

太麻里研究中心闊葉樹混植造林地內三種草食獸之族群監測

Population monitoring of three herbivores in a hardwood mixed plantation of Taimali Research Center, TFRI

劉一新*

I-Hsin Liu*

行政院農業委員會林業試驗所 10066 台北市中正區南海路 53 號

Taiwan Forestry Research Institute, 53 Nanhai Road, Taipei 10066, Taiwan

*通訊作者: ihsinliu@serv.tfri.gov.tw

*Corresponding author: ihsinliu@serv.tfri.gov.tw

摘 要

本研究自 2012 年 7 月至 2013 年 12 月，於林業試驗所太麻里研究中心的闊葉樹混植造林地，以 Reconyx PC 800 型自動感應相機監測山羌、水鹿及台灣野山羊的族群動態。經過 18 個月的連續監測，累積總紀錄 730 筆，時間 20 小時 26 分 40 秒，可辨識照片 11,810 張。以出現指數(OI)與棲地利用指數(HUI)分析三種動物的相對豐度與棲地利用發現：三種動物於本造林地內的豐度較自然條件下為高，其中 OI 值以山羌最高(170.0)，水鹿次之(45.4)，台灣野山羊最低(12.4)，其比例約為 15 : 4 : 1。比較其區域分布、季節分布，與活動模式發現：山羌在棲地選擇上，具有最高的專一性，且偏好鬱閉度較低的林分。其區域分布與台灣野山羊的重疊性較高，而與水鹿不同。三種動物的豐度於各監測月間均呈明顯波動，唯三者的峰期不一致。三種動物基本上日夜都會活動，且均以晨昏為其活動的高峰，唯活動峰期仍有差別。研究結果初步顯示，三種草食獸在豐度及棲地利用上呈現區域、季節及時段分布的差異性，此點或與有效運用棲地資源有關。本研究也指出，經設計的生態育林作業，可兼顧野生動物經營與保育的目的。

Abstract

During July 2012 to December 2013, Reconyx PC 800 auto-sensing camera was used to monitor the population dynamics of three herbivores: *Muntiacus reevesi imicrurus*, *Rusa unicolor swinhoii* and *Naemorhedus swinhoii* at a mixed hardwood plantation in Taimali Research Center, Taiwan Forestry Research Institute (TFRI). By 18 months of continuous monitoring, 730 records with 20hr.26min.26sec. and 11,810 distinguishable pictures were cumulated. Occurrence index (OI) and habitat utilization index (HUI) were used to compare the relative abundance and habitat utilization trends of these three herbivores. Comparing with the value under natural condition, a relatively higher OI of these three mammals occurred at the plantation, with a ratio of 15 : 4 : 1, and the highest OI occurred in *Muntiacus reevesi* (170.0), followed by *Rusa unicolor swinhoii* (45.4), and *Naemorhedus swinhoii* (12.4). Comparing the regional, seasonal and interval distribution of these three herbivores, the highest habitat specificity occurred in *Muntiacus reevesi*, and had a similar habit preference with *Naemorhedus swinhoii*. Meanwhile, obvious contrast of habitat preference occurred in *Rusa unicolor swinhoii*. Apparent fluctuation was observed of these three animal's population in every monitoring month, but the peak was inconsistent with each other. All three animals are both nocturnal and diurnal, and higher activity also occurred at the intervals of dusk and dawn, but the activity peak showed no consistency. The results of this study revealed that different regional, seasonal, and time interval distribution occurred among these three mammals, and revealed that a mechanism for using habitat resources effectively may exist. The study suggested that the goal of wildlife management and conservation could be accomplished simultaneously through appropriately designed ecological silvicultural operations.

關鍵詞：闊葉樹混植造林地、族群動態、棲地利用指數、野生動物經營、生態育林

Key words: mixed hardwoods plantation, population dynamics, habitat utilization index, wildlife management, ecological silviculture

收件日期：2014年04月21日 接受日期：2014年09月30日

Received: April 21, 2014

Accepted: September 30, 2014

前 言

水鹿 (Formosan sambar, *Rusa unicolor swinhoii*)、山羌 (Formosan muntjac, *Muntiacus*

reevesi)、台灣野山羊 (Formosan serow, *Naemorhedus swinhoii*) 為台灣中高海拔森林內三種具代表性的共域草食獸，在野生動物保育及經營議題中佔有重要的學術研究地位。近年

針對水鹿所進行的研究計畫甚多，研究方向包括行為(郭 2005)、食性(李等 2006)、族群狀況監測(李等 2007；翁等 2010)、活動模式(王等 2010；裴及姜 2004)、分布預測與空間使用(廖及王 2011；顏及王 2011)等，對於台灣水鹿基本資料庫的建立具有極大的貢獻。水鹿為台灣特有亞種，其族群數量曾因棲地破碎化與狩獵壓力一度銳減，直到近年才逐漸回昇。對此，王等(2012)曾就水鹿族群間的遺傳分化與棲地選擇進行研究，期使物種與棲地二層級的保育策略相接軌。

山羌是台灣鹿科動物中體型最小的一種。李等(2002)曾於林業試驗所福山植物園進行山羌的棲地選擇，及其與森林交互影響之研究，在生態指標物種的選擇上，提供重要的參據。王等(2004)曾收集台灣各區的山羌樣本，進行族群演化與遺傳變異分析，發現山羌的遺傳多樣性以台東地區最高，在保育與維持台灣山羌族群結構穩定上，具有重要地位。較諸其它的中、大型野生動物，山羌至今仍維持較高的出現頻率，而為自然教育解說的良好教材。王(2010)曾就人為干擾對福山植物園山羌行為的影響進行觀察，發現人類活動與環境特性均會影響山羌的行為表現，此點可供自然教育區經營規劃的參考。

