

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 99-00-5-02

人工林疏伐作業對微棲地環境及
蜘蛛多樣性之影響

**Relationship between spider diversity and
microhabitats in plantation forests receiving
differential thinning treatments**



委託機關：林務局

執行機關：東海大學生命科學系熱帶生態

暨生物多樣性研究中心

中華民國 99 年 12 月

摘要

近年來人工林經營管理之策略，已演變為兼顧經濟效益與生物多樣性之經營模式。在針對不同之林相設計適當的人工林經營管理模式之前，需先了解原始林及不同疏伐程度的人工林當中之物種組成特性之差異，且需掌握目前林業之管理模式對不同層面之生物多樣性的影響。蜘蛛在許多陸生生態系中為物種數量及豐度最高的節肢動物捕食者，遍佈生態系中所有棲地。當棲地因森林演替、自然干擾以及林業操作而改變會導致蜘蛛群聚結構的改變，因此蜘蛛適合用來探討棲地異質度與節肢動物多樣性之關係。本研究於台灣中部日本杉人工林及附近之闊葉林，進行蜘蛛多樣性之調查及微環境資料之收集，比較未疏伐樣區和 25%、50% 疏伐強度樣區及天然林的差異。樣區疏伐後針對不同疏伐處理之人工林進行每三個月一次為期兩年的調查及採集。棲地間比較之結果顯示，不同處理人工林棲地間蜘蛛組成在疏伐前並無不同，但在疏伐兩年後有顯著不同。各處理類型之人工林包含未疏伐處理，於疏伐前及疏伐後兩年其蜘蛛組成及數量皆顯著不同，顯示蜘蛛組成有時間上之變化。微環境因子的測量值顯示，各處理類型人工林於疏伐後第一年及疏伐後第二年間的變化趨勢似乎不同。在三類型的人工林，林下層植被密度，在疏伐後第二年較疏伐後第一米高。人工林經疏伐後其過度密集的林下層植被結構產生改變，可能導致了物種數及密度之下降及組成之改變，而各疏伐處理之人工林其林下植被恢復速度之不同，以及蜘蛛組成在時間上之變化效應，都可能是導致棲地間蜘蛛科級組成差異的成因。

關鍵字：森林管理、疏伐、蜘蛛多樣性

Abstract

Current plantation management policies have evolved into focusing on both conserving biodiversity and maximizing economic benefit. Before designing effective means for conserving biodiversity of plantation forests, we should understand the difference in species characteristics between natural and plantation forests subjecting to different degree of thinning. In many terrestrial ecosystems spiders are the most diverse and abundant arthropod predators. Spiders rely on a distinct complex of environmental factors and are sensitive to changes of the habitat due to forest succession, natural disturbances or forestry practice. Therefore, spiders are considered as a good indicator for comparing the biodiversity of various environments and for assessing the effect of disturbances. In this study, we compared the spider community structure and guild composition of plantation forests receiving different degree of thinning (0%, 25% and 50%). The study site was located in *Cryptomeria japonica* plantations in central Taiwan. The diversities of spiders as well as microhabitat structures and microclimates were quantified once every three months for two years. Before thinning, spider family compositions did not differ significantly among three plantation forest types. Results of analyses showed that two years after thinning spider family compositions of three plantation forest types differed significantly. Plantation forests receiving differential thinning treatments, including the unthinned forests, had different spider family compositions in different year. Such results indicated that there were temporal variations in spider diversity. Two years after thinning, the understory vegetation densities in all three plantation forest types were higher than those recorded from the first year. Thinning treatment might have changed the structures of dense understory vegetation and consequently resulted in declines in species diversity, individual density and changes in composition. Moreover, the heterogeneity in understory vegetation recovery rate, and temporal variation of spider diversity, might further generated variations in spider diversity.

Key words: forest management, thinning, spider diversity

前言

近年來已開發國家的人工林經營管理，已由之前的純粹增大木材產量及品質之考量，演變為兼顧經濟效益與生物多樣性之經營策略 (邱志明，2006)。世界上木材的生產來源主要是在人工林所取得，根據統計資料目前全世界 3% 之森林面積為人工林，總面積超過 1 億公頃 (WRI, 1998)。Hartley (2002) 指出由於世界上木材的需求，未來人工林必定成為地球上主要的森林類型；而且理論上有可能達到兼顧木材生產與生物多樣性維護之目的。根據林務局 1995 年第三次台灣森林資源及土地利用調查之結果顯示，台灣人工林面積為 210 萬公頃，約佔台灣陸地面積 59%，由此看來森林為台灣極為重要的生態系。其中人工林面積約 42 萬公頃，佔台灣森林地區的 20%，故人工林在台灣亦為主要的森林類型之一。近年來，人工林經營管理的決策與適當的經營模式，轉向兼顧人工林生物多樣性組成結構及其中生性運作模式，達到有效率的木材生產及生物多樣性的保育功能。在獲取木材時，有別於以往的皆伐，疏伐對當地棲地破壞較小，水土流失的情形較輕，是目前森林經營努力的方向。因此台灣之人工林在生物多樣性維護上將會扮演重要的角色。然而在規劃如何利用台灣之人工林作為生物多樣性保育棲地之前，須先了解原始林及人工林當中之多樣性組成其間之差異，及目前的林業管理情形對物種不同層面的影響，再針對所掌握不同林相管理中的生物之物種組成，群落結構及遺傳等特性之差異設計適當的人工林經營管理模式。

研究森林生物多樣性時，蜘蛛為佔生態系中物種組成 70-80% 的無脊椎動物最主要的捕食者，牠們對森林環境結構及微氣候的變化相當敏感；其組成亦會影響森林中養分循環及植物生長等的生態系功能運作。以蜘蛛做為指標生物，可以對疏伐程度百分比與蜘蛛多樣性進行討論，並同時對微棲地環境，進行同步監測

進行分析，得到有效而可信的結論。

本計劃之近程目的為探討不同疏伐樣區之微氣候及植被結構的空間及時間動態變化。此外，藉由其他計劃執行人同步採集之無脊椎動物，所估算之生物多樣性指數、功能群組成及棲地相似度分析、優勢物種棲地喜好度分析等，將進行環境因子與蜘蛛組成之相關性分析。遠程目標為記錄柳杉人工林疏伐後，森林復育過程，以具體的研究資料，做為未來林業單位制訂人工林經營策略之依據。

本年度目標主要針對 1. 各種疏伐程度樣區間，微環境因子的變化。2. 同步監測無脊椎動物的採樣點當地的微棲地環境。3. 研究微棲地結構改變如何造成蜘蛛多樣性差異。

針對林務局南投林區管理處巒大事業區第 74、75、76 林班，柳杉人工林永久樣區內，記錄各種疏伐程度樣區間，微環境因子的變化，並探討此處理之影響。並且同步監測蜘蛛多樣性及採樣點當地的微棲地環境，其環境因子測量包括：植被結構測量，分為樹冠層開闊度（使用數位相機加上魚眼鏡頭分析相片）、地表落葉層覆蓋度及灌叢覆蓋度。最後希望藉由研究微棲地結構改變，討論如何造成無脊椎動物多樣性差異。

材料方法

一、調查地點

本研究地點選擇於南投林區管理處巒大事業區第 74、75、76 林班柳杉（*Cryptomeria japonica*）人工林區，海拔 1,300-1,600 公尺，選定 12 個 1 公頃（100×100m）之 Plot（Plot 1~Plot 12），從 2005 年 11 月至 2009 年 9 月在此區域進行人工林地疏伐前及疏伐後的蜘蛛多樣性及群聚組成調查。其中包含 0% 疏伐之 Plot（Plot 3、6、10 及 12）、25% 疏伐處理（Plot 1、4、7 及 11）和 50% 疏伐處理（Plot

2、5、8及9) (圖一)，另外於人工林區附近的天然闊葉林設立樣區，以作為對照比較。疏伐作業進行時間為2007年5月到2007年9月。進行疏伐的處理方式為於1公頃內，以10×10m方格畫分成100方格，以四個鄰近方格為一組，25%程度疏伐是以四個方格隨機選擇一方格進行疏伐，50%程度疏伐是以四個方格中選擇對角兩個方格進行疏伐處理。於2005年11月、2006年2月、5月、8月進行疏伐前進行一年四季的系統性的採集；2007年完成疏伐後，於2007年11月、2008年2月、5月、8月進行疏伐後一年四季及2008年11月、2009年2月、5月、9月進行疏伐後二年四季的採集調查，於2009年11月、2010年2月、5月、八月完成疏伐後第三年四季的採集調查。

於天然闊葉林樣區點設置 12 個大小為 10 m × 10 m 之採樣點，採樣點間隔至少為 50 m。人工林樣區於每個 Plot 設置三個大小 10 m × 10 m 之採樣點，採樣間隔至少 20m，並避免選於 Plot 的邊緣，每種疏伐處理為四個 Plot，共個 12 個採樣點。利用系統化的採集方式於 48 個採樣點從地表到樹冠層的所有蜘蛛，並進行微棲地環境因子的測量。

二、採集方法

(1) 掉落式陷阱

在各個樣點中，埋設一組掉落陷阱，用以收集樣區內之底棲性節肢動物。掉落式陷阱為調查底棲性動物最普遍的採用方法，除了可減低人為捕捉所造成在取樣上的誤差，掉落式陷阱亦可維持底棲動物棲地完整性，將其棲地的破壞程度減到最低。每一組掉落式陷阱是由四個塑膠罐及三片珍珠排成 Y 字型所構成，塑膠罐徑 15 公分，內含 70%的酒精。塑膠罐之間的分隔板板高 40 公分，長 1 公尺，用來增物種的捕獲能力。塑膠罐埋於土中，罐口與地面平齊，分隔垂直置於地面，

各連接兩個塑膠罐。陷阱每季取樣一次，所有陷阱於採樣前一個禮拜置入酒精，收樣時將酒精倒出，以紗布過濾其中所捕捉到之生物，帶回實驗室進行保存、鑑定分類及統計分析的工作。

(2) 人工採集

本部分研究在樣區內針對森林底層植被及樹冠層進行每季一次的人工採集，採樣方式包括撈網採集和掃網採集。撈網採集適用於十公尺以下的樹冠層，其操作方式為一人用固定於 8 公尺長磯釣竿之蟲網於採樣點內進行十分鐘的採集。而掃網則適用於二公尺以下的灌叢，以一人進行五分鐘的掃網採集。採集到的標本以 70%酒精保存。所採集到的蜘蛛鑑定至科，成熟個體的部分以外部形態及雄雌生殖器分類鑑定至形態種。此外，並依各類蜘蛛之結網或捕食行為特性將其分為不同功能群，以探討不同棲地之蜘蛛物種組成及功能群組成有何差異。

(3) 環境因子測量

利用 HOBO 微氣候測量儀，於每次採集時以一週之時間測量各樣區內當時的濕度及溫度。記錄所得之數據，在標本之採集與鑑定完成後進行多因子分析。地表落葉層覆蓋度之測量係利用 30 cm × 30 cm 之方框隨機擺放於採樣點內，將方框內的落葉層全部取回，在實驗室烘乾後秤重進行統計分析。灌叢垂直密度之測量乃利用 1 m × 1 m 紅布置於採樣點四周，另一人持相機立於採樣點中心，分別向置於四個方位之紅布進行拍攝。紅布所放置高度分別為 0 cm - 100 cm 及 100 cm - 200 cm。所攝得之相片利用 Photoshop 軟體進行黑白化處理計算出枝條及葉片在紅布上的覆蓋面積再進行統計分析。樹冠層方面，則是在 10 m × 10 m 之採樣點中心利用魚眼鏡頭拍攝樣區內的樹冠層，將所得相片同上述方法以 Gap Light Analyzer 軟體 (Frazer *et al.* 1999) 進行分析。

三、資料分析

(1) 多樣性指數與相似度分析

為了描述蜘蛛本研究所分析之蜘蛛類群在不同棲地的組成結構，本研究利用 PRIMER 軟體 (Clark and Warwick 2001) 計算不同類型棲地個採樣點的下列多樣性指數：Species richness、Shannon-Wiener index、Simpson index 及 Evenness，並用 one-way ANOVA 及 Tukey test 進行不同類型棲地間之比較及探討不同類型棲地樣點間之樣似程度。

