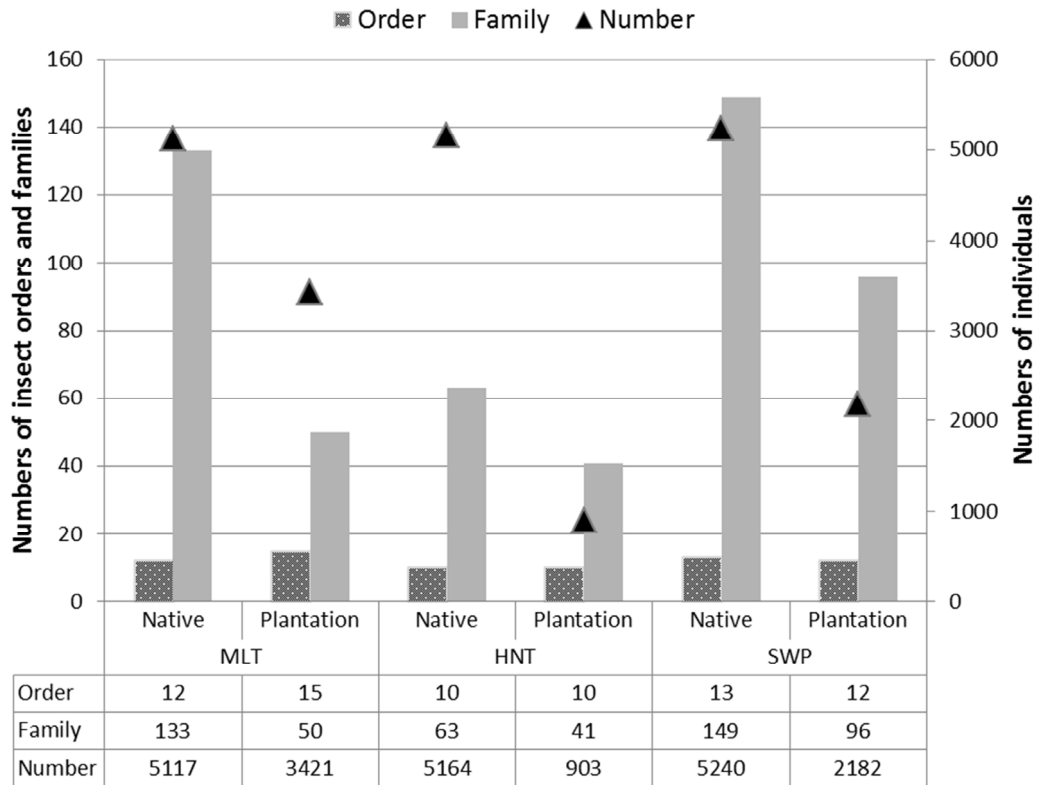
圖二 雪見地區樹冠層不同調查法捕獲各目昆蟲個體數；各採集方法縮寫參考內文。

Fig. 2. Individual number of each insect orders from the canopy layer in the Xuejian area using the 3 sampling methods. HNT: hanging trap; MLT: Malaise trap; SWP: sweeping net.

佳的捕獲效果；半翅目在三種調查方法的捕獲效能截然不同。昆蟲目級分析結果以人工林馬氏網 (MLT) 調查到 15 目最多，吊網捕獲的目數最少 (10 目)。不同調查方式捕獲的昆蟲科數與個體數量多以天然林 (native forest) 較人工林 (plantation forest) 為多 (圖三)，在科級數量中，天然林的馬氏網法及掃網法明顯可捕獲各科昆蟲的特性，吊網法捕獲的科別相對較特定。從調查的六樹種顯示，目級及科級均以吊網捕獲的昆蟲最少 (表二)，而長尾尖葉櫨 (CC) 與杏葉石櫨 (LA) 卻有相當多的個體數，是利用吊網之鳳梨皮誘引到大量的果蠅科昆蟲所致。

二、樹冠層馬氏網捕獲昆蟲科別數量比較

樹冠層昆蟲調查總計 197 科昆蟲，3 種調查方法中具誘集特性的吊網以果蠅偏多，而掃網法及馬氏網法的昆蟲各目、科別、個體數量則類似。因此，以目別及數量最多的馬氏網法為主，說明主要目別各科昆蟲數量於天然林及人工林的差別。捕獲雙翅目 42 科，天然林及人工林主要為黑翅蕈蚋科 (Sciariidae)、瘿蚋科 (Cecidomyiidae)、搖蚊科 (Chironomidae) 與蠓科 (Ceratopogonidae)，相較於天然林內有大量的黑翅蕈蚋，人工林內則有相當多的瘿蚋 (圖四)。膜翅目共發現 37 科，主要為隧蜂科 (Halictidae)、繭蜂科 (Braconidae)、跳小蜂科 (Encyrtidae)，多數科別都以天然林較人工



圖三 雪見地區天然林及人工林樹冠層不同調查法捕獲昆蟲之各目、科與個體數；各採集方法縮寫參考內文。
 Fig. 3. Number of insect orders, families and individuals from the canopy layer in the Xuejian area using the 3 sampling methods. HNT: hanging trap; MLT: Malaise trap; SWP: sweeping net.