台灣長鬃山羊又稱台灣野山羊，為台灣特有種動物，也是台灣唯一的野生牛科動物，蘇等(2008)以自動感應相機進行雪霸國家公園雪見地區野生動物族群監測發現：台灣野山羊喜好高海拔環境，為全日偏晨昏活動，並發現人為干擾會對其活動模式造成影響。

在草食獸與植被因子相關性的研究方面，李等(2006)曾調查玉里野生動物保護區台灣水鹿的數量，及其與植被因子的相關性，發現水鹿的族群密度以高海拔區域箭竹草地與

溫帶針葉林鑲嵌的地景類別密度最高，而中低海拔區域連續森林類別的檜木林與櫟林台灣水鹿密度很低，兩者差異顯著。不同樣區、坡度間台灣水鹿的族群密度也有顯著差異。整體而言，台灣水鹿的棲地利用在巨觀上受到棲地地理位置差異、地景結構、植被類型、平均坡度等因素的影響。

歷來於人工林內所進行的中、大型草食獸族群監測研究不多，林等(2011)曾於林務局南投林區管理處轆大事業區的柳杉(*Cryptomeria japonica*)人工造林地內，以紅外線自動相機監測疏伐作業前後，哺乳類動物的相對豐度與棲地因子的相關性。發現台灣野山羊的相對豐度與較厚的落葉層覆蓋度、較疏的林分密度、較低的樹木石塊覆蓋度有關。山羌則與較高的落葉層厚度相關，顯示森林撫育作業對動物群聚造成影響。

水鹿、山羌和台灣野山羊為台灣重要的保育類野生動物，其族群動態的監測，在野生動物保育及經營工作上，具極大的意義。蘇等(2008)謂：野生動物族群現況與豐富度的監測結果，為生態系經營之重要參據，除了解各物種棲地選擇的特性外，亦可進一步評估環境變遷對其族群分布與數量的影響。

以自動照相設備進行森林野生動物的調查與研究，在地形複雜且不易到達處有諸多優點，且有助於野生動物族群的長期監測(裴 1998；裴等 1997)。而新一代數位自動感應相機的使用，除突破傳統相機的架設限制外，亦大幅增加了資料的收集量，非常適合動物生態長期監測之用(蘇 2008)，王等(2012)曾採用 Reconyx HC500 型監測相機進行太魯閣國家公園陶塞河流域及南湖山區中大型哺乳動物之調查。

林業試驗所太麻里研究中心於 1998 年 6

月，開始執行台灣原生闊葉樹種的生態育林計畫，選取烏心石(*Michelia formosana*)、光臘樹(*Fraxinus formosana*)、樟樹(*Cinnamomum camphora*)等 3 種台灣原生闊葉樹種，進行混植處理，希望在造林地中製造出面積與配置不一的核心與邊緣棲地，從而衍生出多樣化的區塊與棲地條件(劉 2010)。依據 2010-2012 年的生長調查結果顯示：造林木成活率、樹高、冠幅等生長介量於樹種、年度、栽植區與處理間均具極顯著差異，顯示林地組成與結構上的多樣性，已逐步發展成形(劉 2014b)。此一林分組成與結構上的分化，預期將在造林地內衍生出多樣化的生態區塊與棲地型態，並對野生動物的族群動態造成影響。

本研究乃針對造林地內的水鹿、山羌與台灣野山羊等三種共域草食獸，以紅外線自動感應相機進行長期、定點的監測，以瞭解這三種

草食獸在造林地內的豐度、分布、活動與棲地選擇之差異，以初步評估此一育林作業的生態效益，供人工林森林生態系經營策略卓參。

材料與方法

一、研究地點

本研究於行政院農業委員會林業試驗所太麻里研究中心第二林區第 18 號造林地進行，該造林地位於麻利霧溪源頭東麓一帶，海拔高 900~1,100 m。造林樹種為烏心石、光臘樹、樟樹等三種台灣原生闊葉樹種，並以兩兩相圍的塊狀形式進行混植，計分 9 種混植處理，4 個栽植區。處理樣區面積 0.16 ha，於栽植區內逢機排列，各栽植區面積 1.44 ha，連同栽植區間的過渡帶，造林地總面積 7.8 ha，全區於 1998 年設置完成(圖 1)。

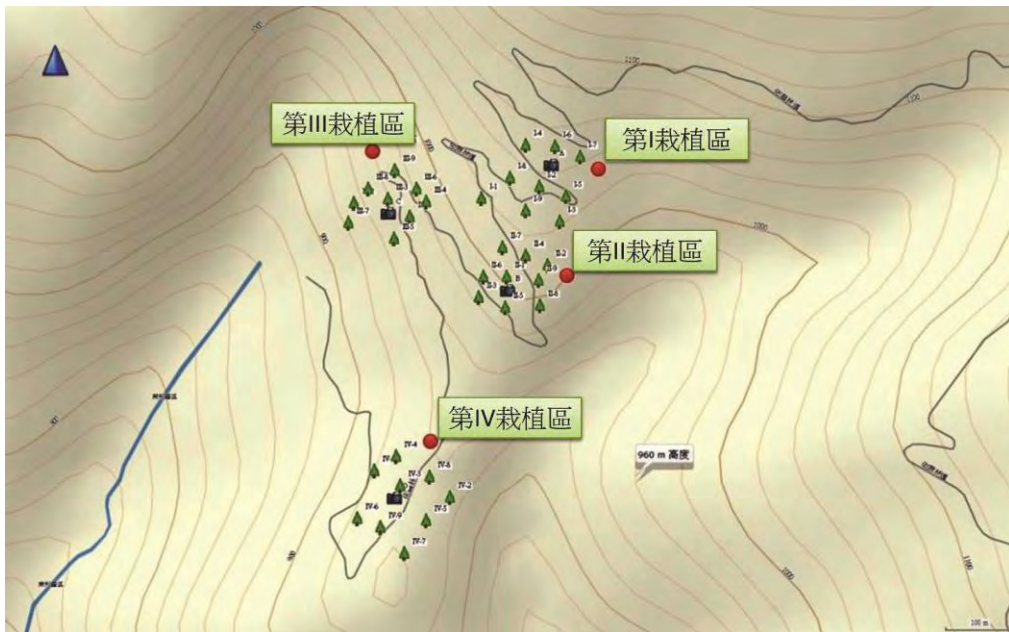


圖 1. 太麻里研究中心試驗地栽植區及監測相機位置圖。

Fig.1. Map of the study site at Taimali Research Center.

