

# 中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生物科

團隊合作獎

080304

探討不同棲息地的金龜子生長與繁殖~以毛翅騷  
金龜和臺灣扇角金龜為例

學校名稱：臺北市私立復興實驗高級中學(附設國小)

作者：  小六 黃妍馨  小五 楊璵瑄  小五 王愷昕  小五 汪祖名  小五 陳品言  小五 黃顥	指導老師：  林淑慧
--	------------------

關鍵詞：土繭材料、生長與繁殖、禦敵模式

## 摘要

因為前兩年研究臺灣扇角金龜，同時發現也有毛翅騷金龜，進一步調查發現棲息地、溫溼度、禦敵行為、土繭或糞便、幼蟲食用土壤，兩種金龜子都可能不同。因此，本研究想要探究不同的棲息環境、氣候、海拔高度、林相和土壤，影響兩種金龜子的生長與繁殖等行為模式。本研究探討新竹尖石鄉及桃園復興鄉的兩種金龜子成蟲、土繭、土團材料、幼蟲棲息地和卵孵化的異同，為捕抓成蟲設計兩代捕蟲網，為觀察土壤內幼蟲設計兩代土壤偵測器。研究發現：毛翅騷金龜生長的溫度比臺灣扇角金龜高一些，毛翅騷金龜卵是黑色的，臺灣扇角金龜卵是黃色；毛翅騷金龜全身披毛對外界刺激較敏感，臺灣扇角金龜禦敵時翅鞘會改變顏色。

## 壹、前言

### 一、研究動機

在兩棲地踏查時，同時抓到毛翅騷金龜及臺灣扇角金龜，引起我們想要探討不同棲息地兩種金龜子的生長與繁殖。位於新竹縣的宇老部落以九降風聞名，風速很強，毛翅騷金龜多棲息在背風面，在迎風面幾乎找不到毛翅騷金龜的蹤影。位於桃園市的拉拉山地質多紅土礫石及頁岩、氣候多變、氣溫起伏較大、林相茂密山勢陡峭，同時抓到兩種金龜子（台灣山林悠遊網，2024）。兩種金龜子成蟲棲息在陰溼的森林，例如構樹林、青剛櫟林，吸食樹汁，兩種金龜子幼蟲和卵聚集在又溼又厚的落葉層、土壤和腐木中。本研究實地踏查了三年，探討兩種金龜子的生長與繁殖，並推測可能原因後進行實驗來驗證。（本研究與課程的相關單元為三年級「動物王國」、五年級「動物大觀園」、六年級「臺灣的生態」）。

### 二、研究目的

- (1) 比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的棲息環境之差異
- (2) 比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜外形構造之差異
- (3) 比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的幼蟲棲息土壤、化蛹、結土繭之差異
- (4) 比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的成蟲禦敵行為之差異
- (5) 探討如何保護毛翅騷金龜、臺灣扇角金龜的棲息環境

### 三、文獻探討

#### (一) 毛翅騷金龜的介紹（表 1）

毛翅騷金龜又稱旭闊花金龜，屬於大型金龜子科，身長為 29~33mm，分布於低海拔到高海拔山區潮溼叢林中，數量不多。體背具光澤的赤銅色，密生黃褐色軟毛，腹面多深綠到

墨綠色。中後腳脛節為深紅色~墨綠色，跗節及觸角具黃色短毛，尾部覆蓋黃色軟長毛。雄性足脛節末端具有 1 個齒凸，雌性足脛節末端有 2 個外齒凸。成蟲愛吸食腐果，早上陽光大量照至叢林間，成蟲活躍飛行、活動力旺盛（臺灣生命大百科，2018）。

（二）臺灣扇角金龜的介紹（表 1）

臺灣扇角金龜為臺灣特有種，屬於中大型金龜子科，身長為 25~31mm，分布於中海拔到高海拔山區潮溼叢林中，數量不多。身體具有金屬的光澤，雄雌的頭楯有一倒三角形短角。雄蟲頭中央後端另外有三角形突起，前腳脛節末端有 1 個齒凸，雌蟲頭中央後端為長方形突起、前腳脛節末端有 2 個齒凸。成蟲愛吸食腐果、花蜜，太陽出來時成蟲活躍飛行、活動力旺盛（臺灣生命大百科，2018）。