(2) 功能群組成分析

蜘蛛的功能群在不同棲地及棲地不同層次間會因環境的改變而有所影響，因比較功能群組成可以了解棲地的改變及干擾對節肢動物多樣性的影響 (Stork 1987)。所收集的蜘蛛依 Uetz 等人(1999) 所提供的分類系統及蜘蛛之生態行為分成六群：(A)立體網型，(B)圓網型地，(C)地表徘徊型，(D)葉間徘徊型，(E)地表結網型，(F)地表徘徊型。依據以所採獲的蜘蛛的形態種組成、科級組成及功能群組成計算 Bray-Curtis similarity，以進行 MDS (Kruskal and Wish 1978) 分析。之後以 ANOSIM (Clarke and Green 1988) 測試分群之結果是否有統計上之顯著性，而以 one-way ANOVA 及 Tukey test 測試不同樣區之各科及功能群蜘蛛之豐富度是否有顯著差異。

(3) 環境因子與生物多樣性資料相關性分析

本部分研究之目的在探討不同層次植被 (樹冠、灌叢及落葉層) 之複雜度以及微環境數據是否為影響不同類型棲地間多樣性差異之主要原因。將微氣候側量儀及植被結構測量所測得的數據，以統計分析，比較樣區間是否有顯著差異。我們也利用 PRIMER 軟體 (Clarck & Warwick 2001) 的 RDA 功能分析蜘蛛功能群

與測得的各項環境因子間之相關性為何。此分析可幫助了解各種節肢動物組成與何種環境測量值之組合最具相關性 (Martin & Major 2001)，可進而得知棲地間節肢動物組成的差異是由何種生物或非生物微環境因子所決定。

預期帶來效益

1. 本研究探討對不同程度疏伐對微棲地造成之改變與生物多樣性之變化，提供同步監測之資料；進而討論物種組成的原因與特徵。
2. 本研究之成果提供人工林經營管理模式的決策。
3. 訓練學生，培育台灣生態學研究人才。
4. 發表學術論文。

結果

植被活動蜘蛛多樣性

一、各棲地蜘蛛物種組成、數量及各多樣性指數

以掃網及撈網在疏伐前一年四個季節所進行之採集共採集到蜘蛛 3995 隻個體，包括 20 科 159 個形態種。人倫四個不同棲地中，形態種數量以天然闊葉林最多 (平均 14.6 種)，而三種不同疏伐程度的人工林較少 (平均分另為 12.5、12 及 11 種)，而此三種人工林棲地間無顯著差異；個體數量以三種人工林較天然闊葉林為高 (表一(a))。另外各棲地採集所得的蜘蛛物種組成計算各種多樣性指數中，皆以天然闊葉林最高，其餘三人工林棲地較低，三種人工林棲地間彼此無顯著差異 (表一(a))。

以掃網及撈網在疏伐後第一年四個季節所進行之採集共採集到蜘蛛 2958 隻個體，包括 17 科 107 個形態種。人倫四個不同棲地間形態種數量彼此間無顯著

差異(平均 7.7 至 8.2 種);個體數量以未疏伐人工林及 25%疏伐人工林較高 (平均 17.4 及 16.4 個體), 而天然闊葉林及 50%疏伐人工林較低 (平均 12.6 及 11.2 個體)。另外, 以所採集到的蜘蛛組成計算的各種多樣性指數中, Richness 多樣性指數以天然闊葉林最高, 其餘三人工林棲地較低, 而三人工林棲地間彼此無顯著差異; 其餘多樣性指數在各棲地間皆無顯著差異 (表一(b))。

以掃網及撈網在疏伐後第兩年四個季節所進行之採集共採集到蜘蛛 3497 隻個體, 包括 19 科 124 個形態種。在四種不同的森林棲地中, 蜘蛛形態種數量以天然闊葉林最少(平均 7.3 種), 而三種不同疏伐程度的人工林較多(平均分別為 12.1、9.9 及 11.6 種), 而三人工林棲地間無顯著差異; 個體數量以未疏伐人工林最高 (平均 29.1 個體), 其次為 25%與 50%疏伐人工林 (平均分別為 23.6 及 21.2 個體), 以天然闊葉林最低 (10.9 種)。另外, 四種森林棲地間蜘蛛組成計算的各種多樣性指數中, 除 Richness 多樣性指數以未疏伐人工林及 50%疏伐人工林較高, 天然闊葉林及 25%疏伐人工林較低, 其餘多樣性指數在各個森林棲地間皆無顯著差異 (表一(c))。

二、各棲地蜘蛛組成相似度分析

以掃網及撈網所採集之各樣點蜘蛛物種組成所計算的 MDS 圖形, 三年的調查中, 天然闊葉林與其他三種人工林棲地之樣點可以明顯的區分開來 (圖二), 且 ANOSIM 測試結果顯示其分群模式達統計顯著性 (表二)。而三種不同疏伐程度的人工林棲地間, 除疏伐後第二年的 MDS 圖(圖二(c))有明顯的區分開來外, 在 ANOSIM 測試結果其分群模式亦達統計顯著性, 疏伐前一年及疏伐後第一年的三種人工林採樣點之蜘蛛形態種組成於 MDS 圖(圖二(a)、(b))中並無法明顯區分開來, ANOSIM 測試之結果亦顯示其分群模式在統計上並無顯著。

以掃網及撈網採集之各樣點之蜘蛛科組成所計算之 MDS 圖形，三年的調查中，除疏伐後第二年的天然闊葉林與 25%程度疏伐人工林的採樣點分布於圖形(圖三(c))中無法區分開之外，天然闊葉林與其他三種不同程度疏伐人工林棲地之樣點在 MDS 圖形可明顯的區分開來(圖三)，且 ANOSIM 測試結果顯示其分群模式達統計顯著性(表三)。三種不同程度疏伐人工林棲地間，疏伐前一年的蜘蛛科組成並無明顯分群模式(圖三(a))，ANOSIM 測試結果亦顯示其分群模式沒有統計顯著性(表三(a))。疏伐後第一及第二年的資料中，25%疏伐人工林與 50%疏伐人工林間的蜘蛛科組成並無明顯差異(圖三(b)、(c))，ANOSIM 統計分析結果亦無顯著差異(表三)。其餘類型棲地間之蜘蛛科組成皆有明顯的分群，ANOSIM 測試結果其分群模式皆達統計顯著性。

以掃網及撈網所採集之各樣點之蜘蛛功能群組成所計算之 MDS 圖形顯示，三年的調查中，在疏伐前一年及疏伐後第二年，天然闊葉林與其他三種人工林棲地之蜘蛛功能群組成有明顯差異(圖四(a)、(c))，且 ANOSIM 測試結果顯示此差異具統計顯著性(表四(a)、(c))；在疏伐後第二年所採集之天然闊葉林與三種人工林棲地之蜘蛛功能群組成無明顯分群模式，ANOSIM 測試結果亦顯示其分群模式不具統計顯著性(表四)。而三種人工林棲地在疏伐後第二年未疏伐人工林與 50%疏伐人工林的蜘蛛科組成有明顯的分群模式，ANOSIM 測試結果亦達顯著性。其餘類型人工林之蜘蛛功能群組成並無明顯區分，ANOSIM 測試結果亦顯示其分群模式未達統計顯著性。

三、四種森林棲地間蜘蛛功能群組成的比較

我們將功能群組成有顯著差異之棲地間以 PRIMER 軟體之 SIMPER 功能測試各功能群蜘蛛的貢獻度，發現造成兩兩棲地間組成差異的主要貢獻者，皆為立

體網、葉間徘徊型及圓網型蜘蛛 (表五)。

在天然闊葉林與三種不同程度疏伐人工林蜘蛛功能群組成相異性之間，在疏伐前一年其平均相異性指數最高 (33.81 至 41.26)，其次為疏伐後第二年的平均相異性指數 (29.68 至 32.03)，以疏伐後第一年最低 (26.06 至 29.50)。在疏伐前一年，以圓網型功能群之貢獻度最高，其次為葉間徘徊型，以立體網型之功能群最低；而三個因子間相差不大。而疏伐後一及兩年的資料中，則以立體網功能群的貢獻度最高 (42.78 至 58.18)，其次為葉間徘徊型 (29.28 至 37.93)，以圓網型最低 (10.73 至 24.41)。

在三種不同程度疏伐的人工林之間，兩兩比較蜘蛛功能群組成相異性的結果顯示，未疏伐人工林與 25%疏伐人工林間平均相異性指數在疏伐前後的三年間彼此相差不大 (25.47 至 25.92)，而未疏伐人工林與 50%疏伐人工林 (24.89、27.77、30.83) 及 25%及 50%疏伐人工林 (21.45、23.79、25.73) 間有疏伐後的蜘蛛功能群組成較疏伐前的蜘蛛功能群組成的平均相異性高的趨勢。在疏伐前一年其平均相異性指數最低 (21.45 至 25.92)，其次為疏伐後第一年 (23.79 至 27.77)，以疏伐後第二年最高 (25.67 至 30.83)。三種不同程度疏伐的人工林棲地間，蜘蛛功能群的貢獻度以立體網型 (51.07 至 66.06) 最高，其次為葉間徘徊型 (15.69 至 23.74)，以圓網型 (13.06 至 21.89) 最低。在疏伐前及疏伐後第一及第二年的資料中，這樣的貢獻度並沒有因為疏伐處理而有所改變。

四種森林棲地間各蜘蛛功能群組成以 ANOVA 所進行之分析結果如表六。在疏伐前一年中，天然闊葉林其葉間徘徊型及圓網型功能群之數量顯著高於其他三種柳杉人工林棲地，而立體網型在天然闊葉林之數量則顯著低於其他三種人工林棲地 (表六(A))，而三種人工林棲地間各種功能群數量並無顯著的差異。在疏伐

後第一年的資料中，立體網型功能群在 50%疏伐人工林之個體數量最低，顯著低於其餘兩種人工林及天然闊葉林；而葉間徘徊型功能群之數量顯著高於其他三種人工林棲地，其餘的功能群其豐度在四種棲地間則無顯著差異（表六(B)）。在疏伐後第二年的資料中，天然闊葉林其葉間徘徊型功能群之個體數量最高，顯著高於其餘三種人工林；而在 50%疏伐人工林立體網型功能群之數量最低，顯著低於其他三種棲地，而圓網型功能群在兩種疏伐人工林數量較高，未疏伐人工林及天然闊葉林較低。其餘的功能群其豐度在四種棲地間則無顯著差異（表六(C)）。

四種棲地間各蜘蛛功能群組成在不同年間的資料顯示，在整體數量上以疏伐前一年為最高，疏伐後第一年最低。在疏伐前一年的資料中，圓網型功能群有最高的數量。而在疏伐後第一及第二年的資料顯示其數量約為疏伐前一年的 1/5，而其他功能群之數量則無如此的變化。

地表活動蜘蛛多樣性

一、各棲地蜘蛛物種組成、數量及各多樣性指數

以掉落式陷阱在疏伐前一年四個季節所進行之採集共採集到蜘蛛 5473 隻個體，其中 2733 個體為成體，包括 30 科 194 個形態種。疏伐前一年共採得 1404 個體，於疏伐後第一年共採得 1566 個體，疏伐後第二年採得 2503 個體。人倫四個不同棲地中，其中以狼蛛科(Lycosidae, 34.08%, 1865 個體)最多，其次為皿蛛科(Linyphiidae, 佔 17.27%, 包含 945 個體)，草蛛科(Agelenidae, 佔 8.61%, 包含 471 個體)，姬蛛科(Theridiidae, 佔 8.37%, 包含 458 個體)，幽靈蛛科(Pholcidae, 佔 4.46%, 包含 244 個體)及輝蛛科(Liocranidae, 佔 4.07%, 包含 223 個體)。皿蛛科含有最多形態種數量(44 種)，其次為草蛛科(24 種)，姬蛛科(17 種)和跳蛛科(13 種)。形態種數量以天然闊葉林最多 (111 種)，其次為 25%程度疏伐人工林(91 種)和 50%程度疏伐人工林(90 種)，以未疏伐人工林最少(80 種，

表七(a))。於疏伐前，四種類型森林之間的蜘蛛豐度(abundance)並無顯著差異。另外各棲地採集所得的蜘蛛物種組成計算各種多樣性指數中，四種類型森林之間亦無顯著差異(表七(a))。於疏伐後第一年，天然闊葉林有顯著較高的蜘蛛豐度。三類型人工林間，以 50%程度疏伐人工林有最高的蜘蛛豐度，而未疏伐人工林有最低的蜘蛛豐度(表七(b))。在所得的蜘蛛物種組成計算各種多樣性指數中，天然闊葉林及 50%疏伐人工林顯著較高於其他兩種類型森林之指數(表七(b))。於疏伐後第二年，50%疏伐人工林有顯著最高的蜘蛛豐度，其次為 25%疏伐人工林，以未疏伐人工林蜘蛛豐度顯著最低 (表七(c))。在所得的蜘蛛物種組成計算各種多樣性指數中，在 richness 指數中四種類型森林之間無顯著差異，而在 evenness, Shannon-Wiener 及 Simpson 指數中，天然闊葉林及未疏伐人工林顯著較高於其他兩種類型森林之指數(表七(c))。