二、野生動物族群監測

2012年7月，於4栽植區的中心位置，各架設一台 Reconyx PC 800 型數位感應相機，其座標分別為：第 I 區(22°37.632' N, 120°55.639' E)、第 II 區(22°37.558' N, 120°55.638' E)、第 III 區(22°37.623' N, 120°55.508' E)、第 IV 區(22°37.380' N, 120°55.516' E)。

Reconyx PC 800 型相機使用 12 顆四號鎳氫充電電池，搭配 16 GB 之 SD 卡，拍距約 20m，快門 1/15 秒，夜間或光度不足時，即自動切換紅外線拍攝模式，基本上滿足本研究的監測需求。本機於紅外線拍攝模式啟動時，無 LED 紅燈閃爍，隱密性強，可減少動物的警戒，在盜獵者出沒頻繁處也有不易被發現的優點，至於畫素較低，照片解析度差，則是本機的缺點。依產品說明，本機的續航拍攝時間可達 6 個月，唯本研究基本上每 3 個月即抽換 SD 卡，攜回讀取影像資料，並更新電池持續監測。

三、相對豐度之計算

參考裴與姜(2004)以及王等(2012)，動物的相對豐度以 OI(occurrence index)值為比較標準，OI 之計算方式為：

$$OI = (\text{有效照片數} / \text{相機工作時數}) \times 1000$$

並進一步將資料分為第 I、II、III、IV 等四個栽植區，以及 2012 年 7 月至 2013 年 12 月等 18 個監測月，分別計算其 OI，以分析各栽植區與各監測月動物豐度的差異。此外，為了解各動物的活動模式，以每二小時為單位，計算動物於該時段的照片張數佔其總照片張數的比例，以比較各時段的相對活動量。

四、棲地利用指數的計算

除 OI 外，本研究嘗試以棲地利用指數(Habitat Utilization Index, HUI) (劉 2014b)作

為輔助性數據，以分析三種草食獸的相對豐度在區域、季節與活動時段分布上的差異，本指數計算源自三項介量：

(一) 記錄筆數：將動物自入鏡至出鏡的一組照片，視為一個獨立事件或一筆紀錄，而將該組照片的日期、起迄時間、有效照片張數、照片中出現的物種、性別、特徵、行為，以及同時入鏡動物的隻數等，定義為該筆紀錄的屬性資料，從而進行資料的建檔、搜尋與運算。紀錄筆數本身，則為本指數運算介量之一。

(二) 有效照片張數：即每筆紀錄中，可清晰辨識照片的張數，本研究將相機設定為當動物進入紅外線感應範圍內時，即啟動每秒一張、連拍三張的拍攝模式，若動物一直在感應範圍內活動，則拍攝模式亦持續啟動。換言之，一筆紀錄的有效照片張數自 1 張至數百張均有可能，若照片模糊無法辨識者，均予以剔除不列入紀錄。

(三) 紀錄時間：每筆紀錄中，動物入鏡至出鏡所延續的時間。

基本上，三項介量均能用來反映動物的豐度或出現頻率，然而也均受到動物行為特性的影響。舉例言之，族群密度相近的物種，活動性較強者，在鏡頭前通過的機率或將高於活動性較弱者，致使二者的紀錄筆數不一定相近。而活動力旺盛者，在鏡頭前逗留的時間也可能少於活動穩重緩慢者，使得紀錄筆數相近的二物種，在照片張數與時間上，產生可觀的差異。其次，動物對該棲地的利用，究竟是將其作為通行的廊道，還是覓食休憩之處，抑或育幼繁殖的場所，也將對這些介量造成影響。因此，若僅用單一介量來計算動物的相對豐度，似將遺漏某些有意義的資訊。

以監測照片估算動物的絕對密度確有其

限制及困難，僅能儘可能地將其換算成相對值後，施用於需進行物種、區域、時間或時段比較的場合。因此，本研究乃將前述三項介量轉換為相對值後加成，成為此一指數，其計算方式如下：

- (一) 相對紀錄(RR)目標紀錄筆數/記錄總筆數
100
- (二) 相對張數(RP)目標照片張數/照片總張數
100
- (三) 相對時間(RT)目標紀錄時間/記錄總時間
筆數100
- (四) 棲地利用指數(HUI)=RR+RP+RT

其中，目標紀錄筆數、張數、時間，依分析目的而異。若欲計算山羌於不同栽植區（或各監測月）的HUI，則目標紀錄筆數為各栽植區（或各監測月）山羌於調查期間所累積的紀錄筆數，而記錄總筆數則為各栽植區（或各監測月）目標紀錄筆數的加總，餘類推。因此，HUI 可用於不同分析目的，而其總值亦均為300，因其為一相對值，當然也可換算成百分比型態，唯為突顯三項介量在意義上的獨立

性，以及在指數合成上的等值性，仍考慮比照植被調查時所使用的重要值指數(IVI)的型態，以總值 300 來表示。

結果

一、相對豐度

自2012年7月至2013年12月，經18個月，4台相機總工作時數51,840小時的連續監測，累積三種動物紀錄總計730筆，時間20小時26分40秒，可辨識照片11,810張，其中山羌8,815張，水鹿2,351張，台灣野山羊644張，計算其豐度分別為：山羌(OI=170.0)、水鹿(OI=45.4)、台灣野山羊(OI=12.4)，以百分比表示分別為山羌74.6%、水鹿19.9%、台灣野山羊5.5%。