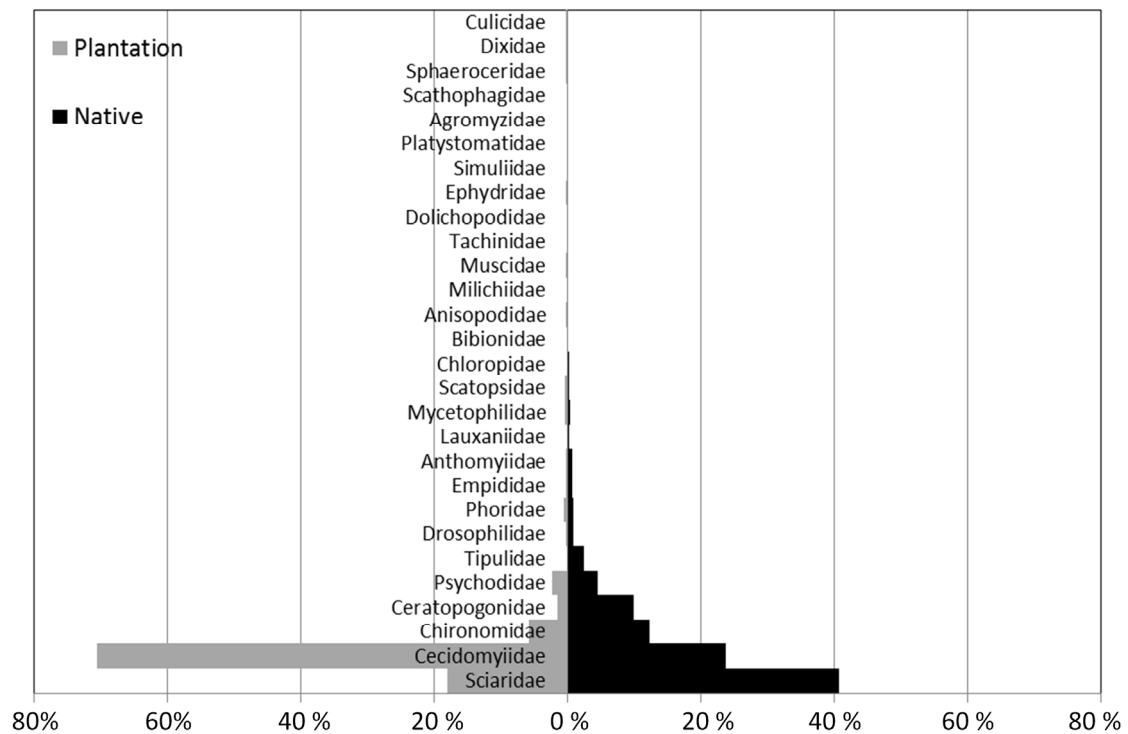
表二 雪見地區樹冠層不同調查法捕獲各目、科與昆蟲個體數；各採集方法及樹種縮寫參考內文
 Table 2. Number of insect orders, families and individuals, using the 3 sampling methods, from the canopy layer in the Xuejian area. HNT: hanging trap; MLT: Malaise trap; SWP: sweeping net

	MLT			HNT			SWP			Total	
	O*	F	No	O	F	No	O	F	No	F	No
SS	11	101	2191	6	38	810	12	112	2033	139	5034
CC	9	91	1134	7	41	3074	12	110	1912	134	6120
LA	10	104	1792	7	41	1280	13	107	1295	143	4367
CJ	8	58	839	8	27	655	12	68	604	119	2098
CF	11	56	1501	6	15	147	10	67	587	85	2235
CL	14	58	1081	6	22	101	10	71	991	100	2173
Total	17	145	8538	11	73	6067	13	155	7422	197	22027

O: order; F: family; No: number

林多量，但人工林內有相當多量的繭蜂科 (圖五); 但利用掃網法調查到的科數與個體數為三

種方式內最多者 (34 科 1263 隻) (資料未顯示)。鞘翅目科別最多達 49 科，吊網則僅能發



圖四 雪見地區天然林與人工林樹冠層馬氏網法之雙翅目各科昆蟲數量相對組成。

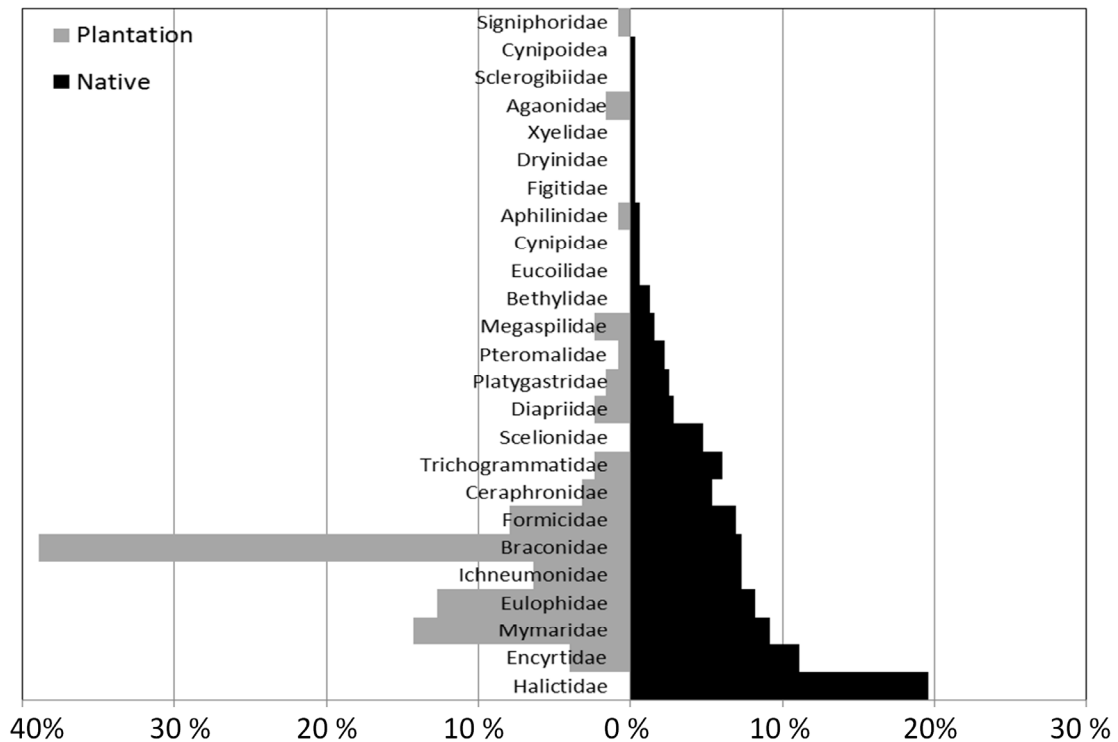
Fig. 4. Relative composition of each dipteran family acquired by Malaise trap in the canopy layer from native and plantation forests in the Xuejian area.

現 9 科；就數量而言，天然林捕獲都較人工林多，主要為隱翅蟲科 (*Staphylinidae*)、小蠹蟲科 (*Scolytidae*) 與叩頭蟲科 (*Elateridae*) (圖六)，就相對數量來看，人工林則有不少比例的出尾蟲科 (*Nitidulidae*) 及蟻塚蟲科 (*Pselaphidae*)。半翅目數量不多，主要為葉蟬科 (*Cicadellidae*) (圖七)；天然林內尚有大量的木蝨科 (*Psyllidae*) 及常蚜科 (*Aphididae*)，人工林則有大量的介殼蟲 (*Coccoidea*)。

三、昆蟲優勢科別組成分析

依照 Engelman (1978) 的優勢度六等級來看，調查結果顯示不同採集方法與不同樹

種的昆蟲優勢科別類群不相同 (表三)，但多數優勢類群皆為雙翅目昆蟲。掃網法採集的天然林與人工林沒有真優勢的昆蟲科別，表示獲得的昆蟲數量各科間較平均，人工林常見優勢的半翅目介殼蟲 (*Coccoidea*) (10%)，天然林則為黑翅蕈蚋 (11%) 及搖蚊 (11%)。吊網法不管在人工林與天然林的真優勢昆蟲皆為果蠅科 (其中天然林 64%，人工林為 46%)，吊網因為氣味的誘引造成果蠅的優勢度增加；另外，吊網法還捕獲人工林優勢蕈蚋科 (*Mycetophilidae*) 及亞優勢的蚊蚋科 (*Anisopodidae*)、黑翅蕈蚋科及天然林亞優勢的隧蜂科、蕈蚋科、蚊蚋科、黑翅蕈蚋科等昆蟲。馬氏網法顯示天然林與人工林的真優勢及



圖五 雪見地區天然林與人工林樹冠層馬氏網法之膜翅目各科昆蟲數量相對組成。

Fig. 5. Relative composition of each hymenopteran family acquired by Malaise trap in the canopy layer from native and plantation forests in the Xuejian area.