表 1 兩種金龜子的分類地位、外形構造、雌雄分辨（臺灣生命大百科，2018）


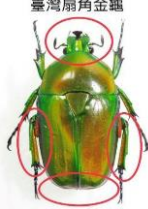


比較	毛翅騷金龜 <i>Torynorhina pilifera</i> (Moser,1914)	臺灣扇角金龜 <i>Trigonophorus rothschildi varians</i> (Bourgoin,1914) [臺灣特有種]
外形構造	 (本圖引自臺灣生命大百科毛翅騷金龜)	 (本圖引自臺灣生命大百科台灣扇角金龜)
分類地位	動物界、節肢動物門、昆蟲綱、鞘翅目、金龜子科、騷金龜屬、 <i>Torynorhina</i>	動物界、節肢動物門、昆蟲綱、鞘翅目、金龜子科、扇角金龜屬、 <i>Trigonophorus</i>
時間	成蟲 7~11 月會大量出現	成蟲 6~11 月會大量出現
體長	成蟲體長 29~33mm	成蟲體長 25~31mm
顏色	紅色較常見	綠色較常見
翅面	翅面具大量短毛	翅面不具短毛
頭部	頭部近長方形，不具扇角	頭部具扇角
雌雄分辨	 (圖片由作者自行拍攝)	 (圖片由作者自行拍攝)
雄蟲	雄性腹節第一至第三節中央具壓扁部，前足脛節脛節末端具有 1 個齒凸。	雄蟲頭部前方具一扇角突起，中央後端有一枚三角形盾狀突起，端部較尖。
雌蟲	雌性腹節第一至第三節中央無壓扁部，前足脛節脛節末端具有 2 個齒凸。	雌蟲頭前扇角柄部較短且寬，頭部後端的突起為長方形。

表 2 毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜捕捉地點列表

比較	毛翅騷金龜 <i>Torynorrhina pilifera</i> (Moser,1914)	臺灣扇角金龜 <i>Trigonophorus rothschildi varians</i> (Bourgoin,1914) [臺灣特有種]
林務局 中研院公 開網站	GBIF 網站 (Moser,1914)捕抓地點為： 南投縣林區管理處奧萬大 高雄縣梅山山口	GBIF 網站(Bourgoin,1914)捕抓地點為： 新竹縣尖石鄉、宜蘭縣大同鄉留茂安、苗栗縣泰安鄉 觀霧、臺中市雪山路、八仙山、南投縣仁愛鄉清境農 場、八通關古道、合流、花蓮縣秀林鄉天祥、高雄市 桃園區梅山山口
	<p>GBIF物種分布地圖</p> <p>GBIF 的 <i>Torynorrhina pilifera</i> (Moser, 1914) 毛翅騷金龜 臺灣分布紀錄</p> <p>臺灣捕抓毛翅騷金龜 地點紀錄</p>	<p>GBIF物種分布地圖</p> <p>GBIF 的 <i>Trigonophorus rothschildi varians</i> Bourgoin, 1914 臺灣扇角金龜 臺灣分布紀錄</p> <p>臺灣捕抓臺灣扇角金龜地點紀錄</p>

圖 1 毛翅騷金龜(左)及臺灣扇角金龜(右)抓捕地點分布圖(本圖引自 GBIF 的 *Torynorrhina pilifera*, Moser, 1914))