另換算相對筆數、時間、張數，並合計為棲地利用指數如表1。三種動物於本造林地內的棲地利用指數分別為：山羌(HUI=233.4)、水鹿(HUI=49.4)、台灣野山羊(HUI=17.2)，以百分比表示依次為山羌77.9%、水鹿16.5%、台灣野山羊5.7%，與OI的百分比相當接近。

表 1. 三種草食獸於本造林地內的棲地利用指數 (HUI)

Table 1. Habitat utilization index (HUI) of three herbivore species

Species	No. of records	Time	No. of pictures	Relative No. of records	Relative time	Relative No. of pictures	Habitat utilization index
<i>Muntiacus reevesi</i>	596	15:45:44	8,815	81.64	77.1	74.64	233.38
<i>Rusa unicolor swinhoii</i>	68	04:07:56	2,351	9.32	20.21	19.91	49.43
<i>Naemorhedus swinhoei</i>	66	00:33:00	644	9.04	2.69	5.45	17.18
Total	730	20:26:40	11,810	100	100	100	300

本試驗地中三種草食獸的相對豐度，以山羌占壓倒性的多數，水鹿次之，台灣野山羊最少，且OI與HUI經最約化後的差異亦很小，

三種草食獸於本造林地的相對豐度比例為15:4:1。經分別檢視紀錄筆數、照片張數、時間等三項介量的相對值後，發現水鹿與台灣野

山羊雖在相對紀錄筆數上相差甚微，然在相對時間及相對張數上，卻有數倍以上的差異，此點無疑顯示出二種動物在活動與行為上的差異，也意味著比較這二種動物相對豐度的時候，若僅使用單一介量，恐影響其代表性。基本上，OI、RR、RP、RT，均能用於表示動物的相對豐度，然若以合成後的 HUI 來呈現，似較能緩和動物行為差異所造成的影響。

二、區域分布

比較三種草食獸於各栽植區的記錄筆數、照片張數與時間等三項介量，發現其差異甚大。首先以有效照片張數，計算山羊、台灣野山羊及水鹿於各栽植區的 OI，以比較三種草食獸在不同栽植區的相對豐度，結果如表 2 所示。

其次，將三種草食獸於各栽植區的紀錄筆數、時間及張數，換算為相對值，並加總為各栽植區的 HUI 如表 3。

表 2. 山羊、水鹿、台灣野山羊於各栽植區的 OI 值

Table 2. OI of *Muntiacus reevesi*, *Rusa unicolor swinhoii* and *Naemorhedus swinhoii* in different plots

Plot	<i>Muntiacus reevesi</i>	<i>Rusa unicolor swinhoii</i>	<i>Naemorhedus swinhoii</i>
I	491.59	16.28	24.07
II	97.53	70.91	7.02
III	87.81	14.12	12.11
IV	3.24	80.09	6.48
Total	170.04	45.35	12.42

表 3. 山羊、水鹿、台灣野山羊於各栽植區的 HUI 值

Table 3. HUI of *Muntiacus reevesi*, *Rusa unicolor swinhoii* and *Naemorhedus swinhoii* in different plots

Plot	<i>Muntiacus reevesi</i>	<i>Rusa unicolor swinhoii</i>	<i>Naemorhedus swinhoii</i>
I	180.89	29.65	128.84
II	68.57	120.61	48.22
III	47.82	23.76	72.41
IV	2.71	125.99	50.52
Total	300	300	300

比較三種草食獸在各栽植區的 OI 與 HUI 發現，OI 的差幅似較 HUI 高出甚多，其原因當與動物的行為特性有關。究其實，進行區域分布比較的目的，在探討不同棲地條件對動物族群分布的影響(或分析動物對棲地條件的偏好)，由於 OI 係以照片張數為唯一計算介量，動物行為的影響也相對較大。舉例言之，只要

少數幾隻個體在鏡頭前長時間逗留，便有可能造成 OI 值不合理地偏高，且有可能高於多隻動物快速通過鏡頭前所產生的 OI 值。因此，若能加入筆數及時間二個介量，並以相對值的型態來表示其區域分布，則或在某種程度上，緩和此一差幅，並在較多的面向上，探討動物區域分布之差異。

三、季節分布

三項介量於各監測月間，亦呈現明顯的差異與波動現象，首先計算山羌、台灣野山羊及

水鹿於各監測月的 OI 如圖 2。

另將各監測月的紀錄筆數、時間及張數，換算為相對值，並加總為 HUI 後如圖 3。

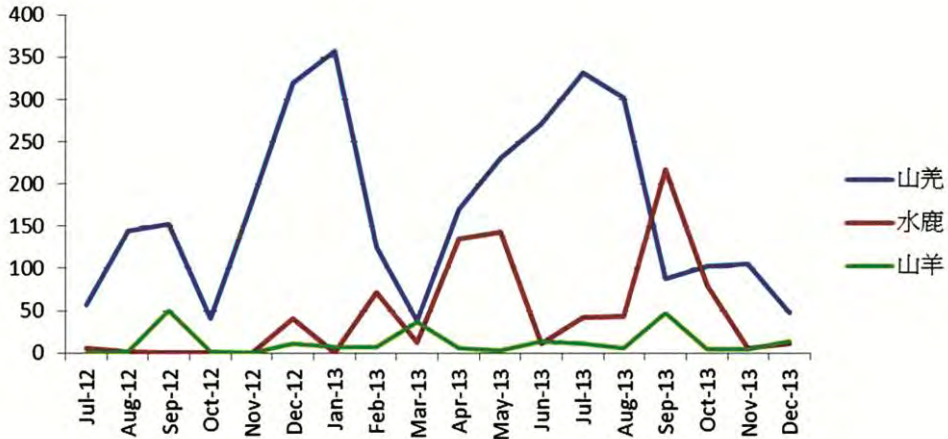


圖 2. 山羌、水鹿、台灣野山羊於各監測月的 OI 值。

Fig. 2. OI of *Muntiacus reevesi*, *Rusa unicolor swinhoii* and *Naemorhedus swinhoii* in different monitoring months.