優勢昆蟲皆為雙翅目的瘿蚧與黑翅蕈蚧，但優勢程度不同，其中人工林以瘿蚧科為真優勢(43%)；亞優勢昆蟲在天然林為雙翅目昆蟲的蠓及搖蚊，而人工林多為彈尾目的球角跳蟲與長角跳蟲。

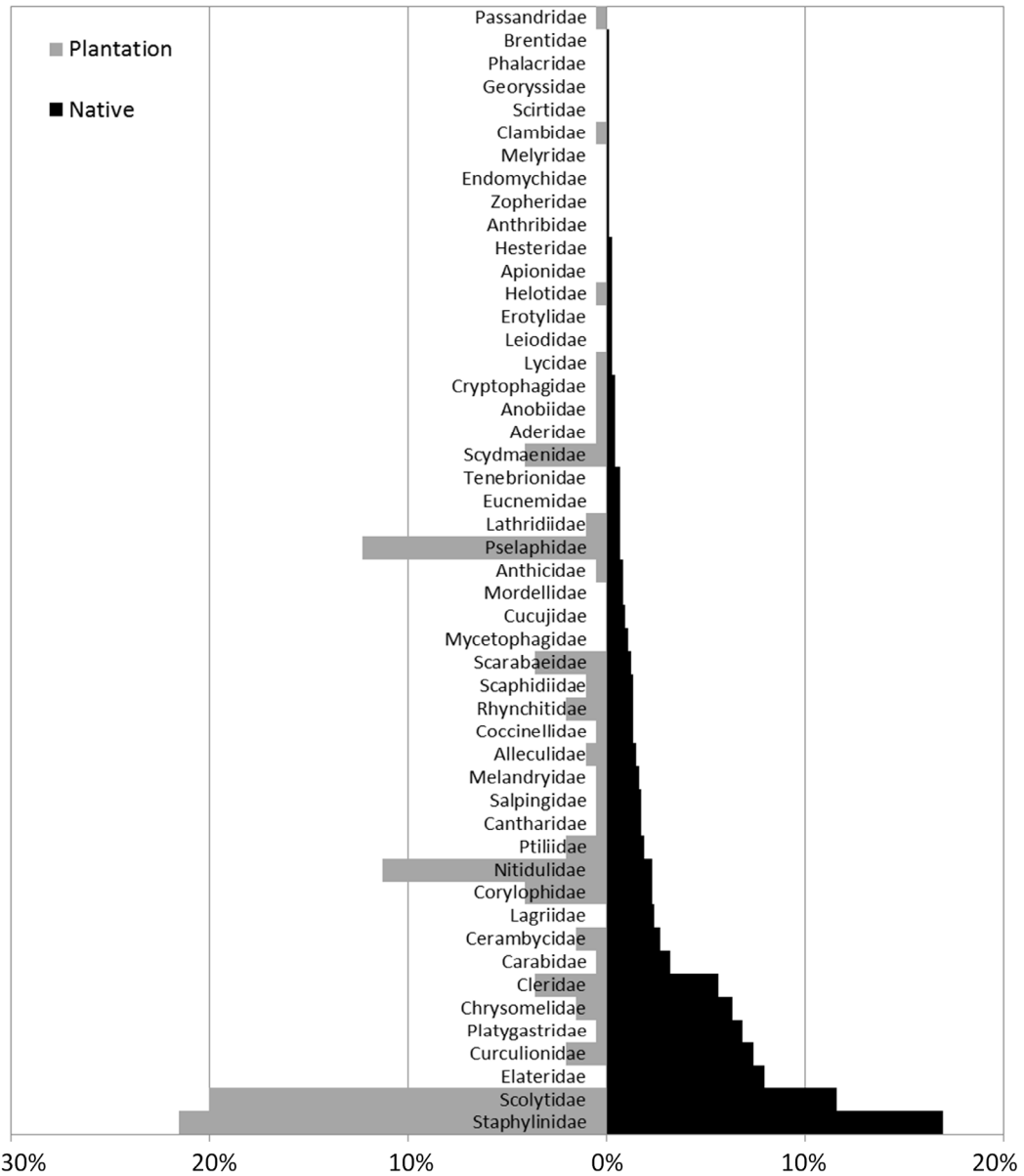
四、昆蟲群聚組成季節變化

雪見天然林及人工林四季昆蟲捕獲量與雪見溫度表示如圖八，雪見地區 2014 年年均溫約在 13 度左右，整年中以六~九月氣溫較高且穩定，但顯示出夏季(6 月)是昆蟲捕獲數量最多的季節，其次為春季(3 月)與秋季(9 月)，冬季(12 月)昆蟲量最少；春季昆蟲捕獲量於各採集法間個體數量差異大。不若天

然林，人工林內各採集法捕獲效能於各季都有很大差別，較特別的吊網採集法，無論天然林或人工林於春季及冬季的捕獲效能都近乎無；以植物為食的半翅目同翅類(介殼蟲、常蚜、木蝨)則於春夏季數量較多。

五、昆蟲多樣性分析

昆蟲科級數量多樣性分析顯示(圖九)，不同採集法科級豐度(family richness)在 15~112 間，結果顯示天然林各採集法科級豐度均高於人工林(吊網：人工林 15~27，天然林 38~41；掃網：人工林 67~71，天然林 107~112；馬氏網：人工林 56~58，天然林 91~104)。均勻度(evenness, E)指數值在