(三) 其他科展研究主題與結果與本研究相關部分

研究主題	研究主題	與本研究相關比較
第 63 屆 (2023) 全國中小學科展, 國小組, 生物科, 調查與飼養臺灣扇角金龜~翅鞘顏色會改變的原因探討	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 調查臺灣扇角金龜, 包含成蟲與幼蟲的棲息環境、外形構造、數量、喜歡棲息在哪些樹木或果實上</li> <li>2. 觀察臺灣扇角金龜鞘翅的顏色變化和鞘翅的結構的關係</li> <li>3. 鞘翅的顏色改變和躲避敵人、尋找配偶、交配的關係</li> </ol>	<p>發現太陽照射後顏色會改變, 在覓食、求偶、躲避敵人等不同情況時, 鞘翅顏色會改變。僅呈現桃園拉拉山的臺灣扇角金龜, 包含成蟲與幼蟲的棲息環境和遇敵方式。</p> <p>本研究與此研究不同的是, 除了再次驗證桃園拉拉山的臺灣扇角金龜之外, 也比較同時出現數量最多的毛翅騷金龜, 比較兩者在相同地方不同的動物行為。</p> <p>同時, 發現在新竹尖石鄉也有兩種金龜子同時捕獲的情形, 所以進一步分析兩地捕抓數量、氣候、棲息地與動物行為的不同。在此次研究僅引用只有其他科展比較和禦敵翅鞘轉方向, 引用不到 5%。</p>
第 62 屆 (2022) 全國中小學科展, 國小組, 生物科, 以「獨」攻「獨」—探討獨角仙的格鬥模式	觀察獨角仙的身體構造與打鬥行為的關係、打架機率, 找出打鬥的熱點、探究打鬥模式	<p>此研究結果顯示獨角仙擅長以頭部獨特構造攻擊對手, 且雄蟲攻擊以頭角為主; 雌蟲則以頭部攻擊。我們研究這兩種金龜子都會以頭部攻擊進行爭奪食物和取得交配權, 其中以毛翅騷金龜打鬥模式較為明顯。</p> <p>我們還進一步拍攝到, 牠以前足去踩踏比牠體型小的花金龜。並以禦敵和躲避比牠體型大的動物, 例如: 獨角仙、鍬形蟲、鳥等動物刺激兩種金龜子觀察其動物行為, 與使用解剖、掃描式電子顯微鏡觀察兩種金龜子的構造, 包含: 頭部、剛毛、腳、翅鞘等, 比較其差異。</p>
第 50 屆 (2010) 全國中小學科展, 國小組, 生物科, 「獨」一無二—獨角仙生活史與生存環境實驗	觀察獨角仙生活史、幼蟲的飼養土、腐植土及土壤濕度關係製作含有落葉的腐植土	<p>研究結果: 獨角仙身長每週長長 0.1~0.5cm, 活動時會先查覺四周沒有敵人後在移動。另外發現, 腐植土加木屑的飼養土幼蟲成長較快, 而且土壤濕潤程度不影響幼蟲身長發育。最後, 製作腐植土的土壤, 不管有沒有加養樂多, 幼蟲均死亡。</p> <p>我們研究的兩種金龜子的生長與生存環境有類似的情形, 一樣都會有利用觸角和剛毛先察覺周遭環境, 才開始有禦敵和躲避行為。我們發現幼蟲生長都需要腐植土, 但我們研究發現幼蟲偏愛土壤溼度較高的黏土, 乾</p>



		燥的土壤讓毛翅騷金龜容易死亡，跟此研究的結果：土壤溼潤程度不影響幼蟲身長發育完全不同。
第 54 屆 (2014) 全國中小學科展，國中組，生物科，大力士挖糞圖強－探討糞金龜推糞行為之模式	1、糞金龜糞球製作、舉重行為及推糞物理機制的探討 2、障礙物的影響 3、糞金龜身體長度後腳長度的生長差異	糞金龜會將長條狀的糞便經切割後，會變成一個大的糞球，另外碎掉的部分會合成一個小的。我們研究的兩種金龜子幼蟲都有食用糞便的行為，毛翅騷金龜會滾土球，類似滾糞球的行為，在臺灣扇角金龜沒有發現此行為。我們研究還發現糞便有兩大功用，一是化蛹時毛翅騷金龜蛹的表面較多糞便，推測可能是當做柔軟的緩衝物或保溼作用；二是糞土是幼蟲喜愛食用的四種食土之一。