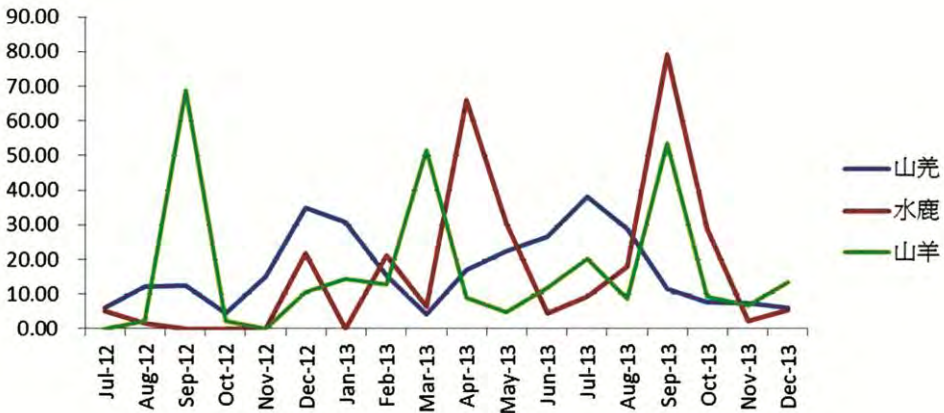


圖 3. 山羌、水鹿、台灣野山羊於各監測月的 HUI 值。

Fig 3. HUI of *Muntiacus reevesi*, *Rusa unicolor swinhoii* and *Naemorhedus swinhoii* in different monitoring months.

就三種草食獸於各監測月間的波動趨勢而言，山羌似以冬、夏為波峰期，春、秋二季為波谷期，水鹿則似以春、秋二季為波峰期，

夏季為波谷期，至於台灣野山羊於本造林地內則呈現多峰期的波動型態，且於秋、春、秋三季各有一波峰期。另比較圖 2、3 可以看出，

由於三種草食獸的 OI，在總量上差異甚大，此點似不利於季節性分布與波動的比較分析。相對的，由於 HUI 係以標準化後的相對值所合成，或可使此一差幅過大的情形獲得舒緩，而較容易看出其峰期與谷期的分布趨勢。

四、活動時段

仿照王等(2012)將一日分為 12 個時段，計算各時段中山羌、台灣野山羊及水鹿的照片張數佔其照片總張數的比例，並以此比例為標準，比較各時段間的相對活動量如圖 4。

另將各時段中三種動物的紀錄筆數、時間及張數，換算為相對值，加總為 HUI 如圖 5，用以表示三者於不同時段的活動情形。

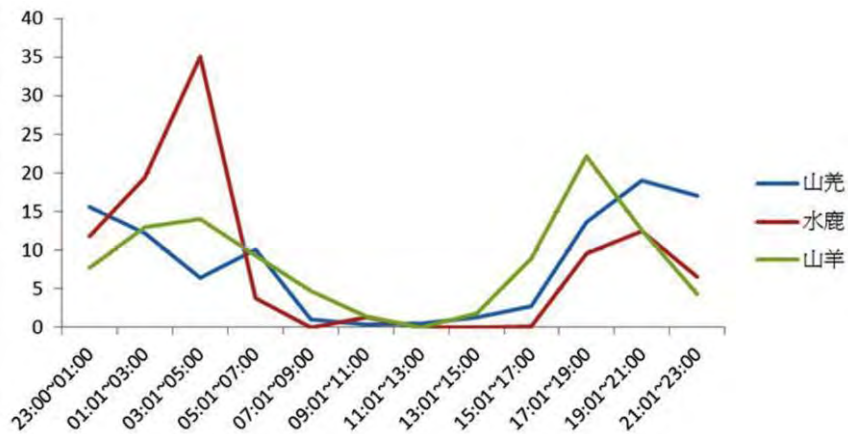


圖 4. 山羌、水鹿、台灣野山羊於各時段的照片張數比例 (%)。

Fig. 4. Picture ratio of *Muntiacus reevesi*, *Rusa unicolor swinhoii* and *Naemorhedus swinhoei* during different time intervals (%).

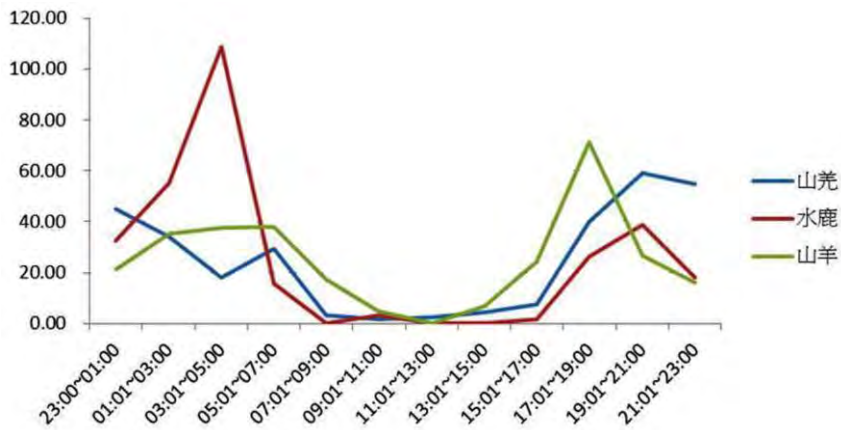


圖 5. 山羌、水鹿、台灣野山羊於各時段的 HUI 值。

Fig. 5. HUI of *Muntiacusreevesi*, *Rusa unicolorswinhoii* and *Naemorhedus swinhoei* during different time intervals.