天然闊葉林中，三年間的蜘蛛豐度以疏伐後第二年顯著最低，其餘兩年並無顯著不同，而以採得蜘蛛計算所得各種多樣性指數分析中三年間並無顯著不同。在未疏伐人工林的調查中，三年間的蜘蛛豐度以疏伐後第一年顯著最低，其餘兩年並無顯著不同，而以採得蜘蛛計算所得各種多樣性指數分析中以疏伐前一年顯著最低，疏伐後其餘兩年間並無顯著不同。在 25%疏伐人工林中，疏伐後第二年的調查資料為三年間的蜘蛛豐度中顯著最高，疏伐前一年的蜘蛛豐度為顯著最低。而以採得蜘蛛計算所得各種多樣性指數分析中，疏伐後一年有顯著最低的 Richness 及 Shannon-Wiener 多樣性指數，其餘多樣性指數並無顯著不同。在 50%疏伐人工林中，疏伐後第二年的調查資料為三年間的蜘蛛豐度中顯著最高者，疏伐前一年的蜘蛛豐度為顯著最低者。而以採得蜘蛛計算所得各種多樣性指數分析中，疏伐後第二年有顯著最高的 Richness 多樣性指數，有顯著最低的 Evenness

及 Shannon-Wiener 多樣性指數。

二、各棲地蜘蛛組成相似度分析

以三年調查期間由掉落式陷阱採集之各樣點蜘蛛物種組成所計算的 MDS 圖形指出在疏伐前一年的資料中，天然闊葉林與其他三種人工林棲地之樣點可以明顯的區分開來 (圖五(a))，且 permutation ANOVA 測試結果顯示其分群模式達統計顯著性 (表八)。而三種不同疏伐程度的人工林棲地間並無法明顯區分開來，在 permutation ANOVA 測試結果其分群模式亦未達統計顯著性。MDS 圖形也指出在天然闊葉林的樣點於疏伐後第一年及第二年的資料中並無法明顯區分開來，並天然闊葉林與其他三種人工林棲地之樣點於疏伐後的第一及第二年資料可以明顯的區分開來 (圖五(b))。於疏伐後的第一及第二年的三不同程度疏伐人工林中，25%及 50%疏伐人工林在 MDS 圖形中有重疊的趨勢，但與未疏伐人工林能明顯區分，而這些趨勢與 permutation ANOVA 測試結果呈現相似的趨勢，50%疏伐與未疏伐人工林分群模式達統計顯著性 (表八(b, c))。以三年調查期間由掉落式陷阱收集之各樣點之蜘蛛科組成所計算之 MDS 圖形顯示，其結果與以蜘蛛形態種組成所建立的 MDS 分析結果趨勢相似，指出疏伐前一年的資料中，天然闊葉林與其他三種人工林棲地之樣點可以明顯的區分而三種不同疏伐程度的人工林棲地間並無法明顯區分開來。於疏伐後的第一及第二年的三種不同程度疏伐人工林中，25%及 50%疏伐人工林在 MDS 圖形中有重疊的趨勢，但與未疏伐人工林能明顯區分(圖五(b))。而這些趨勢與 permutation ANOVA 測試結果相似，顯示疏伐前一年天然闊葉林與其他三種人工林棲地的分群模式達統計顯著性 (表九(a))，而四種類型森林於疏伐後第一及第二年其分群模式幾乎皆呈顯著(表九(b, c))。以三年調查期間由掉落式陷阱收集之各樣點之蜘蛛功能群組成所計算

之 MDS 圖形顯示，只有 25%及 50%疏伐人工林於疏伐後第二年與其他類型森林可顯著區分開來，其餘人工林樣點於 MDS 圖形上重疊，無法明顯區分(圖五(c))。在 permutation ANOVA 測試結果中，疏伐後第二年的兩種疏伐類型人工林與其他類型棲地的分群模式達統計顯著性(表九(c))，而四種類型森林間於疏伐前一年及疏伐後第一年其分群模式皆不顯著(表十(b, c))。

三、四種森林棲地間蜘蛛功能群組成的比較

於疏伐前一年資料中，圓網型蜘蛛功能群在天然闊葉林有最高的豐度，而三種人工林間無顯著不同；穴居型蜘蛛功能群則呈相反趨勢在天然闊葉林有最低的豐度，而三種人工林間無顯著不同；其餘三種蜘蛛功能群在四種類型森林中沒有顯著不同(表十一(a))。於疏伐後第一年資料中，葉間徘徊型、立體網型、地表結網型及地表徘徊型蜘蛛功能群在未疏伐人工林為顯著最低或較低的豐度，而 25%及 50%疏伐人工林的立體網型及地表徘徊型蜘蛛功能群有顯著為高的豐度；其餘兩種蜘蛛功能群在四種類型森林中沒有顯著不同(表十一(b))。於疏伐後第二年資料中，穴居型、葉間徘徊型、地表徘徊型及地表結網型蜘蛛功能群在 50%疏伐人工林有顯著最高或較高的豐度，而於未疏伐人工林有顯著最低或較低的豐度；其餘兩種蜘蛛功能群在四種類型森林中沒有顯著不同(表十一(c))。

RDA 乃根據採集自三種不同處理類型人工林各樣點之蜘蛛功能群組成所計算建構所得，RDA 分析所得的結果對所有資料內變異有 74.8%的解釋能力。圖形顯示，造成三種類型人工林不同蜘蛛多樣性組成差異的主要貢獻因子為穴居型、地表結網型、地表徘徊型及立體網型蜘蛛功能群。RDA 分析結果指出穴居型及地表結網型蜘蛛功能群為造成疏伐前一年及疏伐後兩年的蜘蛛多樣性差異的主要貢獻因子，此兩種蜘蛛功能群於疏伐前具有較疏伐後兩年為高的數量。另

外，RDA 分析結果亦指出立體網型蜘蛛功能群為疏伐後一年與其他年份間蜘蛛多樣性組成差異的主要貢獻因子。兩不同程度疏伐的人工林在疏伐之後，立體網型蜘蛛功能群有較高的豐度，尤其是疏伐後第一年的 25%疏伐及 50%疏伐人工林。並且，RDA 分析結果指出地表徘徊型蜘蛛功能群為疏伐後第二年與其他年份間蜘蛛多樣性組成差異的主要貢獻因子（圖六）。

根據所採集之三種不同程度疏伐人工林各樣點蜘蛛功能群組成所進行之 RDA 分析結果顯示，蛭蟪科 (Ctenizidae) 為穴居型蜘蛛功能群的主要貢獻因子，而影響穴居型及地表結網型蜘蛛功能群的主要相關的環境因子為溫度標準偏差值、相對溼度平均值、相對溼度標準偏差、PCC 平均值及 UVD 平均值(圖五)。皿蛛科 (Linyphiidae) 為立體網型蜘蛛功能群的主要貢獻因子，而影響立體網型蜘蛛功能群的主要相關的環境因子為 UVD 平均值、溫度標準偏差值及相對溼度平均值。所得 RDA 分析中亦得指出，狼蛛科 (Lycosidae) 為地表徘徊型蜘蛛功能群的主要貢獻因子，而影響地表徘徊型蜘蛛功能群的主要相關的環境因子為溫度平均、PCC 標準偏差值及 UVD 標準偏差值 (圖六)。另一方面，RDA 分析結果顯示地表徘徊型蜘蛛功能群與圓網型蜘蛛功能群對於疏伐有極為不同的反應，而影響圓網型蜘蛛功能群的主要相關貢獻因子為金蛛科 (Araneidae) 蜘蛛。

討論

一、各棲地蜘蛛之組成及功能群結構

本研究所採獲之蜘蛛標本中，成熟個體約佔總數的 1/3，由於未成熟個體缺乏生殖器特徵以致於鑑定困難，故在計算各多樣性指數時以成熟個體分析之，而未成熟個體則在鑑定至科後以科級個體資料進行分析，以求完全利用所採獲之標本。而利用各樣點之科組成之 MDS 及 ANOSIM 分析的結果與利用成熟個體之

物種組成所進行分析結果相似，顯示不管是利用物種層級或者科的層級來進行分析皆有相同的精確度。多樣性指數分析時，受限於公式定義及資料處理方式之侷限，只能以成熟個體資料分析。雖然所使用之數據只佔採集總數之 1/3，我們推測其應能正確反映所有蜘蛛個體組成的訊息。

三年間的物種及個體數量以疏伐前一年最高，而疏伐後第一年的數量降到最低，至疏伐後第二年則有回覆到疏伐前一年數量的趨勢；而各多樣性指數亦具相似的趨勢。三年的採集資料中每年所採集的蜘蛛豐度不同，且不同年間的蜘蛛族群豐度差異較同一年不同疏伐處理的人工林間的豐度差異來的大，由此推測，不同年間有明顯的物種及個體數量的差異，而此效應與疏伐處理對棲地造成之干擾的效應同時對蜘蛛群聚造成影響。而計算不同年間的各種多樣性指數中，在不同年間並無明顯的差異，而同一年間不同森林棲地間多數的多樣性指數在統計分析上亦無顯著的差異，推測不同疏伐處理對蜘蛛多樣性不致於造成負面的影響。

在不同疏伐的人工林棲地樣區及天然林之間，三年的蜘蛛採集資料中每年皆記錄約 20 種新累積的採樣物種，此結果顯示不同年間的蜘蛛群聚組成並不完全相似。而且，不同組成的蜘蛛群聚變動也有不同的趨勢；例如，蜘蛛豐度不同年間變化趨勢不同，在疏伐後第一年的成體有較少而幼體有較多的趨勢，並且對照組的未疏伐人工林亦有相同的趨勢，而於疏伐後包含未疏伐林的第二年蜘蛛採樣成體及幼體均增加，顯著的高於疏伐後第一年的資料，並超過疏伐前一年的蜘蛛數量。儘管蜘蛛數量增加，大部分的多樣性指數皆有降低的趨勢，綜合物種累積的資料結果顯示，疏伐對部分蜘蛛而疏伐後大部分增加的蜘蛛主要為地表徘徊型的狼蛛科蜘蛛。因疏伐造成狼蛛科形成優勢物種而有大量的豐度數量而降低了各多樣性指數。

二、不同疏伐處理後各棲地蜘蛛組成相似度

以 MDS 及 ANOSIM 分析而得之結果顯示，在疏伐前一年，天然闊葉林與三種不同人工林間的物種組成、科級個體組成及功能群數量組成皆有顯著的不同，顯示在建立人工林後的蜘蛛群聚組成會與原先的天然闊葉林蜘蛛群聚組成產生結構組成的改變；而三種人工林彼此間在疏伐前則無差異，顯示此三種人工林在疏伐處理前為相同的蜘蛛群聚組成。在疏伐後的蜘蛛物種組成在不同疏伐處理的人工林間有顯著的不同；但於三種人工林棲地間物種組成不同的蜘蛛，於科及功能群的數量組成的相異性則越來越小，尤其在疏伐後第二年，三種不同人工林間的功能群組成皆無顯著的區分。此結果顯示不同的疏伐處理對於棲息於其中的蜘蛛數量上造成顯著的改變，但是在疏伐後第一至第二年，相同功能群的蜘蛛組成數量趨近相同。此結果顯示在疏伐的一兩年後，蜘蛛的功能群結構會回覆至疏伐前的功能群組成狀況。然而，雖然不同人工林間蜘蛛功能群組成數量相似，但由科級和物種個體組成所分析的結果可知此二棲地類似之功能群乃由不同科及物種之蜘蛛所組成。

由 PRIMER 軟體之 SIMPER 功能測試四種不同森林棲地各功能群因子的貢獻度之結果顯示，造成棲地間之蜘蛛多樣性差異之主要因子為圓網型、立體網型及葉間徘徊型蜘蛛，三者之貢獻度約佔 93%至 98%。尤其是立體網型蜘蛛，貢獻度為 51%至 66%。此結果顯示在不同疏伐處理情況下會導致蜘蛛的功能群組成及結構顯著不同，尤其以灌叢間活動的立體網型，圓網型及葉間徘徊型的變化最大。因此，本研究結果顯示葉間活動的蜘蛛似乎可作為指標分類群來評估不同林業經營模式對節肢動物多樣性所造成之影響。