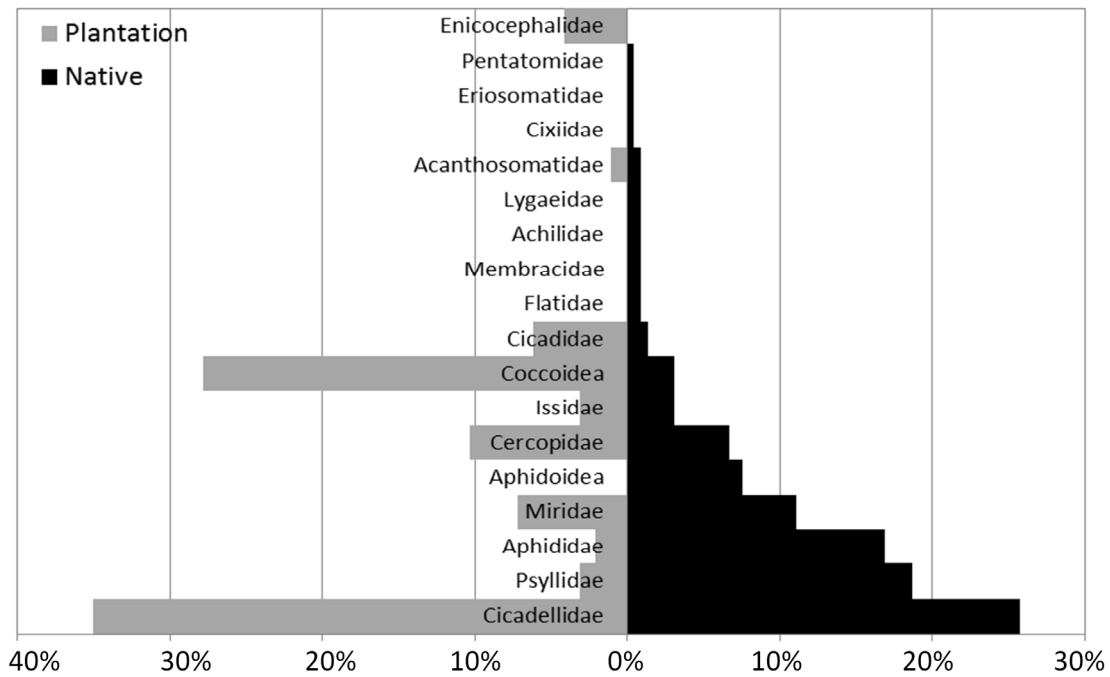


圖六 雪見地區天然林與人工林樹冠層馬氏網法之各科鞘翅目昆蟲數量相對組成。

Fig. 6. Relative composition of each coleopteran family acquired by Malaise trap in the canopy layer from native and plantation forest in the Xuejian area.

0.269~0.818，吊網的均勻度都較低，尤其以長尾尖葉櫛 (CC) 最低 (0.269)。夏農-威納多樣性指數 (H') 結果顯示，雪見樹冠層昆蟲多

樣性在 1.007~3.519 之間，也以吊網採集法的多樣性較低，而馬氏網的紅檜 (CF) 也不高；Magurran (1988) 指此值常介於 1.5~3.5 之



圖七 雪見地區天然林與人工林樹冠層馬氏網法之半翅目各科昆蟲數量相對組成。

Fig. 7. Relative composition of each hemipteran family acquired by Malaise trap in the canopy layer from native and plantation forests in the Xuejian area.

表三 雪見地區天然林與人工林樹冠層優勢昆蟲科

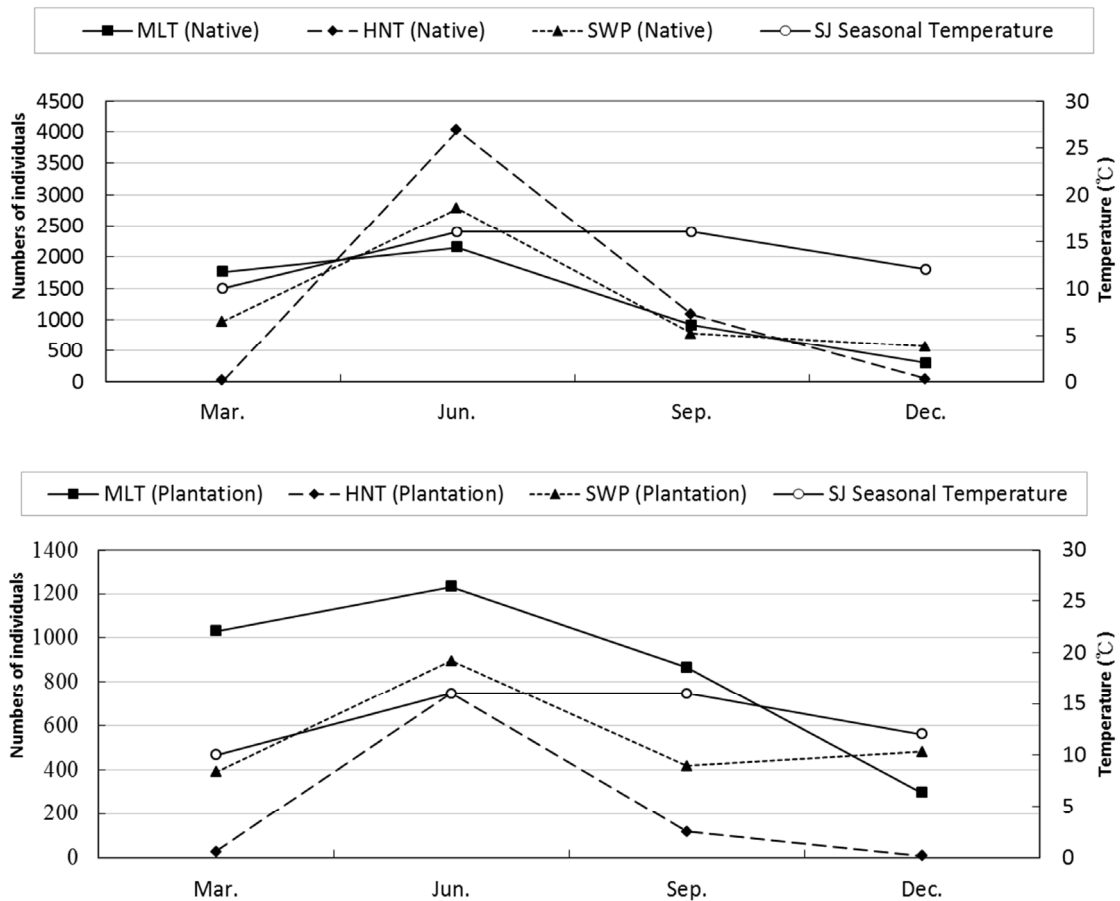
Table 3. Percentages of dominant insect families in the canopy layer in native and plantation forests in Xuejian area