由圖 4、5 可以看出，三種草食獸均以晨昏為活動高峰，然在活動峰期上，仍存有一定的差異。在活動模式的分析上，王等(2012)採用了照片張數比例，取代 OI 作為分析介量，此或因百分比化後的相對值，較有利於比較分析之故。究其實，照片張數比例，其實就是 HUI 中的相對張數(RP)，只不過 HUI 另加入了二項介量而已，二者的概念及用途是一致的。在本項分析中，照片張數比例與 HUI 差異不大。

討 論

一、三種草食獸的相對豐度

經計算三種草食獸於本造林地內的豐度分別為山羌(OI=170.0)、水鹿(OI=45.4)、台灣野山羊(OI=12.4)，參考王等(2012)調查太魯閣國家公園中大型哺乳動物之結果：三種草食獸於人跡罕至的陶塞河流域及南湖山區的豐度分別為山羌(OI=44.5)、水鹿(OI=9.2)、台灣野山羊(OI=1.05)，相較之下，三種草食獸在本造林地內的豐度毋寧是相當高的。

計算三種草食獸於本造林地內的棲地利用指數分別為：山羌(HUI=33.4)、水鹿(HUI=9.4)、台灣野山羊(HUI=17.2)，亦即三者的比例約為 15：4：1，其百分比與 OI 的百分比相當接近，亦即在總量的比較上，二者均可做為三種動物在本造林地的相對豐度或出現頻度的參考值。

檢視筆數、時間、張數三項介量的相對值發現，台灣野山羊與水鹿雖在相對筆數上甚為接近，然在相對時間及張數上卻有很大的差距，此或因台灣野山羊活動較迅速，而水鹿與山羌則較常做定點逗留所致。此一行為上的差異對 OI 或 HUI 的計算都會造成一些影響。

二、三種草食獸的區域分布

比對三種草食獸於各栽植區的 OI 與 HUI 發現，山羌於各栽植區的豐度差距最大，且顯然對第 I 栽植區具有特殊偏好。台灣野山羊雖也集中於第 I 區，然在其他三區亦有較平均的分布，至於水鹿則有不同的分布型態而以第 II、IV 栽植區的豐度較高。三種草食獸的區域分布，於本造林地內，呈現明顯的差異。由於本研究各栽植區的面積為 1.44 ha，此一面積對於三種草食獸的活動範圍而言，無疑是相當小的。因此，僅能以三種草食獸在不同栽植區的豐度，代表其對該栽植區的偏好程度，並透過造林木生長介量的調查與分析，推論區域分布的可能原因。

經造林木生長調查發現，除胸徑外，成活率、樹高、冠幅、枝下高等生長介量，於各栽植區間均呈極顯著差異(劉 2014b)，其中最為山羌與台灣野山羊所偏好的第 I 栽植區，不但成活率最低，樹高、枝下高及冠幅亦較差，而成林分鬱閉度最低的栽植區。林等(2011)調查柳杉人工造林地內，哺乳類動物的棲地選擇發現，山羌與台灣野山羊的棲地選擇與較厚的落葉層與較疏的林分密度有關，此點與本研究的結果相符。

諸多學者均指出：林分上層木的鬱閉度與生長狀況對林下光度、溫度、濕度等微環境，乃至地被植物的組成與結構等，均會造成程度不一的影響，進而塑造出多樣化的森林區塊與野生動物的棲地條件(Noss and Csuti 1994; Willson and Halupka 1995; Stouder *et al.* 1997; Walters 1986; Landres 1992; Landres *et al.* 1988)，此或為三種草食獸在本造林地內呈現區域性分布差異的原因，唯仍有待更深入的棲地條件調查與關聯性分析。

三、三種草食獸的季節分布

三種草食獸於各監測月的 OI 與 HUI 所呈現的波動趨勢一致，也顯示出三種草食獸的豐度在季節分布上所呈現的波動現象，唯三者的波動模式及峰期並不一致，其中以山羌的波動模式較為穩定，且以冬、夏為波峰期，春、秋二季為波谷期。王等(2012)監測陶塞河流域與南湖山區的山羌發現，其 OI 以春季最高，夏秋二季次之，秋季最低，其波動模式與峰期與本研究結果不一致。

水鹿與台灣野山羊在時間分布的波動上，似較不容易掌握，其中水鹿似以春、秋二季為波峰期，夏季為波谷期。王等(2012)調查水鹿豐度發現，其 OI 以夏季最高，其餘三季則差異不大，此與本研究的結果也有差別。至於台灣野山羊於本造林地內則呈現多峰期的波動型態，且於秋、春、秋三季各有一波峰期。

三種草食獸在季節分布上的差異性，可能為棲地資源利用上的適應，亦可能顯示其族群季節性遷移的趨勢。依據王等(2012)的於陶塞河流域及南湖山區的調查結果：水鹿的季節性遷移不明顯，山羌則會在夏季上到 3,000 m 以上的高海拔山區，而冬季則會集中在 1,500-2,000 m 的區域，因此，本造林地內山羌具規律性的族群波動，或與其季節性遷移的習性有關。

四、活動模式的比較

計算各時段中山羌、台灣野山羊及水鹿的照片張數比例與棲地利用指數發現：三種草食獸基本上為日夜都會活動，但以晨昏為其活動的高峰，唯活動峰期仍有差異性，其中水鹿的活動以凌晨較明顯，而山羌則以天黑後到夜半為其活動高峰，至於台灣野山羊的活動模式似無規律性，而以天黑後與凌晨二個時段為其活

動峰期。王穎等(2012)發現：山羌、水鹿、台灣野山羊均具有晨昏兩個活動高峰，且皆日夜都活動，但水鹿與山羌夜間活動的比例較高，山羊日間活動比例較高。三者之間似存有某種行為上的分化，使資源得以有效運用並避免衝突。本項分析中，照片比例與 HUI 的差異甚小，二者均能有效看出動物的活動模式。

五、行為生態及其他

(一) 山羌

本研究發現：山羌於本造林地內，通常均單獨行動，然於特定時期也會三兩結群，個體間的互動行為以 5~7 月較頻繁。公羌於初夏發茸，至秋季成硬角(圖 6)，到次年晚春落角，落角後隨即發茸，母羌則可能於冬春之交懷孕產子，育幼期可至初夏。雄山羌的紀錄筆數高出雌山羌紀錄筆數近一倍，顯示雄山羌對本造林地的偏好度較雌山羌為高。山羌的豐度於冬、夏二季各有一峰期，冬季主為硬角羌，而夏季則為茸角羌及母羌各半，顯示本造林地或為硬角公羌的冬季棲地，而於夏季則可能為族群求偶繁殖的場所(劉 2013b; 劉 2014b)。



圖 6. 茸角雄山羌。

Fig. 6. A male *Muntiacus reevesi* with hairy antlers.