本部分研究結果顯示不同的林相管理會造成棲地空間異質度的改變，這些改

變進而對在林下植被及地表活動的蜘蛛群聚結構造成影響。棲地的蜘蛛群聚組成不單只受林相管理模式影響，亦受其他因子的影響，如不同年間同一森林類型的蜘蛛族群便有所不同。因此，造成蜘蛛多樣性差異的主要的影響因子可能不只是不同森林管理模式，而還包含諸如空間、時間異質度等的影響因子。若以排除這些包含諸如空間、時間異質度等的影響因子，以疏伐的為主要影響效應討論，以本研究的結果可以指出，過度密集的林下層植被密度經疏伐處理後的得到釋放，由空飄遷移的結立體網及平面網型蜘蛛可以得到新的結網空間，因而產生更豐富的蜘蛛物種及群聚組成。在疏伐後第一及第二年的資料皆顯示有較高的立體網型功能群的蜘蛛。然而，疏伐後留在下層枯枝落葉形成更多的棲息空間及其他物種的營養來源，使地表徘徊型的狼蛛成為優勢功能群組成。

過去研究之結果顯示林下植被異質度為影響蜘蛛多樣性最主要的環境因子，而在本研究中此因子與蜘蛛多樣性有顯著之相關性。然而在不同年間的蜘蛛組成具有相當大之變異。造成此現象之原因可能是在剛進行完疏伐作業一及兩年之內各樣區之林下層植被尚呈現不穩定之狀態，因此在同一處理之各重覆樣區間之數值變化頗大。若能持續進行環境因子之監測，累積至少三至五年之長期資料，這此數據將比較具有代表性而較不會受隨機事件所影響。

後續展望：

1. 持續收集野外資料，利用長時間所獲之數據進行分析
2. 以所累積之數據發表學術論文，描述人工林進行疏伐作業時，對生物和非生物因子所造成之影響；此學術成果將提供森林生物多樣性保育的參考及林業管理政策擬定之依據。

表一、人倫各棲地林下層蜘蛛物種數、各類生物多樣性指數 (mean ± SE) 及 ANOVA 分析及 Tukey 分群試果。(a)疏伐前一年四季資料，(b)疏伐後第一年四季資料，(c)疏伐後第二年四季資料。PRF：天然闊葉林，UPF：未疏伐人工林，25%：疏伐程度 25%之人工林，50%：疏伐程度 50%之人工林。

	物種數	個體	Richness	Evenness	Snannon – Wiener index	Simpson index
(a)						
PRF	14.6 ± 0.16 ^a	18.8 ± 0.21 ^b	4.6 ± 0.08 ^a	0.96 ± 0.013 ^a	2.56 ± 0.041 ^a	0.97 ± 0.012 ^a
UPF	11.0 ± 0.15 ^b	20.2 ± 0.23 ^b	3.4 ± 0.07 ^c	0.92 ± 0.018 ^b	2.18 ± 0.042 ^b	0.91 ± 0.017 ^b
25%	12.5 ± 0.15 ^b	25.3 ± 0.23 ^a	3.6 ± 0.08 ^b	0.87 ± 0.019 ^b	2.18 ± 0.048 ^b	0.87 ± 0.021 ^b
50%	12.0 ± 0.12 ^b	24.6 ± 0.24 ^a	3.5 ± 0.07 ^b	0.88 ± 0.023 ^b	2.19 ± 0.044 ^b	0.89 ± 0.022 ^b
(b)						
PRF	8.2 ± 0.14	11.2 ± 0.18 ^b	3.0 ± 0.07 ^a	0.95 ± 0.020	1.94 ± 0.051	0.92 ± 0.023
UPF	7.7 ± 0.13	17.4 ± 0.24 ^a	2.4 ± 0.07 ^b	0.87 ± 0.019	1.71 ± 0.050	0.91 ± 0.017
25%	8.1 ± 0.13	16.4 ± 0.24 ^a	2.6 ± 0.07 ^b	0.88 ± 0.022	1.80 ± 0.048	0.85 ± 0.025
50%	7.7 ± 0.12	12.6 ± 0.17 ^b	2.7 ± 0.07 ^b	0.92 ± 0.020	1.84 ± 0.046	0.89 ± 0.023
(c)						
PRF	7.3 ± 0.16 ^b	10.9 ± 0.20 ^c	2.6 ± 0.09 ^b	0.94 ± 0.015	1.73 ± 0.640	0.87 ± 0.027
UPF	12.1 ± 0.15 ^a	29.1 ± 0.29 ^a	3.3 ± 0.07 ^a	0.88 ± 0.019	2.16 ± 0.041	0.89 ± 0.017
25%	9.9 ± 0.17 ^a	23.6 ± 0.27 ^b	2.8 ± 0.09 ^b	0.84 ± 0.025	1.84 ± 0.057	0.81 ± 0.027
50%	11.6 ± 0.17 ^a	21.2 ± 0.25 ^b	3.5 ± 0.08 ^a	0.88 ± 0.019	2.13 ± 0.045	0.89 ± 0.019

表二、人倫四種棲地林下層各樣點蜘蛛形態種組成進行之兩兩棲地間之ANOSIM分析之結果。(a)疏伐前一年蜘蛛組成，(b)疏伐後一年蜘蛛組成，(c)疏伐後第二年蜘蛛組成。PRF：天然闊葉林，UPF：未疏伐人工林，25%：疏伐程度25%之人工林，50%：疏伐程度50%之人工林。

	<i>R</i>	<i>P</i>
(a) Global <i>R</i>	0.354	0.001
UPF vs. 25%	0.024	0.285
UPF vs. 50%	0.073	0.099
UPF vs. PRF	0.821	0.001
25% vs. 50%	-0.04	0.738
25% vs. PRF	0.802	0.001
50% vs. PRF	0.818	0.001
(b) Global <i>R</i>	0.172	0.001
UPF vs. 25%	0.025	0.228
UPF vs. 50%	0.061	0.063
UPF vs. PRF	0.392	0.001
25% vs. 50%	0.038	0.151
25% vs. PRF	0.363	0.002
50% vs. PRF	0.256	0.001
(c) Global <i>R</i>	0.188	0.061
UPF vs. 25%	0.085	0.005
UPF vs. 50%	0.163	0.001
UPF vs. PRF	0.372	0.379
25% vs. 50%	0.024	0.264
25% vs. PRF	0.236	0.001
50% vs. PRF	0.254	0.01

表三、人倫四種棲地林下層各樣點蜘蛛科級組成進行之兩兩棲地間之 ANOSIM 分析之結果。(a)疏伐前一年蜘蛛組成，(b)疏伐後一年蜘蛛組成，(c)疏伐後第二年蜘蛛組成。PRF：天然闊葉林，UPF：未疏伐人工林，25%：25%疏伐程度之人工林，50%：50%疏伐程度之人工林。

	<i>R</i>	<i>P</i>
(a) Global <i>R</i>	0.337	0.001
UPF vs. 25%	-0.034	0.669
UPF vs. 50%	-0.014	0.576
UPF vs. PRF	0.666	0.001
25% vs. 50%	-0.017	0.541
25% vs. PRF	0.625	0.001
50% vs. PRF	0.736	0.001
(b) Global <i>R</i>	0.279	0.001
UPF vs. 25%	0.081	0.063
UPF vs. 50%	0.207	0.003
UPF vs. PRF	0.475	0.001
25% vs. 50%	-0.016	0.528
25% vs. PRF	0.453	0.001
50% vs. PRF	0.462	0.001
(c) Global <i>R</i>	0.149	0.003
UPF vs. 25%	0.129	0.032
UPF vs. 50%	0.356	0.001
UPF vs. PRF	0.191	0.014
25% vs. 50%	0.037	0.196
25% vs. PRF	0.04	0.168
50% vs. PRF	0.15	0.021

表四、人倫四種棲地林下層各樣點蜘蛛功能群組成進行之兩兩棲地間之ANOSIM分析之結果。(a)疏伐前一年蜘蛛組成，(b)疏伐後第一年蜘蛛組成，(c)疏伐後第二年蜘蛛組成。PRF:天然闊葉林，UPF：未疏伐人工林，25%：25%疏伐程度之人工林，50%：50%疏伐程度之人工林。

	<i>R</i>	<i>p</i>
(a) Global <i>R</i>	0.416	0.001
UPF vs. 25%	-0.044	0.791
UPF vs. 50%	-0.031	0.211
UPF vs. PRF	0.77	0.001
25% vs. 50%	-0.047	0.85
25% vs. PRF	0.825	0.001
50% vs. PRF	0.837	0.001
(b) Global <i>R</i>	0.202	0.001
UPF vs. 25%	-0.036	0.732
UPF vs. 50%	0.09	0.063
UPF vs. PRF	0.253	0.002
25% vs. 50%	-0.021	0.571
25% vs. PRF	0.413	0.001
50% vs. PRF	0.54	0.001
(c) Global <i>R</i>	0.074	0.041
UPF vs. 25%	0.033	0.227
UPF vs. 50%	0.186	0.026
UPF vs. PRF	0.06	0.134
25% vs. 50%	0.033	0.223
25% vs. PRF	0.063	0.103
50% vs. PRF	0.074	0.103

表五、人倫四種棲地林下層各樣點蜘蛛功能群組成進行以 PRIMER 軟體之 SIMPER 功能分析各蜘蛛功能群對多樣性差異之貢獻度。

	(a) before thinning		(b) one year after thinning		(c) two year after thinning	
	contribution(%)	cumulative(%)	contribution(%)	cumulative(%)	contribution(%)	cumulative(%)
UPF vs. 25%	Average dissimilarity = 25.92			25.47		25.67
立體網型	59.38%	59.38%	59.55%	59.55%	66.06%	66.06%
葉間徘徊型	15.69%	75.07%	19.24%	78.79%	18.49%	84.56%
圓網型	18.43%	93.50%	16.98%	95.77%	13.06%	97.62%
UPF vs.50%	Average dissimilarity = 24.89			27.77		30.83
立體網型	55.32%	55.32%	55.57%	55.57%	55.63%	55.63%
葉間徘徊型	21.48%	76.80%	21.08%	76.64%	21.76%	77.39%
圓網型	17.52%	94.32%	19.82%	96.47%	19.66%	97.05%
25% vs.50%	Average dissimilarity = 21.45			23.79		25.73
立體網型	54.35%	54.35%	53.76%	53.76%	51.07%	51.07%
葉間徘徊型	21.73%	76.08%	22.96%	76.72%	23.74%	74.81%
圓網型	16.95%	93.03%	19.79%	96.51%	21.89%	96.71%
UPF vs.PRF	Average dissimilarity = 41.26			26.73		32.03
立體網型	23.55%	23.55%	46.18%	46.18%	58.18%	58.18%
葉間徘徊型	34.07%	57.62%	37.93%	84.11%	29.28%	87.46%
圓網型	39.92%	97.54%	11.63%	95.74%	10.73%	98.20%
25% vs.PRF	Average dissimilarity = 38.01			26.06		29.68
立體網型	25.21%	25.21%	42.78%	42.78%	52.59%	52.59%
葉間徘徊型	31.07%	56.28%	37.75%	80.54%	30.79%	83.38%
圓網型	40.68%	96.96%	15.45%	95.99%	15.05%	98.43%
50% vs.PRF	Average dissimilarity = 33.81			29.50		31.89
立體網型	24.65%	24.65%	45.54%	45.54%	42.84%	42.84%
葉間徘徊型	27.84%	52.49%	34.51%	80.04%	30.42%	73.27%
圓網型	44.74%	97.23%	16.78%	96.82%	24.41%	97.68%

表六、人倫四種類型棲地林下層不同蜘蛛功能群個體數之 ANOVA 分析及 Tukey 分群結果。(a)疏伐前一年，(b)疏伐後第一年，(c)疏伐後第二年。PRF：天然闊葉林，UPF：未疏伐人工林，25%：25%疏伐程度之人工林，50%：50%疏伐程度之人工林。