	MLT		HNT		SWP	
	Native	Plantation	Native	Plantation	Native	Plantation
Eudominant		Cecidomyiidae (43%)	Drosophilidae (64%)	Drosophilidae (46%)		
Dominant	Sciaridae (24%)	Sciaridae (11%)		Mycetophilidae (18%)	Sciaridae (11%)	Coccoidea (10%)
	Cecidomyiidae (14%)				Chironomidae (11%)	
Subdominant	Chironomidae (7%)	Hypogastruridae (5%)	Mycetophilidae (9%)	Anisopodidae (9%)	Cicadellidae (5%)	Psocidae (8%)
	Ceratopogonidae (6%)	Entomobryidae (4%)	Halictidae (4%)	Sciaridae (5%)	Thripidae (5%)	Cicadellidae (6.5%)
		Chironomidae (3.5%)	Anisopodidae (4%)		Entomobryidae (4%)	Caeciliusidae (6.4%)
			Sciaridae (3.4%)		Miridae (3.5%)	Sciaridae (4.8%)
					Empididae (3.2%)	Cecidomyiidae (4.5%)
					Chironomidae (4.4%)	
					Entomobryidae (3.9%)	

* MLT: 馬式網; HNT: 吊網; SWP: 掃網

間，甚少超過 4.5，本調查低於 1.5 以下的為長尾尖葉櫛之吊網法結果 (1.007)。辛普森多樣性指數 (D') 介於 0.3701~0.9516，此值接

近於 1 顯示歧異度越高，結果也顯示吊網多樣性較低在 0.3701~0.7948 之間，掃網與馬氏網除了紅檜 (CF) 數值較低外，其他都介於



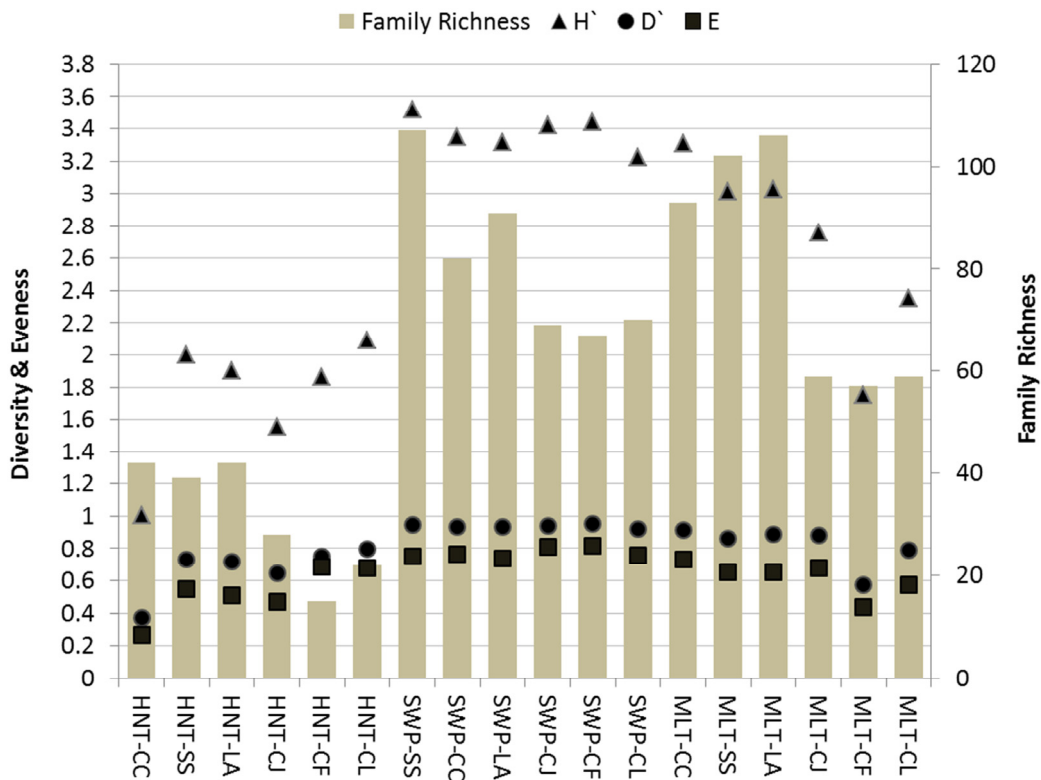
圖八 雪見地區天然林與人工林不同季節樹冠層各採集法昆蟲數量及各季節平均溫度；各採集方法縮寫參考內文。
 Fig. 8. Individual numbers for each sampling method per season from the canopy layer of native and plantation forests in the Xuejian area. The temperature in each season is shown. HNT: hanging trap; MLT: Malaise trap; SWP: sweeping net.

0.7863~0.9516 之間。

六、昆蟲群聚組成

將各樹種捕得各科昆蟲數量進行 DCA 排序分析可知，昆蟲群聚相分三大群，即為吊網 (HNT)、掃網 (SWP)、馬氏網 (MLT)，顯示出採集法的捕獲特性不同；掃網及馬氏網捕獲結果較類似，誘集與非誘集法捕獲的昆蟲組成則差異大 (圖十)；此外，不同樹種吊網捕獲結果差異很大，LA、SS 與 CJ 昆蟲組成相近，

CF、CL 與 CC 昆蟲組成差異大。昆蟲群聚分析結果也顯示吊網捕獲結果差異大 (圖十一)，人工林組成變異大 (CL、CF、CJ)、相似度介於 20~50% 之間，天然林 (SS、CC、LA) 相似度則為 30~80% 之間；掃網昆蟲相對於天然林及人工林相似度大於 40%，天然林樹種彼此間更高於 65%；馬氏網部分也顯示出高達 45% 以上的相似組成，人工林相似組成較小，約 45%，天然林則介於 58~75% 之間。以上顯示，特定的鳳梨皮的吊網誘引物，因所



圖九 雪見地區各樹種樹冠層不同調查法捕獲之科級昆蟲多樣性與均勻度分析；各多樣性指數、調查樹種及方法縮寫參考內文。

Fig. 9. The diversity index of the insect family in the canopy using 3 different sampling methods for each plant investigated in the Xuejian area. HNT: hanging trap; MLT: Malaise trap; SWP: sweeping net. CC: *Castanopsis cuspidata*; LA: *Lithocarpus amygdalifolius*; SS: *Schima superba*; CF: *Chamaecyparis formosensis*; CL: *Cunninghamia lanceolata*; CJ: *Cryptomeria japonica*. D', E, and H' are Simpson's diversity index, evenness, and Shannon-Wiener's diversity index, respectively.