(二) 水鹿

逐一辨識照片內出現個體的特徵後，發現出沒於本造林地母鹿及幼鹿至少有 3 隻，雄鹿則至少在 5 隻以上(劉 2013a)。雄鹿於一、二月間落角(圖 7)，落角後隨即發茸，至五月間鹿茸外皮脫落成爲硬角，並維持到冬季後脫落。所觀察到的鹿角有一叉、三叉、左三右二叉之分，而同爲三叉角者，亦有粗細之別，加上鹿耳的缺刻與體型，均使個體的辨識工作較易於進行。此外，於監測其中，亦累積水鹿常態性聚集於造林地一處泥塘進行泥浴的有效照片 800 張，對水鹿行爲生態的觀察甚有助益(劉 2014c)。



圖 7. 落角雄水鹿。

Fig.7. A male *Rusa unicolor swinhoii* with fallen antlers.

(三) 台灣野山羊

台灣野山羊雌雄皆有角且終生不脫落(圖 8)，由外觀上甚難區分其性別，增加了照片判視與個體鑑別的困難。紀錄中可明視個體性器官者僅有 16 筆，其餘均因拍攝角度而無法辨別，經反覆比對毛色、角的大小及其他特徵後，推估於本造林地活動之台灣野山羊計 5 隻(4♂、1♀)，唯實際數目可能不止於此(劉

2014a)。

紀錄中有 8 筆爲台灣野山羊受驚竄逃或跳躍的畫面，累計秒數 52 秒，照片 32 張，顯示台灣野山羊相當神經質且易受驚嚇。另於 2013 年 6 月及 7 月，各拍到一組山羌與台灣野山羊併行與對峙的照片，這二組照片加上相關資料中對山羊領域性及攻擊性行爲的描述，引發台灣野山羊與山羌之間的種間競爭是否存在的疑問。



圖 8. 雄性台灣野山羊。

Fig. 8. A male *Naemorhedus swinhoii*.

比對山羌與台灣野山羊各監測月的 OI 與 HUI 發現：2012 年秋季與 2013 年春季，爲山羌豐度最低的時候，然恰爲台灣野山羊豐度的峰期，而 2012 年冬季爲山羌豐度的最高峰，亦恰爲台灣野山羊豐度最低的時候，此點或許顯示：山羌較偏向於利用本造林地爲其冬季棲息地，而台灣野山羊則否。在另一方面，二者之棲息地指數於 2013 年夏季均出現峰期，二組羌羊互動的照片，亦均攝於此一時期，此點或許顯示二者於此一時期，或許存有某種型態的棲地重疊與種間競爭。

六、棲地利用指數的發展

以數位式感應相機進行野生動物的族群監測，已廣為研究人員所採用。新一代的數位相機，其續航拍攝力可達半年，SD 卡儲存照片總量可達數千張，只要動物持續在相機感應範圍內逗留，便可連續拍攝其活動達數十分鐘而累積到數百張照片，此一突破性的功能，除適用於定點、長期的監測外，對於動物行為的觀察也有很大的助益。然而，如何將龐大的影像資料轉換成可分析的數據，進而合成為量化的指數，實為研究工作的一大挑戰。

為從監測照片中盡可能地萃取出有價值的資訊，本研究除將有效照片的張數列為最重要的屬性資料，以進行 OI 的計算外，同時亦將動物自入鏡至出鏡的一組照片，視為一獨立事件或一筆紀錄，而將該紀錄的起迄時間、有效照片張數及其他屬性資料一併建檔，建檔過程中發現，依時間及張數的多寡，大致可將紀錄分為三種類型：

- (一) 第一類：動物自鏡頭前經過，一筆紀錄僅數秒，照片僅數張者。
- (二) 第二類：動物持續在鏡頭前活動，時間由數10秒乃至數10分鐘不等，連續照片達數十甚至數百張者。
- (三) 第三類：動物持續在鏡頭前活動，然其間曾逸出感應範圍復又出現者，這類型的紀錄，其時間往往甚長，然而照片張數卻不一定很多，且往往不連續。

此一發現，使我們對筆數、時間、張數之間的關係產生興趣，理論上，這三個介量，或可在不同的面向上反映族群的動態變化：其中紀錄筆數的多寡，應與動物的豐度與出現頻率有關，而紀錄的起迄時間及照片張數，在某種程度上，亦可勾勒出該動物對該棲地的利用，究竟是將其作為廊道、覓食休憩場所、還是育

幼繁殖的場所。因此，若僅用照片張數作為單一計算介量，或將遺漏某些有意義的資訊。

以三種草食獸 2012 年 7 月至 2013 年 12 月的 18 個監測月的紀錄為樣本，進行記錄筆數、時間、張數等三個介量的雙變數相關分析，發現三種動物的三個介量間，在顯著水準為 0.01 時，相關均顯著，顯示三個介量基本上是可以等值對待的，理論上皆可單獨使用，以表示動物的相對豐度，唯經合併為 HUI 後，似能使其更加完整。

本研究發展的棲地利用指數 (habitat utilization index, HUI)，係仿用植群生態調查所使用的重要值指數 (IVI) 的概念，將筆數、時間、張數三個介量分別轉換成相對值，而後合計為棲地利用指數。由於其為一相對值，因此，在進行動物的豐度、區域及季節分布，乃至活動時段的比較時，均堪稱適用，且可與 OI 值參酌比對而得到更多的資訊。