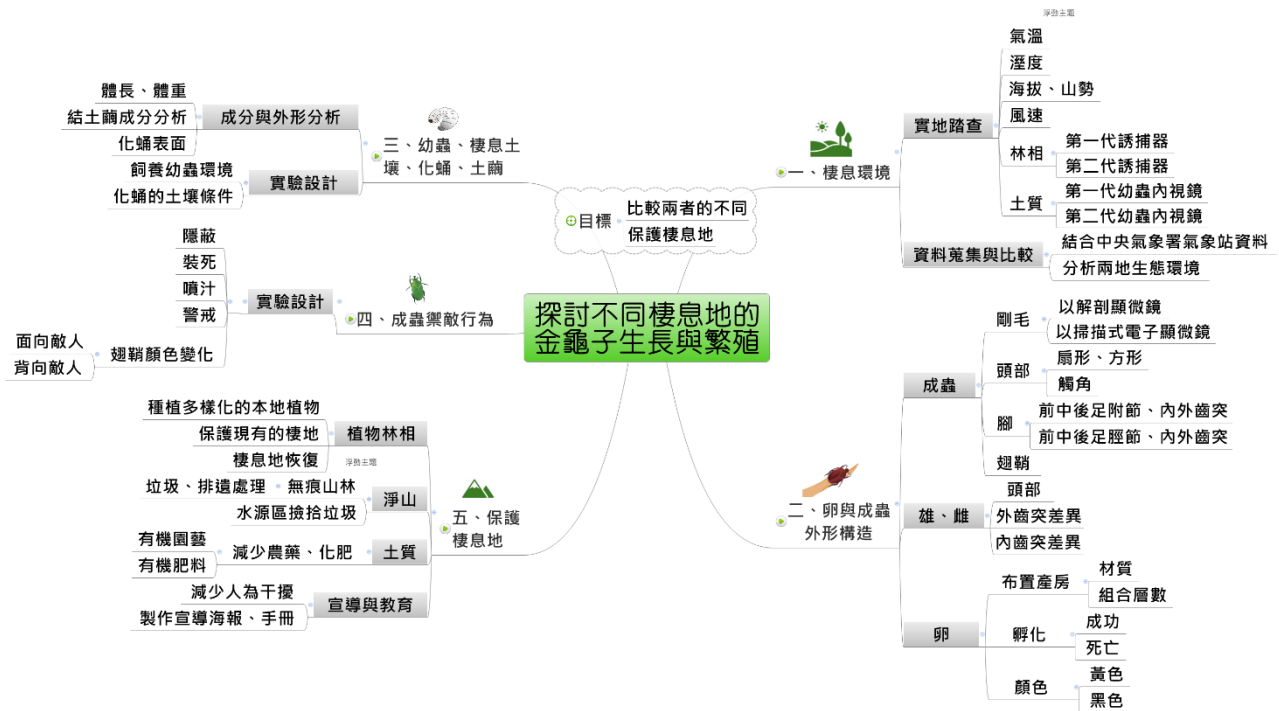


圖 2 研究架構圖 (本圖由作者親自製作)

## 貳、研究設備及器材

### 一、研究設備



圖 3 使用解剖(左, 品牌: Hamlet)、委託動物實驗室研究拍攝掃描式電子顯微鏡(中, SEM 品牌: FlexSEM, 型號: 100011)、錄影日夜觀察(右) (本照片由作者自行拍攝)

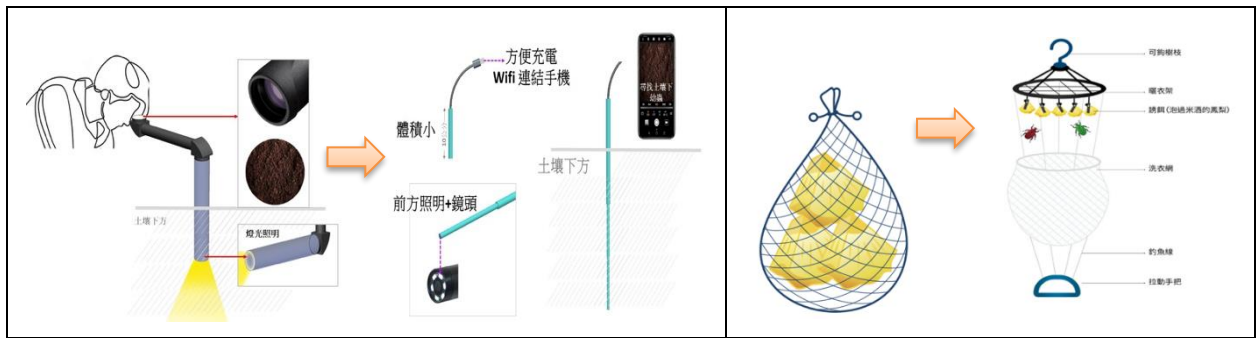


圖 4 第一代潛望鏡(左)及第二代潛望鏡(右)  
(本圖由作者自行設計)