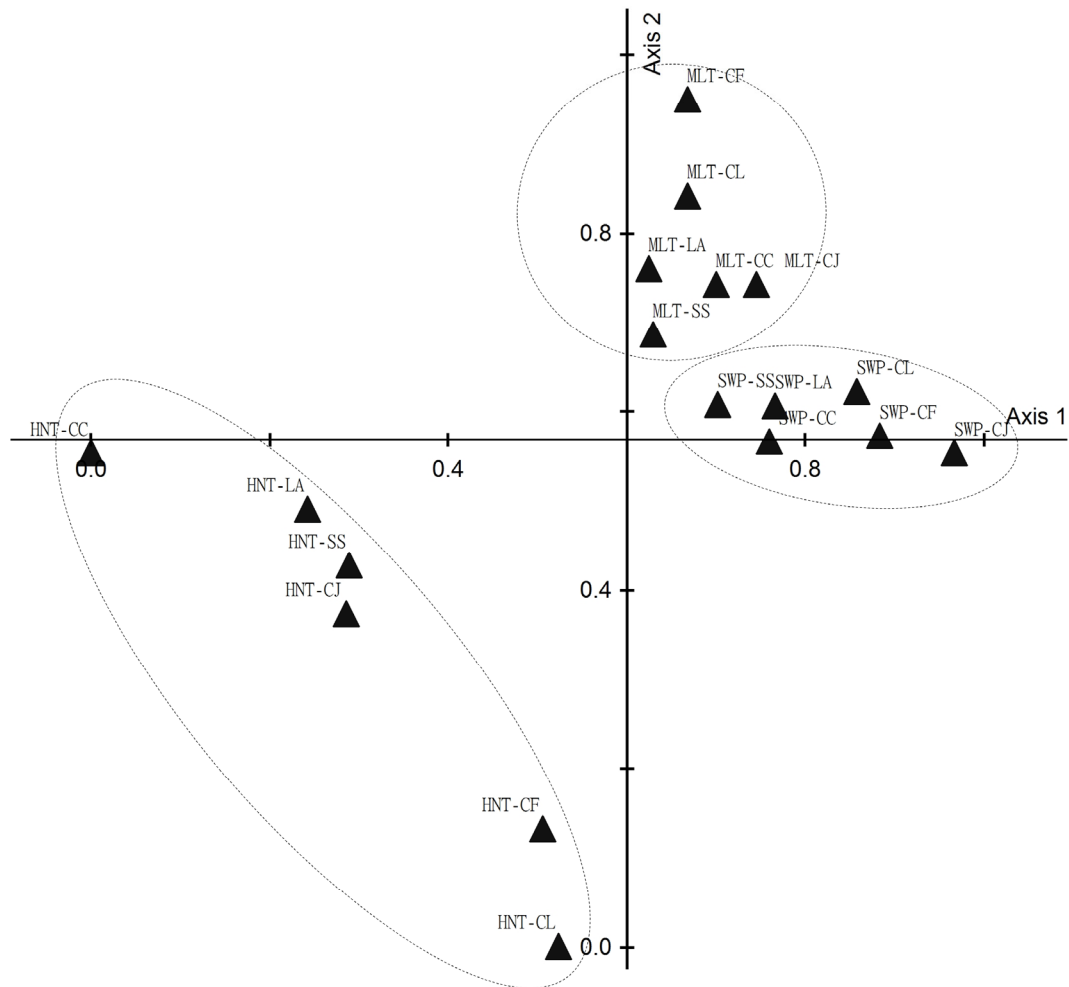
處的環境棲所，所誘得的昆蟲組成有很大的差別，但馬氏網及掃網則均質性很高。

討 論

雪見遊憩區昆蟲以雙翅目昆蟲數量採得最多，高達 13,000 隻，遠高於第二高的膜翅目 (2,000 餘隻)，第三及四高量為鞘翅目、半翅目 (約 1500 隻) (表一)。其它地區如合歡山及雪山東峰的優勢昆蟲為彈尾目，於此地區數

量並不是很高 (Yeh *et al.*, 2012; Chen and Lin, 1989)，可能是棲所環境所造成，因合歡山及雪山東峰的調查環境均為開闊型箭竹草原，而非此處的森林型棲所。

收集到的昆蟲顯示各類採集方法於天然林及人工林捕獲的昆蟲組成數量並不相同，均以天然林較多 (圖三)，在科級的比較上天然林馬氏網捕獲昆蟲顯著高於人工林 (*t* test: $t = 10.369, P = 0.004$)，從多樣性來看天然林高於人工林；但人工林內的馬氏網也有很高的昆蟲

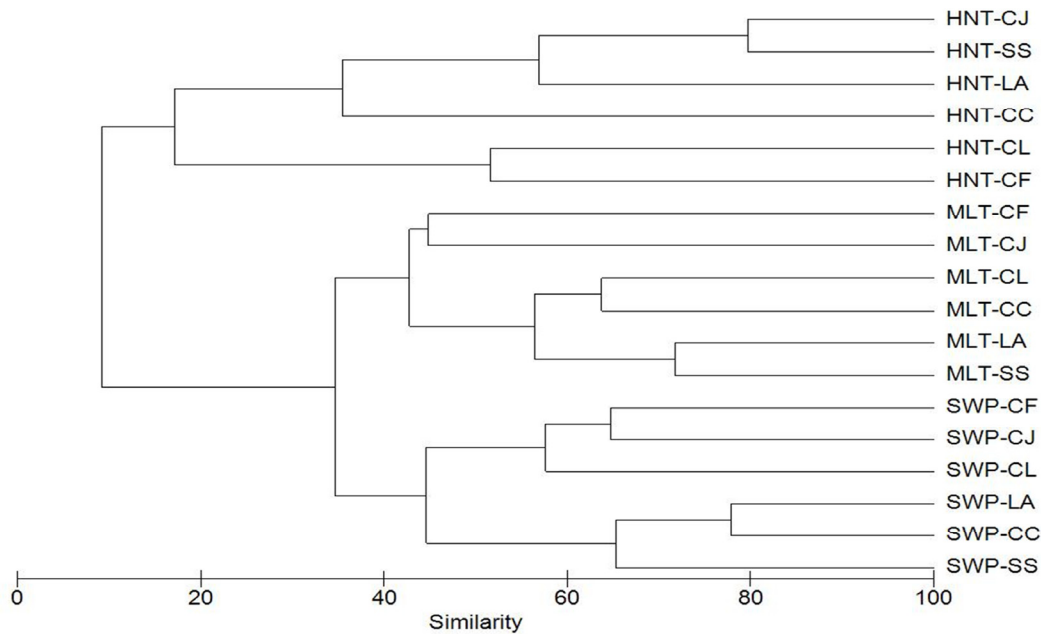


圖十 雪見地區各樹種樹冠層不同調查法捕獲之科級昆蟲 DCA 排序分析；各採集方法及樹種縮寫參考內文。
 Fig. 10. Detrended correspondence analysis of the canopy insect families for each plant investigated in the Xuejian Area. HNT: hanging trap; MLT: Malaise trap; SWP: sweeping net. Abbreviations of each plant are the same as in Figure 9.