七、生態育林的效益

本研究在 18 個月的監測期中，針對三種共域草食獸進行監測，發現其豐度甚高，若以王穎等(2012)於太魯閣國家公園使用同類型數位相機進行監測所得到的結果，作為三種草食獸於自然條件下正常的豐度，則本造林地山羌的豐度為其 3.8 倍，水鹿的豐度為其 4.9 倍，而台灣野山羊的豐度為其 11.8 倍，以一塊 15 年生的新植人工造林地而言，此一數值已超過預期，且與歷來對人工林非野生動物優質棲地的認知不符。此一監測結果，在現階段雖能為生態育林與森林生態環境營造的可行性提出一些佐證。唯本造林地內三種草食獸的群聚現象，其真正的原因為何，以及就長遠來看，三種共域草食獸的族群動態的變化及其與育林作業的關係等，均有待持續且更深入的監測。

誌 謝

本研究係承行政院農委會林業試驗所科技計畫：「闊葉樹混合林之生態育林與效益監測(計畫編號：102 農科-13.2.1-森-G5)」之經費補助，特致謝忱。

引用文獻

- 王相華。2010。不同型式人為干擾對福山植物園山羌活動及行為之影響。林業試驗所科技計畫研究報告。11 頁。
- 王穎、李壽先、姚秋如、王佳琪。2004。台灣地區台灣山羌之保育遺傳分析。行政院農業委員會研究報告。28 頁。
- 王穎、朱有田、顏士清、張郁琦、廖昱銓。2012。台灣水鹿跨域整合研究。太魯閣國家公園管理處。70 頁。
- 王穎、顏士清、林子揚、陳匡洵、廖昱銓、賴冠榮。2010。奇萊山區台灣水鹿之活動模式與空間使用。太魯閣國家公園管理處委託研究報告。40 頁。
- 李玲玲、林宗以、池文傑。2007。玉山國家公園南二段地區中大型哺乳動物調查及台灣水鹿監測計畫。內政部營建署玉山國家公園管理處。70 頁。
- 李玲玲、林宗以、蔡振光。2006。台灣水鹿食性及玉里野生動物保護區水鹿族群生態研究(三)。行政院農委會林務局保育研究系列第 93-2 號。64 頁。
- 李玲玲、游孟雪、李景元。2004。哺乳動物與植物之互動關係-台灣山羌。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。4 頁。
- 林良恭、蔡政修、王詩婷。2011。柳杉人工林疏伐經營對生物多樣性、生態系結構與功能影響極復育過程之研究-人工林疏伐作業後鳥類與哺乳動物之棲地選擇(III) 行政院國家科學委員會專題研究成果報告。60 頁。
- 翁國精、林宗以、張書德、范震華。2010。玉山國家公園新康山區中大型哺乳動物監測及水鹿族群生態研究。玉山國家公園管理處委託研究報告。79 頁。
- 郭正彥。2005。磐石山區高地草原台灣水鹿隻日間行為。國立台灣師範大學生命科學系碩士論文。72 頁。
- 裴家騏。1998。利用自動照相設備紀錄野生動物活動模式之評估。台灣林業科學 13(4):289-296。
- 裴家騏、姜博仁。2004。大武山自然保留區和周邊地區雲豹及其他中大型哺乳動物之現況與保育研究(三)。行政院農委會林務局研究系列 92-2 號。85 頁。
- 裴家騏、陳朝圳、吳守從、滕民強。1997。利用自動照相設備與地理資訊系統研究森林野生動物族群之空間分布。中華林學季刊 30(3):279-289。
- 劉一新。2010。闊葉樹育林之研究。中華林學季刊 43(4):569-579。
- 劉一新。2013a。水鹿的為害與監測。林業研究專訊 20(5):56-63。
- 劉一新。2013b。山羌生態知多少。林業研究專訊 20(6):63-68。
- 劉一新。2014a。太麻里的國寶羊。林業研究專訊 20(7):73-77。
- 劉一新。2014b。闊葉樹混合林之生態效益監測。中華林學季刊 46 (4):457-468。
- 劉一新。2014c。愛洗泥漿浴的水鹿。林業研究專訊 20(8):77-81。
- 廖昱銓、王穎。2011。磐石山區台灣水鹿的季

- 節性移動。太魯閣國家公園管理處。26 頁。
- 顏士清、王穎。2011。台灣水鹿之活動範圍與社會結構初探-以奇萊磐石山區為例。太魯閣國家公園管理處。29 頁。
- 蘇秀慧、裴家騏、梁又仁。2008。雪霸家公園陸域野生動物資源整合分析- 雪見地區。雪霸國家公園管理處。57 頁。
- Landres, P. B. 1992. Ecological indicators: panacea or liability? In: McKenzie., D. H., D. E. Hyatt and V. J. McDonald (*eds.*). Ecological indicators. Vol.2. 1295-1318p. Elsevier Applied Science, London.
- Landres, P. B., J. Verner and J. W. Thomas. 1988. Ecological use of vertebrate indicator species: a critique. Conservation Biology 2:316-328.
- Noss, R. F. and B. Csuti. 1994. Fragmentation. In: Meffe, G. K. and C. R. Carroll (*eds.*). Principles of conservation biology. 237-264p. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA.
- Power, M. E., D. Tilman, J. A. Estes, B. A. Menge, W. J. Bond, L. S. Mills, G. Daily, J. C. Castilla, J. Lubchenco and R. T. Paine. 1996. Challenges in the quest for keystones. Bioscience 46:609-620.
- Walters, C. 1986. Adaptive management of renewable resources. 374 p. Macmillan Publishing Company, New York.
- Willson, M. F. and K. C. Halupka. 1995. Anadromous fishes as keystone species in vertebrate communities. Conservation Biology 9:489-497.