圖 5 捕蟲網第一代(左)及第二代(右)  
(本圖由作者自行設計)

## 二、研究器材

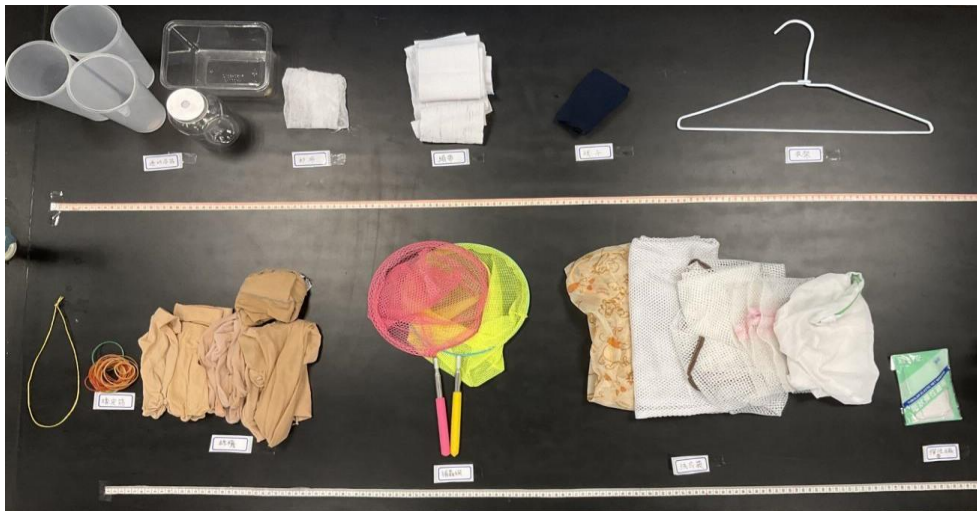


圖 6 製作捕蟲網用具，由上而下依序為塑膠容器、紗布、繃帶、襪子、衣架、橡皮筋、絲襪、捕蟲網、洗衣袋及彈性繃帶（本照片由作者自行拍攝）

## 參、研究過程或方法

### 一、比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的棲息環境之差異。

#### (一) 棲地調查一：桃園復興鄉四個地點（圖 7）

勘查桃園下巴陵停車場（海拔約 600m）、拉拉山的遊客中心（約 1000m）、巴陵水塔（約 1314m）、北部橫貫公路（約 650m）的海拔高度圖。



圖 7 桃園市復興鄉：下巴陵停車場、拉拉山的遊客中心、巴陵水塔、北部橫貫公路（本照片由作者自行使用 Google map 地形圖製作）



(二) 棲地調查二：新竹尖石鄉四個地點（圖 8）

勘查錦屏道路（海拔約 600m）、錦屏後山（約 1000m）、宇老登山口（約 1179m）、馬美步道（約 1500m）的海拔高度圖。



圖 8 新竹縣尖石鄉：錦屏道路、錦屏後山、宇老登山口、馬美步道（本照片由作者自行使用 Google map 地形圖製作）

(三) 採集、挖掘兩種金龜子，包含卵、幼蟲、土繭

在不同海拔高度，找尋潮溼及腐朽的枯木或移除大石頭，以爪耙進行挖掘，採集原生地土壤及幼蟲。如果有發現幼蟲，測量捕抓地點的海拔高度及幼蟲長度（圖 9）。

1. 研發兩代土壤偵測器，觀察兩種金龜子幼蟲

為了觀察土壤內的幼蟲，我們使用土壤偵測器，但由於第一代偵測器僅能定點找尋蹤跡，會打擾到蟲體，所以我們改良第一代，研發第二代偵測器（圖 10）。

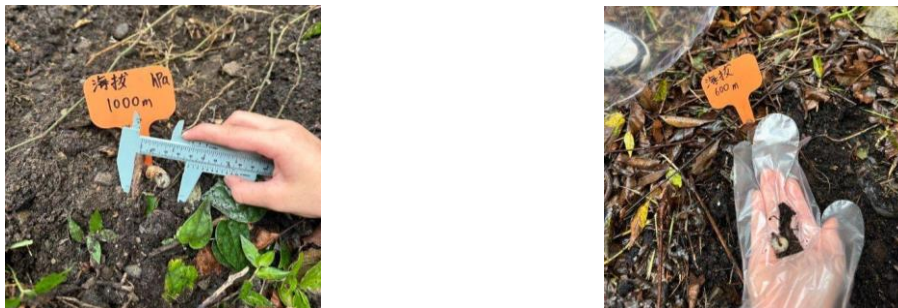


圖 9 實地踏查在不同海拔高度找到的金龜子幼蟲（本照片由第作者親自拍攝）

第一代土壤偵測器	第二代土壤偵測器
<p>偵測寬度較大、找尋土裡金龜子幼蟲 缺點：僅能定點找尋蹤跡，會打擾到蟲體。</p>	<p>優點：除了有第一代輕易找尋土裡的兩種金龜子幼蟲之外，可以利用繩子旋轉不同方向搜尋目標物。</p>

圖 10 兩代土壤偵測比較（偵測計由作者自行設計）

(四) 調查臺灣扇角金龜和毛翅騷金龜成蟲取食的地點、樹種和偏好行為。

實地踏查沿著產業道路，發現有金龜子的蹤跡後尋找附近 10 公尺以上高大、結實纍纍的喬木，並使用補蟲網進行掛網捕捉成蟲。

1. 研發兩代捕蟲網，捕抓兩種金龜子成蟲