數量（表二），並非完全如 Gardner *et al.* (2006, 2008) 所指，人工林有很低的生物數量。

多數的研究顯示天然林內有較高的生物量，但人工林則有極獨特生物特性。Huang *et al.* (2007) 比較中海拔原始林及人工林內的跳蟲數量，即發現人工林在冬季反有較高數量的

跳蟲；Kam *et al.* (2007) 發現中海拔原始林雖有高達 22 種兩棲類出現，但人工林內也會有高數量的梭德氏赤蛙及盤古蟾蜍；Camara *et al.* (2012) 也指出，原始森林下的土棲昆蟲組成較尤加利 (*Corymbia citriodora*) 純林豐富，且雙尾目、纓尾目及古口目等古老支系的昆蟲則僅於原始林內可見，但純林內也有較



圖十一 雪見地區各樹種樹冠層不同調查法捕獲之科級昆蟲群集分布；各採集方法及樹種縮寫參考內文。
 Fig. 11. A dendrogram of the clustering analysis of the canopy insect families for each plant investigated in the Xuejian Area. HNT: hanging trap; MLT: Malaise trap; SWP: sweeping net. Abbreviations of each plant are the same as in Figure 9.

多的直翅目、雙翅目及跳蟲；本研究的确顯示出人工林內有特殊適應的昆蟲，如繭蜂、癭蚧、小蠹蟲、出尾蟲、蟻塚蟲及介殼蟲。有些研究則指出人工林也具有高生物量的特性，**Irwin *et al.* (2014)** 發現，在雲杉造林地與半天然林雖有不同的物種組成，卻有著同樣的物種豐度；**Meng *et al.* (1996)** 的調查結果也顯示，人工林內植物科、種的多樣性和豐富度與毗鄰的天然林沒有顯著差異，本研究的黑翅蕈蚧、癭蚧及葉蟬即顯示出此一特性。在人工林的組成分析上，**Oxbrough *et al.* (2010)** 的研究顯示，人造林組成不同，步行蟲數量越不同且有區域特性產生，且蜘蛛數量會漸減；雪見遊憩區檜木的人造林組成，其內昆蟲相的確較其他兩種人造林少。針對各樹種調查來的各科昆蟲及數量，應用組成份分析結果顯示，無論

是人工林或是天然林木內的昆蟲組成都有其獨特性，而採集方法不同也會有所影響（圖十一），吊網捕得之昆蟲相迥異於馬氏網與掃網之昆蟲相；以掃網及馬氏網所捕得之昆蟲相尚可區分出天然林與人工林內的昆蟲組成，但吊網則顯示各樹種間的昆蟲組成差異不小。上述相關結果都顯示，天然林的确會有較高的多樣性及豐度組成，但也會有偏愛人工林棲所的動植物類群；結果也顯示調查方法或調查區域的特性與研究結果也有重要的關聯性，尤其是鳳梨皮誘引特性的吊網，昆蟲捕獲量雖高，但多樣特性低。

Barlow *et al.* (2007)及 **Gibson *et al.* (2011)** 綜合一些篇研究報告後均指出，熱帶地區原始林、次生林及人造林的各類動物及昆蟲多樣性組成各不相同，各類森林的開發利用也

會有不同的影響，人造林或次生林都無法取代原始森林內的生物多樣性。此外，Carnus *et al.* (2006) 針對純林或混合林的經濟效益及生物多樣性的評估指出，人造林內的生物多樣性高低與很多因子相關，林相越單純，爆發有害生物危害的可能性越高。這些綜合論述的結論，都可做為森林經濟活動時的重要參考

誌 謝

本研究調查感謝雪霸國家公園管理處提供 103 年研究計畫「雪見天然林與人工林樹冠層昆蟲相調查」之經費協助。

引用文獻

- Barlow J, Gardner TA, Araujo IS, Avila-Pires TC, Bonaldo AB, Costa JE, Esposito MC, Ferreira LV, Hawes J, Hernandez MIM, Hoogmoed MS, Leite RN, Lo-Man-Hung NF, Malcolm JR, Martins MB, Mestre LAM, Miranda-Santos R, Nunes-Gutjahr AL, Overal WL, Parry L, Peters SL, Ribeiro-Junior MA, da Silva MNF, sa Silva Motta C, Peres CA. 2007. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *Proc Natl Acad Sci USA* 104: 18555-18560.
- Camara R, Correia MEF, Villela DM. 2012. Effects of *Eucalyptus* plantations on soil arthropod communities in a Brazilian Atlantic forest conservation unit. *J Biosci* 28: 445-455.
- Carnus JM, Parrotta J, Brockerhoff E, Arbez M, Jactel H, Kremer A, Lamb D, O'hara K, Walters B. 2006. Planted forests and biodiversity. *J Forest* 104: 65-77.
- Chen DY, Lin JY. 1989. A preliminary study of alpine grassland (*Yushania niitakayamensis*) insect fauna on Ho-Huan mountain. Master's Thesis, Graduate School of Department of Biology, Tunghai University, Taichung, Taiwan. (in Chinese)
- Clark KR, Warwick RM. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd ed. Technical Report, PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Compton SG, Ellwood MDF, Davis AJ, Welch K. 2000. The flight heights of chalcid wasps (Hymenoptera, Chalcidoidea) in a lowland Bornean rain forest: fig wasps are the high fliers. *Biotropica* 32: 515-522.
- Engelmann HD. 1978. Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. *Pedobiologia* 18: 378-380. (in German)
- Floren A, Linsenmair KE. 1997. Diversity and recolonization dynamics of selected arthropod groups on different tree species in a lowland rainforest in Sabah, Malaysia with special reference to Formicidae. pp. 344-381. In: Canopy arthropods, eds Stork NE, Didham PK, Adis J, Chapman & Hall, London.
- Fu KM. 2011. Canopy platform for bio-resource investigation. pp. 139, Research reports of Shei-Pa National