(a)	葉間徘徊型	地表徘徊型	地表結網型	圓網型	立體網型	穴居型
UPF	10.8 ± 0.15 ^c	1.0 ± 0.09	0.7 ± 0.08	9.0 ± 0.22 ^b	44.5 ± 0.38 ^a	0.0 ± 0.0
25%	13.6 ± 0.20 ^c	1.2 ± 0.09	1.0 ± 0.09	9.2 ± 0.19 ^b	51.3 ± 0.37 ^a	0.0 ± 0.0
50%	17.75 ± 0.20 ^b	1.0 ± 0.09	0.8 ± 0.07	9.1 ± 0.18 ^b	49.9 ± 0.36 ^a	0.0 ± 0.0
PRF	35.3 ± 0.19 ^a	0.3 ± 0.06	0.5 ± 0.08	38.4 ± 0.29 ^a	37.7 ± 0.26 ^b	0.0 ± 0.0
(b)	葉間徘徊型	地表徘徊型	地表結網型	圓網型	立體網型	穴居型
UPF	12.8 ± 0.19 ^b	0.0 ± 0.00	1.1 ± 0.10	6.4 ± 0.15 ^b	37.6 ± 0.34 ^b	0.0 ± 0.0
25%	12.7 ± 0.18 ^b	0.0 ± 0.00	0.8 ± 0.09	9.9 ± 0.16 ^a	36.8 ± 0.32 ^b	0.0 ± 0.0
50%	13.1 ± 0.20 ^b	0.0 ± 0.00	0.5 ± 0.07	10.6 ± 0.20 ^a	27.3 ± 0.25 ^c	0.0 ± 0.0
PRF	25.8 ± 0.22 ^a	0.1 ± 0.04	1.1 ± 0.12	6.6 ± 0.18 ^b	43.2 ± 0.21 ^a	0.0 ± 0.0
(c)	葉間徘徊型	地表徘徊型	地表結網型	圓網型	立體網型	穴居型
UPF	15.7 ± 0.23 ^c	0.0 ± 0.00	0.8 ± 0.08	7.7 ± 0.16 ^c	53.1 ± 0.39 ^a	0.0 ± 0.0
25%	15.8 ± 0.16 ^c	0.0 ± 0.00	0.6 ± 0.07	10.3 ± 0.19 ^b	41.1 ± 0.35 ^b	0.0 ± 0.0
50%	20.6 ± 0.25 ^b	0.1 ± 0.04	0.4 ± 0.07	16.4 ± 0.26 ^a	34.8 ± 0.32 ^c	0.4 ± 0.1
PRF	23.6 ± 0.31 ^a	0.0 ± 0.00	0.3 ± 0.06	6.6 ± 0.17 ^c	41.6 ± 0.41 ^b	0.0 ± 0.0

表七、人倫以掉落式陷阱所得各棲地地表活動蜘蛛物種數、各類生物多樣性指數 (mean±SE) 及 ANOVA 分析及 Tukey 測試結果。(a)疏伐前一年四季資料, (b)疏伐後第一年四季資料, (c)疏伐後第二年四季資料。PRF: 天然闊葉林, UPF: 未疏伐人工林, 25%: 25%疏伐程度之人工林, 50%: 50%疏伐程度之人工林。Richness (D_{mg}), Evenness (J), Shannon-Wiener index (H'), Simpson index (D)。

(a) One year before thinning								
Habitat	Families [#]	Species [#]	Adults	Overall	D_{mg}	J	H'	D
UPF	19/19	41/41	43.0 ± 2.74	73.25 ± 5.977	4.3 ± 0.63	0.83 ± 0.005	2.36 ± 0.26	0.85 ± 0.063
25%	19/19	53/53	47.5 ± 7.56	79.50 ± 9.323	5.6 ± 0.53	0.90 ± 0.017	2.77 ± 0.12	0.93 ± 0.012
50%	21/21	51/51	49.5 ± 7.73	91.75 ± 13.55	4.8 ± 1.03	0.90 ± 0.017	2.77 ± 0.12	0.93 ± 0.012
PRF	22/22	67/67	56.5 ± 13.34	106.5 ± 19.89	6.6 ± 0.86	0.91 ± 0.011	2.96 ± 0.16	0.94 ± 0.007
(b) First year after thinning								
UPF	20/21	34/59	16.75 ± 3.04 ^b	52.00 ± 11.55 ^b	4.0 ± 0.59 ^b	0.95 ± 0.012 ^a	2.36 ± 0.21 ^a	0.95 ± 0.022 ^a
25%	16/20	30/68	25.75 ± 3.42 ^b	101.5 ± 3.12 ^a	3.2 ± 0.23 ^b	0.86 ± 0.048 ^b	2.07 ± 0.18 ^b	0.85 ± 0.056 ^b
50%	21/24	41/70	43.0 ± 4.18 ^a	132.75 ± 15.88 ^a	4.6 ± 0.48 ^a	0.89 ± 0.017 ^{ab}	2.56 ± 0.14 ^a	0.91 ± 0.019 ^a
PRF	19/23	50/95	42.75 ± 12.19 ^a	105.25 ± 21.16 ^a	5.7 ± 0.61 ^a	0.91 ± 0.026 ^{ab}	2.77 ± 0.08 ^a	0.95 ± 0.010 ^a
(c) Second year after thinning								
UPF	21/23	51/80	37.0 ± 7.95 ^c	85.75 ± 23.97 ^c	5.8 ± 0.07	0.93 ± 0.019 ^a	2.85 ± 0.03 ^a	0.95 ± 0.010 ^a
25%	20/23	54/91	96.75 ± 15.24 ^b	157.5 ± 20.92 ^b	5.4 ± 0.19	0.79 ± 0.042 ^b	2.54 ± 0.13 ^b	0.88 ± 0.024 ^b
50%	21/25	56/90	180.0 ± 41.27 ^a	310.5 ± 52.14 ^a	5.9 ± 0.28	0.72 ± 0.024 ^b	2.46 ± 0.05 ^b	0.85 ± 0.012 ^b
PRF	17/24	45/111	44.5 ± 13.15 ^c	72.0 ± 16.78 ^c	5.3 ± 0.80	0.93 ± 0.015 ^a	2.75 ± 0.21 ^a	0.95 ± 0.006 ^a

#: total sampling plots numbers

表八、人倫四種棲地利用落掉式陷阱所得各樣點地表活動蜘蛛形態種組成進行之兩兩棲地間之 pairwise permutation ANOVA 分析之結果。(a)疏伐前一年蜘蛛組成，(b)疏伐後第一年蜘蛛組成，(c)疏伐後第二年蜘蛛組成。PRF:天然闊葉林，UPF：未疏伐人工林，25%：25%疏伐程度之人工林，50%：50%疏伐程度之人工林。

Comparisons	(a) Before thinning		(b) First year after thinning		(c) Second year after thinning	
	<i>Pseudo-t</i>	<i>p</i>	<i>Pseudo-t</i>	<i>p</i>	<i>Pseudo-t</i>	<i>p</i>
UPF vs. 25%	1.071	0.35	1.39	0.087	1.48	0.058
UPF vs. 50%	0.91	0.68	1.64	0.027	2.09	0.027
UPF vs. PRF	2.17	0.029	1.64	0.029	1.54	0.028
25% vs. 50%	0.96	0.515	0.76	0.799	1.25	0.119
25% vs. PRF	1.88	0.026	1.91	0.029	2.09	0.027
50% vs. PRF	2.06	0.029	2.26	0.027	2.56	0.029

表九、人倫四種棲地利用落掉式陷阱所得各樣點地表活動蜘蛛科級組成進行之兩兩棲地間之 pairwise permutation ANOVA 分析之結果。(a)疏伐前一年蜘蛛組成，(b)疏伐後第一年蜘蛛組成，(c)疏伐後第二年蜘蛛組成。PRF:天然闊葉林，UPF：未疏伐人工林，25%：25%疏伐程度人工林，50%：50%疏伐程度人工林。

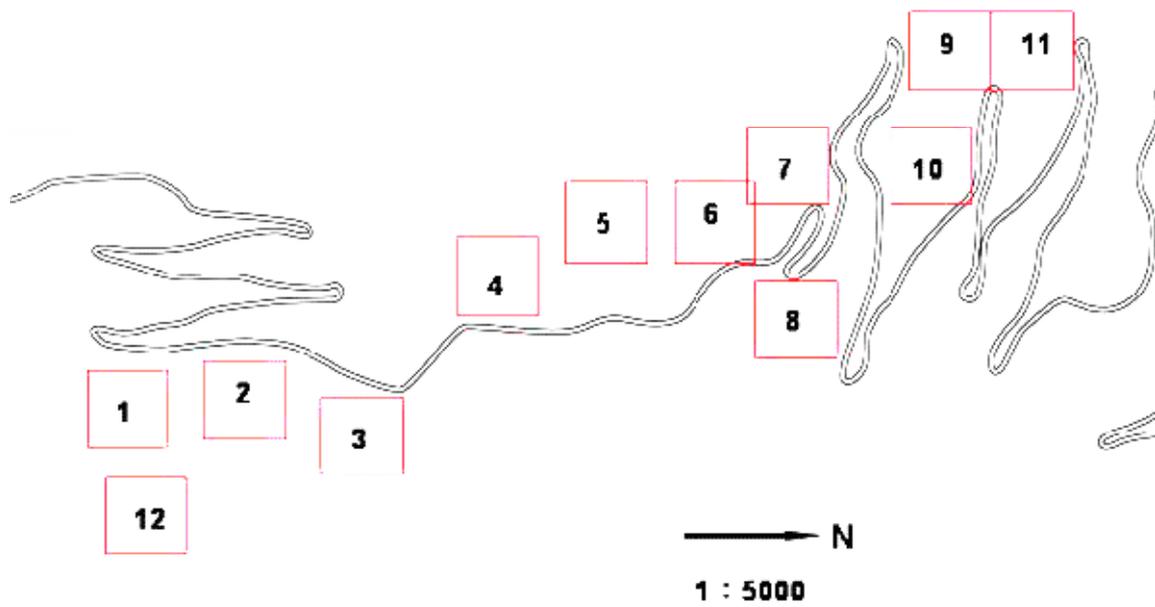
Comparisons	(a) Before thinning		(b) First year after thinning		(c) Second year after thinning	
	<i>Pseudo-t</i>	<i>p</i>	<i>Pseudo-t</i>	<i>p</i>	<i>Pseudo-t</i>	<i>p</i>
UPF vs. 25%	1.08	0.341	2.03	0.028	1.52	0.05
UPF vs. 50%	0.97	0.052	2.36	0.03	2.74	0.024
UPF vs. PRF	1.87	0.032	1.89	0.029	1.33	0.085
25% vs. 50%	0.89	0.478	0.59	0.75	1.78	0.05
25% vs. PRF	1.52	0.05	1.85	0.05	2.22	0.027
50% vs. PRF	1.78	0.029	1.90	0.05	3.15	0.029

表十、人倫四種棲地利用落掉式陷阱所得各樣點地表活動蜘蛛功能群種組成進行之兩兩棲地間之 pairwise permutation ANOVA 分析之結果。(a)疏伐前一年蜘蛛組成，(b)疏伐後第一年蜘蛛組成，(c)疏伐後第二年蜘蛛組成。PRF:天然闊葉林，UPF：未疏伐人工林，25%：25%疏伐程度人工林，50%：50%疏伐程度人工林。