一般市售捕蟲網「太重、太高」，不好操作，金龜子容易有逃脫和受傷，因此設計與改善「簡易、環保、保護蟲體」的兩代創意捕蟲網（圖 11）。



第一代捕蟲網(本照片由作者自行拍攝)	第二代捕蟲網(本圖由作者自行設計)
	<p data-bbox="858 602 986 678"><b>目前已 申請專利</b></p> 
<p data-bbox="276 936 699 1003">使用「鳳梨片放入絲襪」誘捕 缺點：不好操作，必須大人幫忙。</p>	<p data-bbox="863 936 1406 1003">優點：材料輕、攜帶方便、容易操作、 誘食金龜子成蟲，捕獲機率高。</p>

圖 11 兩代捕蟲網比較

(五) 分析不同棲地的月均溫、溼度、雨量與毛翅騷金龜、臺灣扇角金龜族群之相關性。

1. 調查兩個棲地各四的地點的山勢、林相、最高最低氣溫、最大陣風、相對溼度、降雨量、土壤組成、生物相，調查兩種金龜子的族群數量（圖 12）。

2. 佐證中央氣象署相關氣象數據，進行不同棲地的環境因子分析和族群數量比較。



圖 12 新竹字老海拔及土壤溼度偵測（左上）溫度及溼度測量（右上）風速測量（左下）（本照片由作者自行拍攝）



## 二、比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜外形構造之差異

### (一) 分析與比較兩種金龜子成蟲的外觀差異及顯微分析

使用解剖、掃描式電子顯微鏡觀察兩種金龜子的構造，包含：頭部、剛毛、腳、翅鞘等，比較其差異。

### (二) 布置產房，比較兩種金龜子卵的孵化與顏色變化

調查與觀察原生地的產卵土壤、移植土團，分析土壤的內容物（圖 13），嘗試設計兩種金龜子的各種產房，當作孵育卵的飼養箱（圖 14），觀察哪一種產房最適合。



圖 13 採集兩種金龜子的卵、幼蟲及土壤(本照片作者親自拍攝)

移開大顆石頭（約 100X100X50cm），可以發現一齡幼蟲和未孵化的蟲卵，採集周邊的土壤，測量溼度與分析土壤成分，發現當地扇角的一齡蟲、卵多藏匿在溼度高的黏土中。以此做為產房的依據。

圖 14 各種不同的產房設計(本照片由作者自行拍攝)

## 三、比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的幼蟲棲息土壤、化蛹、結土繭之差異

### (一) 幼蟲成長與化蛹的觀察

測量兩種金龜子幼蟲的體長、體重，幼蟲如何結土繭、然後在土繭內化蛹。

(二) 採集 8 個臺灣扇角金龜幼蟲棲地的土壤、土繭，測量土壤溫度、溼度、照度，進行顯微攝影（圖 15）。



圖 15 採集臺灣扇角金龜幼蟲棲息地的土壤(本照片由作者自行拍攝)