- Park. (in Chinese)
- Franklin AJ, Leibhold AM, Murray K, Donahue D.** 2003. Canopy herbivore community structure: large-scale geographical variation and relation to forest composition. *Ecol Entomol* 28: 278-290.
- Gardner TA, Ribero-J'uniór MA, Barlow J, Avila-Pires TC, Hoogmoed MS, Peres CA.** 2006. The value of primary, secondary, and plantation forests for a neotropical Herpetofauna. *Conserv Biol* 21: 775-787.
- Gardner TA, Hernandez MIM, Barlow J, Peres CA.** 2008. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: The value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. *J Appl Ecol* 45: 883-893.
- Gibson L, Lee TM, Koh LP, Brook BW, Gardner TA, Barlow J, Peres CA, Bradshaw CJ, Laurance WF, Lovejoy TE, Sodhi NS.** 2011. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature* 478: 378-381.
- Hsu YF, Wang LH, Huang CL, Lin YC.** 2010. A survey of the canopy insect in Guan-Wu Area of Shei-Pa National Park. pp. 41, Research reports of Shei-Pa National Park. (in Chinese)
- Huang PS, Lin HC, Lin CP, Tso IM.** 2007. The effects of forestry management on invertebrate diversity. *Forest Res News* 14: 20-22. (in Chinese)
- Irwin S, Pedley S, Coote L, Dietzsch A, Wilson M, Oxbrough A, Sweeney O, Moore K, Martin R, Kelly D, Mitchell FJG, Kelly T, O'Halloran J.** 2014. The value of plantation forests for plant, invertebrate and bird diversity and the potential for cross-taxon surrogacy. *Biodivers Conserv* 23: 697-714.
- Jaffe K, Horchler P, Verhaagh M, Gomez C, Sievert R, Jaffe R, Morawetz W.** 2007. Comparing the ant fauna in a tropical and a temperate forest canopy. *Ecotropicos* 20: 74-81.
- Kam YC, Chuang MF, Liu JL.** 2007. The effect of the plantation forest management for amphibian population and community. *Forest Res. News* 14: 17-19. (in Chinese)
- Leather SR.** 2005. Insect sampling in forest ecosystems. Blackwell Press, Oxford.
- Lowman MD, Bouricius B.** 1995. The construction of platforms and bridges for forest canopy access. *Selbyana* 16: 179-184.
- Lowman MD.** 1998. Canopy research of tropical forests. *Win. Tropics* 55: 18-24.
- Magurran AE.** 1988 Ecological diversity and its measurement. New Jersey Princeton University Press. USA.
- McCune B. Mefford MJ.** 1999. Multivariate analysis of ecological data, Version 4. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Meng QF, Hu YY, Zhao XH, Wang QG.** 1996. Study on biodiversity of

- plantations adjacent to natural forests. Biological diversity and the future of human beings- Proceedings of the second national symposium on the conservation and sustainable use of biological diversity, Beijing. (in Chinese)
- Ou CH.** 1996. Plant community along the walking path in Xuejian Area. pp. 139, Research reports of Shei-Pa National Park. (in Chinese)
- Oxbrough A, Irwin S, Kelly TC, O'Halloran J.** 2010. Ground-dwelling invertebrates in reforested conifer plantations. *Forest Ecol Manag* 259: 2111-2121.
- Ozanne CMP.** 2005. Techniques and methods for sampling canopy insects. pp. 146-167. In: S. R. Leather. *Insect sampling in forest ecosystem*. Blackwell Press, Oxford.
- Paarmannt, W., and N. E. Stork.** 1987. Canopy fogging, a method of collecting living insects for investigations of life history strategies. *J Natur Hist* 21: 563-566.
- Parker GG.** 1995. Structure and microclimate of forest canopies. pp. 73-98. In: *Forest canopies*, eds Lowman MD & Nadkarni NM, Academic Press, California.
- Parker GG, Smith AP, Hogan KP.** 1992. Access to the upper forest canopy with a large tower crane. *BioScience* 42: 664-670.
- Tangmitcharoen S, Takaso T, Siripatanadilox S, Tasen W, Owens JN.** 2006. Insect biodiversity in flowering teak (*Tectona grandis* L.f.) canopies: Comparison of wild and plantation stands. *Forest Ecol Manag* 222: 99-107.
- Triplehorn CA, Johnson NF.** 2005. *Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects* 7th Edition. Brooks/Cole Press, USA.
- Yeh WB, Li HI, Tsai CL.** 2012. Insect diversity and indicator assessment in the montane area. pp. 23, Research reports of Shei-Pa National Park. (in Chinese)
- Yeh WB, Li HI, Tsai CL, Chan YP.** 2013. Insect community and its monitoring processes in canopy layer in Xuejian Recreation Area. pp. 41, Research reports of Shei-Pa National Park. (in Chinese)

收件日期：2015年12月30日

接受日期：2016年1月19日

Insect Composition of the Canopy Layer from the Native and Plantation Forests in Xuejian Area

Wen-Bin Yeh*, Hui-Yi Li, Cheng-Lung Tsai, Yu-Pang Chan

Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan

ABSTRACT

Three kinds of investigative methods were applied to determine the insect composition in the canopy layer in the Xuejian area of Shei-Pa National Park. Diptera was the insect order that was most abundant in the canopy layer, followed by Hymenoptera, Coleoptera, and Hemiptera, while some insect orders could only be found in native forest. The capturing efficiency of Diptera, Hymenoptera, and Lepidoptera looked similar for all sampling methods. The diversity of insects captured using the Malaise trap (MLT) and the sweeping net (SWP) were high, while it was low using the hanging trap (HNT) even though the HNT collected a high number of dipteran insects. Dimensional and clustering analyses showed that the sampling methods themselves cause the acquisition of a heterogeneous insect composition. The attractive odor of pineapple is the reason for the HNT to have a different insect composition compared to the MLT and SWP sampling methods, both of which have similar insect composition. The insect family composition found in the MLT showed an abundance of insects from the dipteran families, Sciaridae and Cecidomyiidae, each of which is common in its native forest and plantation forest, respectively. The abundance of insects from the hymenopteran families were mainly Halictidae, Braconidae, and Encyrtidae. The Braconidae especially was found in large numbers in the plantation forest. The abundance of Coleoptera were mainly Staphylinidae, Scolytidae, and Elateridae, but with especially large numbers of Nitidulidae and Pselaphidae in the plantation forest. Among the hemipteran families, the Cicadellidae was the most abundant, the Psyllidae was the most abundant in the native forest, and the Coccoidea was the most common in the plantation forest. Insect dynamics showed that a large amount of insect could be collected in summer time, but that the number collected in winter could be very low. Although the insect diversity in the plantation forest was very low, some insect families appeared to be dominant. In Taiwan, the insect fauna of the plantation forest has rarely been investigated, and thus the survey of native and plantation forests in this study could be helpful in managing economic activity in the forest.

Key words: Canopy, insect fauna, hanging trap, malaise trap, plantation forest

* Corresponding email: wbyeh@nchu.edu.tw