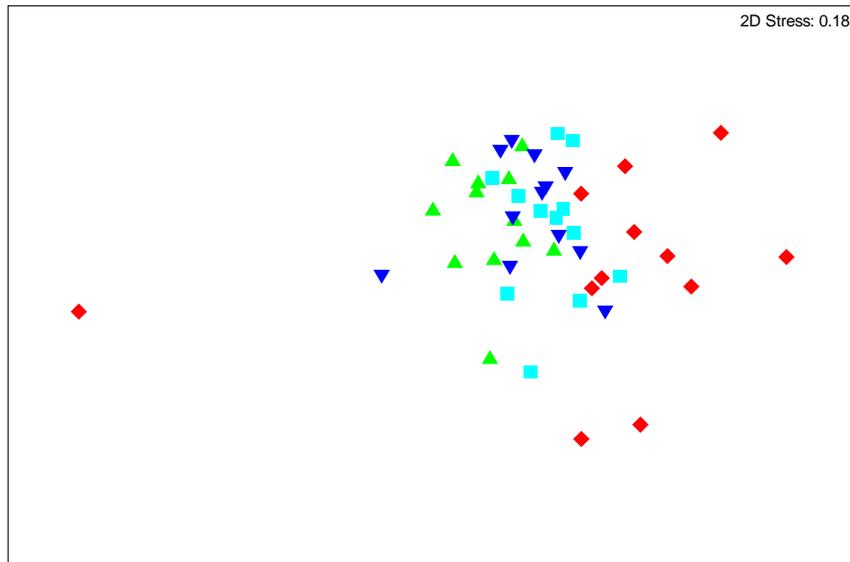
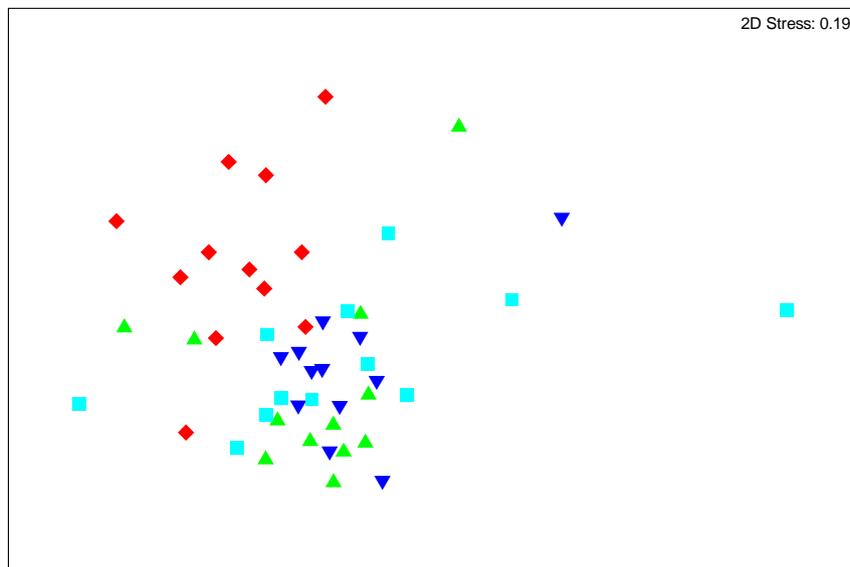
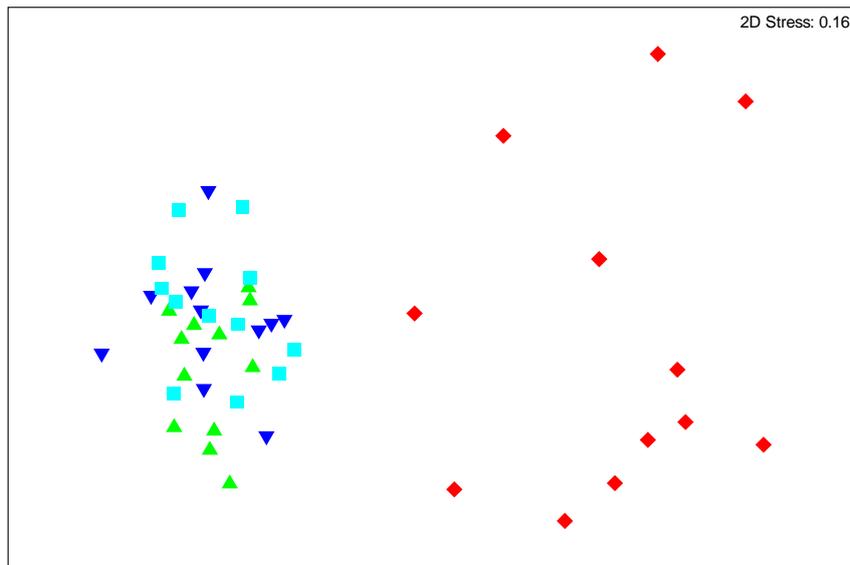
Comparisons	(a) Before thinning		(b) First year after thinning		(c) Second year after thinning	
	<i>Pseudo-t</i>	<i>p</i>	<i>Pseudo-t</i>	<i>p</i>	<i>Pseudo-t</i>	<i>p</i>
UPF vs. 25%	1.09	0.312	1.68	0.059	1.78	0.11
UPF vs. 50%	0.95	0.463	2.34	0.06	3.18	0.029
UPF vs. PRF	1.72	0.061	1.70	0.082	1.01	0.43
25% vs. 50%	0.86	0.63	1.04	0.399	2.18	0.026
25% vs. PRF	0.99	0.288	1.59	0.086	2.49	0.031
50% vs. PRF	1.26	0.239	1.15	0.336	3.28	0.029

表十一、人倫四種類型棲地不同蜘蛛功能群個體數之 ANOVA 分析及 Tukey post-hoc test 分群結果。(a)疏伐前一年，(b)疏伐後第一年，(c)疏伐後第二年。PRF：天然闊葉林，UPF：未疏伐人工林，25%：25%疏伐程度人工林，50%：50%疏伐程度人工林。

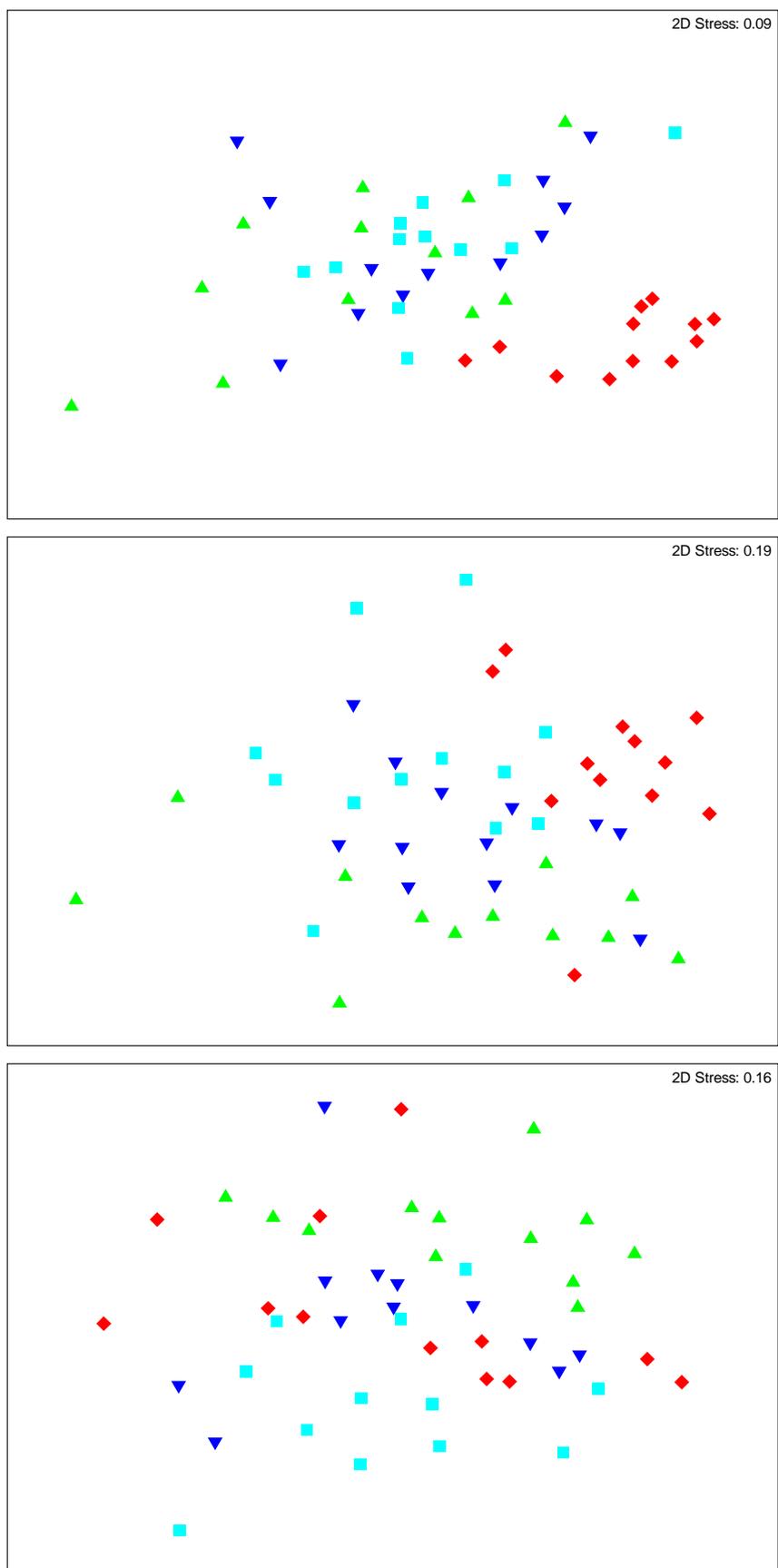
(a) One year before thinning						
Habitat	Burrow dweller	Foliage runner	Ground runner	Ground weaver	Orb weaver	Space weaver
UPF	18.8 ± 3.50 ^a	4.5 ± 0.65	12.3 ± 7.40	16.8 ± 2.50	1.5 ± 0.29 ^b	19.5 ± 2.02 ^b
25%	14.5 ± 3.80 ^a	4.3 ± 1.44	19.8 ± 4.03	14.3 ± 3.73	2.3 ± 1.03 ^b	24.5 ± 2.18 ^b
50%	14.8 ± 1.03 ^a	6.5 ± 2.63	28.8 ± 9.39	20.0 ± 4.42	0.8 ± 0.48 ^b	21.0 ± 2.97 ^b
PRF	8.5 ± 2.33 ^b	6.5 ± 1.19	26.5 ± 6.01	22.8 ± 7.16	6.0 ± 1.73 ^a	36.3 ± 9.72 ^a
(b) First year after thinning						
UPF	2.0 ± 1.23	3.3 ± 1.32 ^b	15.5 ± 5.36 ^b	5.0 ± 1.47 ^c	2.3 ± 0.48	24.0 ± 4.78 ^b
25%	2.3 ± 1.11	2.3 ± 1.32 ^b	44.8 ± 11.98 ^a	3.5 ± 0.87 ^c	0.8 ± 0.25	48.0 ± 8.41 ^a
50%	2.5 ± 1.50	4.5 ± 1.04 ^b	63.5 ± 16.89 ^a	13.0 ± 2.20 ^b	1.5 ± 0.96	47.8 ± 5.38 ^a
PRF	1.5 ± 0.50	8.8 ± 3.71 ^a	21.8 ± 5.98 ^b	26.8 ± 9.01 ^a	2.0 ± 1.41	44.3 ± 10.44 ^a
(c) Second year after thinning						
UPF	2.5 ± 0.96 ^b	4.5 ± 1.71 ^b	34.3 ± 19.29 ^c	11.5 ± 2.22 ^b	0.3 ± 0.25	31.8 ± 4.44
25%	1.5 ± 0.50 ^b	8.3 ± 0.95 ^a	90.5 ± 20.39 ^b	12.8 ± 3.33 ^b	0.3 ± 0.25	42.8 ± 5.62
50%	5.3 ± 0.75 ^a	6.5 ± 1.50 ^a	229.3 ± 48.67 ^a	24.3 ± 2.50 ^a	0.3 ± 0.25	43.0 ± 8.01
PRF	1.8 ± 1.03 ^b	3.0 ± 1.16 ^b	9.5 ± 1.71 ^d	27.3 ± 9.84 ^a	1.0 ± 0.71	29.0 ± 6.67



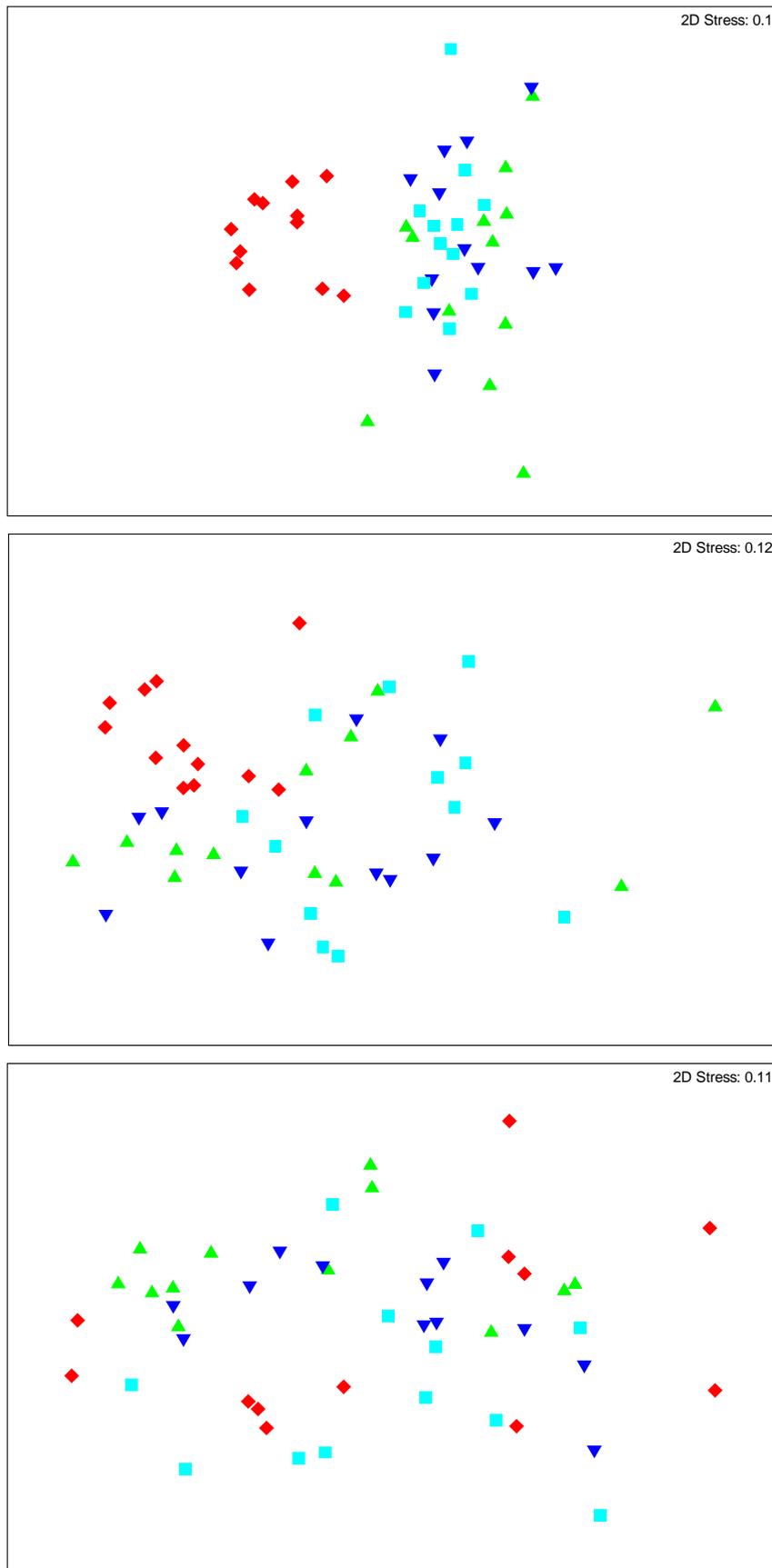
圖一、南投林區管理處巒大事業區 74、75、76 林班柳杉 (*Cryptomeria japonica*) 人工林區，人倫林道各類疏伐處理樣區設置相對位置圖。其中包含 0%疏伐之 Plot (Plot 3、6、10 及 12)、25%疏伐處理 (Plot 1、4、7 及 11) 和 50%疏伐處理 (Plot 2、5、8 及 9)。



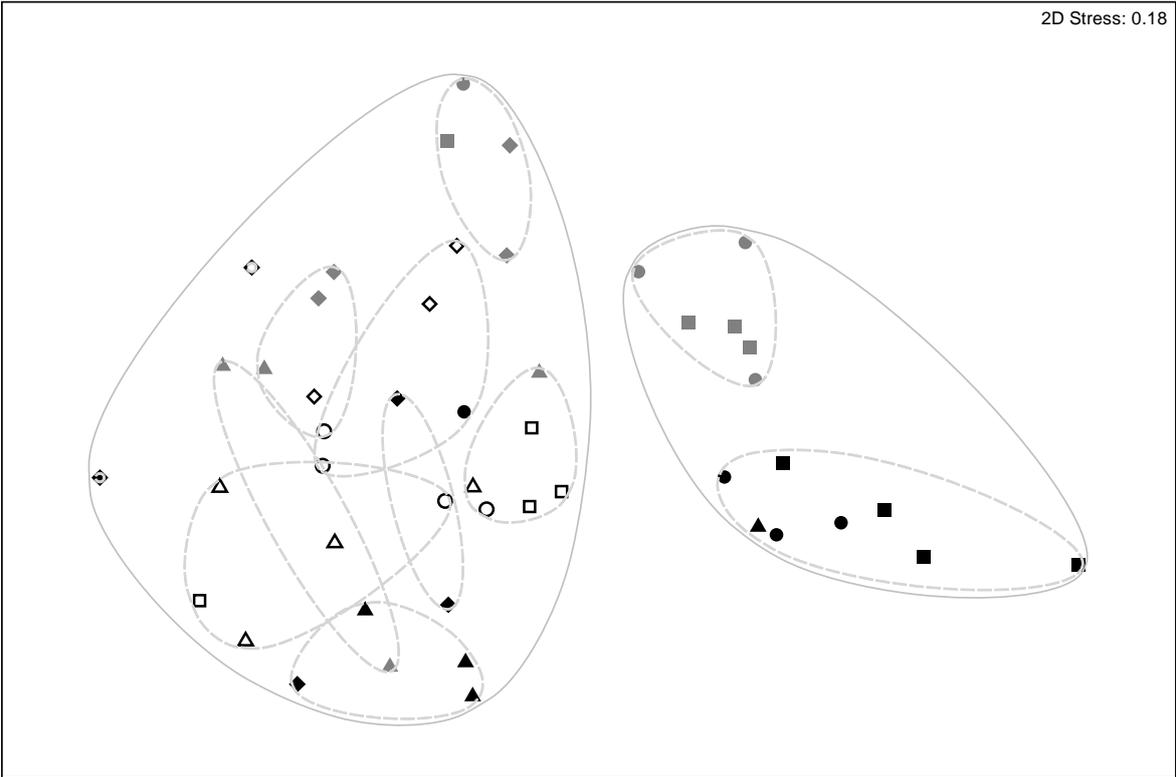
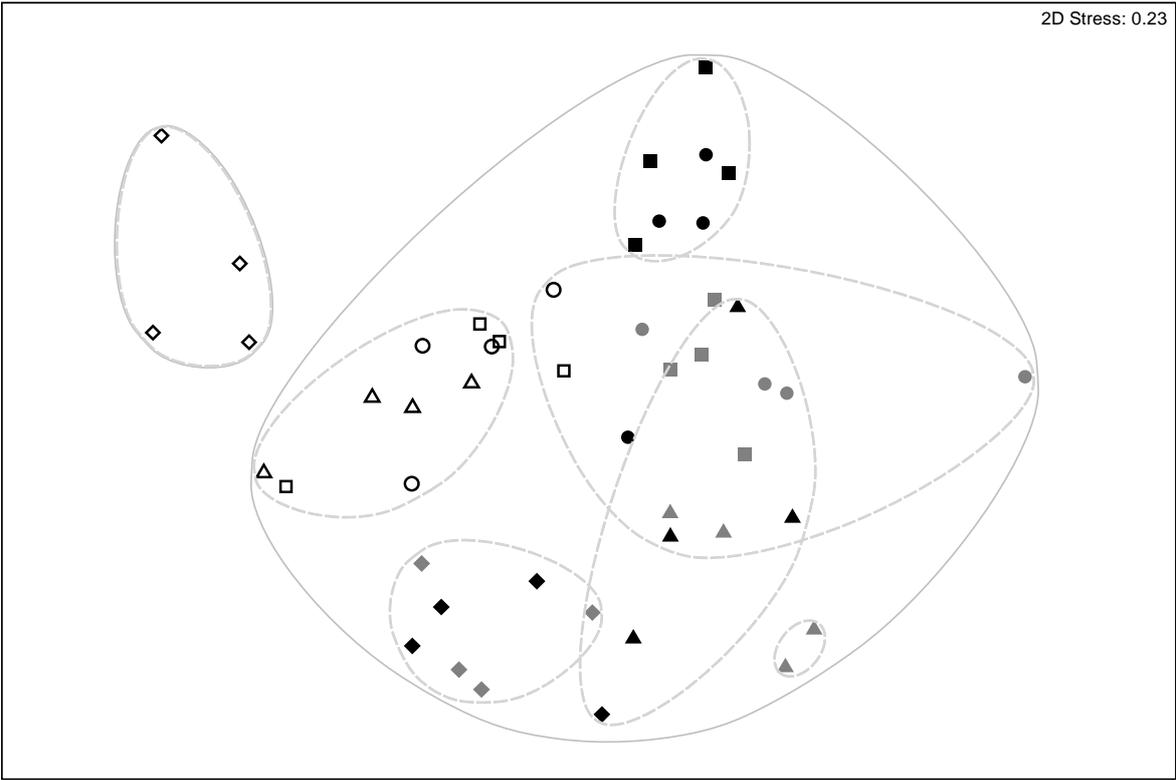
圖二、人倫各棲地利用林下層蜘蛛形態種組成所獲之 MDS 圖形。(a) 疏伐前一年，(b) 疏伐後第一年，(c) 疏伐後第二年。◆：天然闊葉林，▲：未疏伐人工林，▼：25%疏伐程度人工林，■：50%疏伐程度人工林。

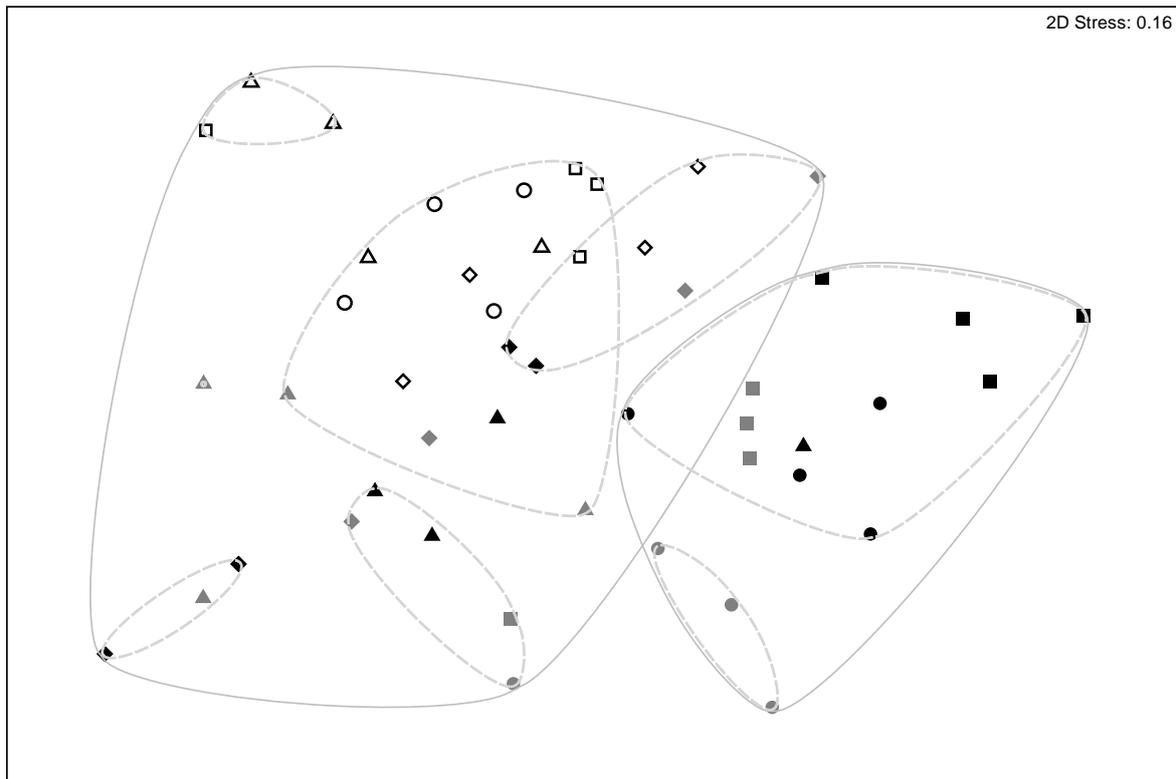


圖三、人倫各棲地利用林下層蜘蛛科組成所獲之 MDS 圖形。(a) 疏伐前一年蜘蛛科組成，(b) 疏伐後第一年蜘蛛科組成，(c) 疏伐後第二年蜘蛛科組成。◆：天然闊葉林，▲：未疏伐人工林，▼：25%疏伐程度人工林，■：50%疏伐程度人工林。

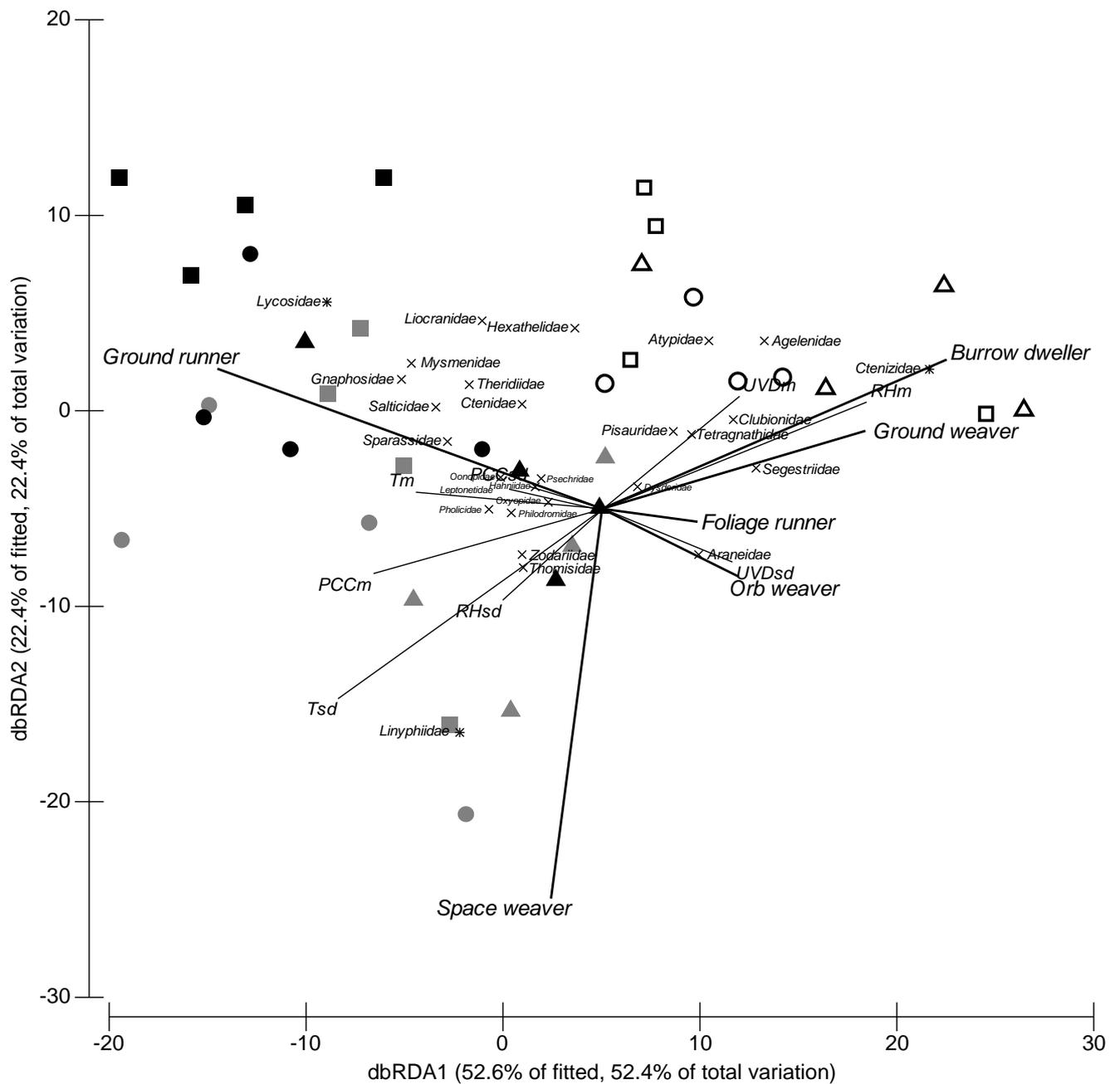


圖四、人倫各棲地利用林下層蜘蛛功能群組成所獲之 MDS 圖形。(a) 疏伐前一年，(b) 疏伐後第一年功能群組成，(c) 疏伐後第二年功能群組成。◆：天然闊葉林，▲：未疏伐人工林，▼：25%疏伐程度人工林，■：50%疏伐程度人工林。





圖五、人倫各棲地利用落掉式陷阱所得地表活動蜘蛛(a)形態種，(b)科級，及(c)功能群組成所獲之 MDS 圖形。以顏色表示不同採集年份，□：疏伐前一年功能群組成，■：疏伐後第一年功能群組成，■：疏伐後第二年功能群組成。以形狀表示不同採集樣區，▲：未疏伐人工林，●：25%疏伐程度人工林，■：50%疏伐程度人工林。



圖六、人倫各棲地利用掉落式陷阱採得地表活動蜘蛛功能群組成所獲之 RDA 圖形。以顏色表示不同採集年份，□：疏伐前一年功能群組成，■：疏伐後第一年功能群組成，■：疏伐後第二年功能群組成。以形狀表示不同採集樣區，▲：未疏伐人工林，●：25%疏伐程度人工林，■：50%疏伐程度人工林。

期末簡報委員意見回覆表

委員	審查意見	意見回覆
政院林業試驗所邱研究員志明	<p>1. 蜘蛛為佔生態系物種組成70-80%的無脊椎動物最主要的捕食者，其對環境結構及微環境的變化相當敏感，其組成亦會影響森林中養分循環及植物生長等生態系功能之運作，因此以蜘蛛作為環境變動之指標生物，具有可行性。惟蜘蛛種類繁多，形態種、科級及不同功能群又有結平面網型、葉間徘徊型、穴居型及結立體網型，因此有無可能以一種大眾知曉或對生態環境最關鍵形態種或功能群來當指標，更易了解不同經營程度之干擾。</p>	<p>研究森林生物多樣性時，蜘蛛的群落對於棲地微環境敏感，其組成亦會影響森林中養分循環及植物生長等的生態系功能運作(Uetz et al., 1999)，因此是一種很好的生物多樣性指標 (Tsai et al., 2006, Hsieh et al., 2003, Nyffeler, 2000)。許多研究利用無脊椎動物及蜘蛛做為指標來探討不同棲地間環境改變影響。而以蜘蛛做為指標生物，可以對疏伐程度百分比與蜘蛛多樣性進行討論，並同時對微棲地環境進行同步監測進行分析，可得到有效而可信的結論。</p> <p>由PRIMER軟體之SIMPER功能測試四種不同森林棲地各功能群因子的貢獻度之結果顯示，造成棲地間之蜘蛛多樣性差異之主要因子為圓網型、立體網型及葉間徘徊型蜘蛛，三者之貢獻度約佔93%至98%。顯示在不同森林疏伐處理下會導致結網性蜘蛛組成及結構顯著不同，尤其以灌叢間活動的蜘蛛變化最大。</p> <p>而由RDA分析所得的結果顯示，穴居型及地表結網型蜘蛛功能群為造成疏伐前一年及疏伐後兩年的蜘蛛多樣性差異的主要供獻因子。立體網型蜘蛛功能群為疏伐後一年與其他年份間蜘蛛多樣性組成差異的主要供獻因子，而地表徘徊型蜘蛛功能群為疏伐後第二年與其他年份間蜘蛛多樣性組成差異的主要供獻因子。</p> <p>由此我們可以了解森林管理對蜘蛛組成所造成空間上的差異，但是不同的功能群對於各種微環境條件反應不一，此種不同敏感性造成蜘蛛多樣性時間性的差異。因此，在探討森林管理對生物多樣性長期性的影響時，若全面性的了解蜘蛛組成的作業有其困難，或許針對各功能群的優勢科來進行調查是可行的辦法。</p>

	<p>2. 本報告中有許多統計或分析之專有名詞，如 MDS、ANOSIM、RDA、Global R，此在學術研究期刊報告發表上不可或缺，但對一般以林業基層工作人員或社會大眾為對象者，可能不易了解，因此建議以一般大眾瞭解之名詞來說明，對委辦機關之實用性或應用性較高。</p> <p>這些專業統計方法為從採集資料中獲得具可信度之結論之必要方法；但的確對於林業基層工作人員及社會大眾有其瞭解上的困難。我們將嘗試在討論中以較直接之方式陳述各疏伐處理對微環境之影響及蜘蛛之反應；而避免使用委員所提及之專業統計術語。</p>
<p>中興大學顏副教授添明</p>	<p>本計畫目的在探討柳杉人工林疏伐作業對微棲地環境及蜘蛛多樣性的影響，所得之結果可做為疏伐之參考。</p> <p>蜘蛛在森林生態系所扮演的角色應稍作說明，讓大家了解蜘蛛得特性。</p> <p>蜘蛛在分類上是屬於節肢動物門 (Arthropoda)，蛛形綱 (Class Arachnida)，蜘蛛目 (Order Araneae)。於陸域生態系中共約三萬六千種 (Platnick, 2006)，種數僅次於昆蟲。蜘蛛為佔生態系中物種組成 70-80% 的無脊椎動物最主要的捕食者，且主要掠食各種的棲息於各類環境中的昆蟲和小型無脊椎動物甚至蜘蛛本身，在控制節肢動物的數量以及維持生態系的平衡上，扮演著一個重要的角色 (Nyffeler, 2000)。研究森林生物多樣性時，蜘蛛的群落對於棲地微環境敏感，其組成亦會影響森林中養分循環及植物生長等的生態系功能運作 (Uetz et al., 1999)，因此是一種很好的生物多樣性指標 (Tsai et al., 2006, Hsieh et al., 2003, Nyffeler, 2000)。許多研究利用無脊椎動物及蜘蛛做為指標來探討不同棲地間環境改變影響。而以蜘蛛做為指標生物，可以對疏伐程度百分比與蜘蛛多樣性進行討論，並同時對微棲地環境進行同步監測進行分析，可得到有效而可信的結論。</p>

<p>臺灣大學邱助理教授祈榮</p>	<p>疏伐前後物種減少的現象應予交清楚，並請述明為哪些功能群的物種。</p> <p>統計分析採用LSD，建議可採用較嚴格的顯著性分析法。</p>	<p>RDA 分析結果顯示，穴居型及地表結網型蜘蛛功能群於疏伐前具有較疏伐後兩年為高的豐度數量。立體型蜘蛛功能群於兩不同程度疏伐的人工林中在疏伐之後有較高的豐度，尤其是疏伐後第一年的疏伐人工林。另外，地表徘徊型蜘蛛功能群為疏伐後第二年有較其他兩年採集調查為高的豐度，圓網型蜘蛛功能群則與地表徘徊型蜘蛛呈現相反的趨勢。</p> <p>在疏伐前後對蜘蛛之組成、結構與數量進行各種分析，結果顯現疏伐後變動大，此結果顯示造成蜘蛛多樣性差異的主要的影響因子可能不只是不同森林管理模式，亦受其他因子的影響，包含諸如空間、時間異質度等的影響因子。</p> <p>此結果指出，不同年間同一森林類型的蜘蛛族群有所不同。本研究之結果顯示這些改變對在林下植被活動的蜘蛛群聚結構皆造成影響。</p> <p>統計分析已採用Tukey test 取代LSD。</p>
--------------------	--	---

研究團隊說明

<u>序號</u>	<u>機關名稱</u>	<u>單位名稱</u>	<u>研究人員</u>	<u>職稱</u>
1	東海大學	生命科學系	卓逸民	教授
2	東海大學	生命科學系	黃博森	博士生
3	東海大學	生命科學系	侯 珏	碩士生
4	東海大學	生命科學系	曾怡璇	碩士生
5	東海大學	生命科學系	曾惠真	碩士生
6	中興大學	生命科學系	彭 博	碩士生
7	中興大學	生命科學系	吳兆佳	碩士生
8	東海大學	生命科學系	葉千瑋	碩士生
9	東海大學	生命科學系	鄭任鈞	助理
10	東海大學	生命科學系	廖鎮磐	助理
11	東海大學	生命科學系	林慈怡	助理
12	東海大學	生命科學系	唐瑋勵	大學部學生
13	東海大學	生命科學系	林泰申	大學部學生
14	東海大學	生命科學系	譚博仁	大學部學生
15	東海大學	生命科學系	蕭兆翔	大學部學生
16	東海大學	生命科學系	苑文謨	大學部學生
17	東海大學	生命科學系	顏嘉瑩	大學部學生
18	東海大學	生命科學系	廖顯竣	大學部學生
19	東海大學	生命科學系	林泰康	大學部學生
20	東海大學	生命科學系	黃文正	大學部學生