(三) 採集 8 個毛翅騷金龜幼蟲棲地的土壤、土繭，測量土壤溫度、溼度、照度，進行顯微攝影（圖 16）。





圖 16 採集毛翅騷金龜幼蟲棲息地的土壤、土菌(本照片由作者自行拍攝)

(四) 觀察與比較兩種金龜子的幼蟲（食土）的差異性

布置兩種金龜子的幼蟲飼養箱，觀察幼蟲的成長情形；採集四種不同土壤（樹根土、糞土、桃花心木土及落葉層）（圖 17），分開進行飼養，觀察幼蟲吃土情形觀察。幼蟲最喜愛的食土，加上野外觀察到不同的土壤，我們試著以生活中容易取得的素材，調配類似野外腐植土的最佳配方（圖 18）。



圖 17 幼蟲食土示意圖(本圖及照片由作者自行繪製及拍攝)



圖 18 製作最佳幼蟲喜愛的食土配方（本照片由作者自行拍攝）

(五) 設計實驗，觀察兩種金龜子適合飼養幼蟲和化蛹的條件

產房根據原生地的大量落葉層 10-20cm，以及取回原生地的落葉和土壤，還有挖掘到卵和一齡幼蟲的偏溼的黏土，來設計這產房層數，產房除了不同層數還要採取適當的間隔種卵，避免交互感染或撞擊，並標示位置，方便觀察孵化率。兩種金龜子幼蟲飼養箱調配的內容說明如下（圖 19），並且測量各齡幼蟲的身長（圖 20）。

毛翅騷金龜幼蟲飼養箱	臺灣扇角金龜幼蟲飼養箱
	
<p>飼養箱內應置放較厚的腐植土，拌以各三分之一甲蟲糞土、有機發酵土、新竹縣尖石鄉宇老原生地土，可以增加氣味，提高幼蟲再次食用，溫度不拘，保持溼度在 50% 左右。</p>	<p>飼養箱內放置較多原生地的腐植土，土壤以有機發酵土為主偏溼的黏土，注意維持約恆溫，在夏天要開冷氣，控制恆溫約 25~26°C。</p>

圖 19 兩種金龜子飼養幼蟲的飼養箱說明（本照片由作者自行拍攝）



圖 20 一齡、二齡、三齡不同階段幼蟲身長測量（本照片由作者自行拍攝）

#### 四、比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的成蟲禦敵行為之差異

- (一) 準備兩隻臺灣扇角金龜和各兩隻（雄、雌）蟑螂、獨角仙、鍬形蟲、花金龜及鳥類，觀察兩種生物置放在一起的動物行為（圖 21）。
- (二) 準備兩隻毛翅騷金龜和各兩隻（雄、雌）蟑螂、獨角仙、鍬形蟲、花金龜及鳥類，觀察兩種生物置放在一起的動物行為（圖 21）。
- (三) 選擇會同時出現在相同棲地的物種（獨角仙、鍬形蟲、鳥類）刺激兩種金龜子，並使用 Tracker 軟體分析禦敵軌跡，歸納、分類其行為模式（圖 22）。

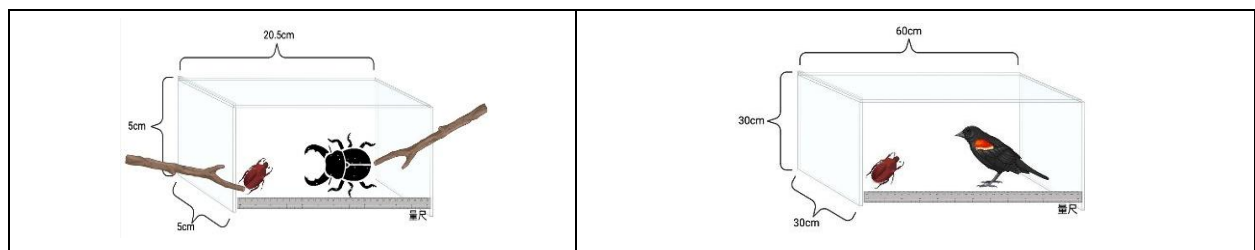


圖 21 觀察毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜面對鍬形蟲、獨角仙及鳥類的禦敵行為（本圖由作者自行繪製）



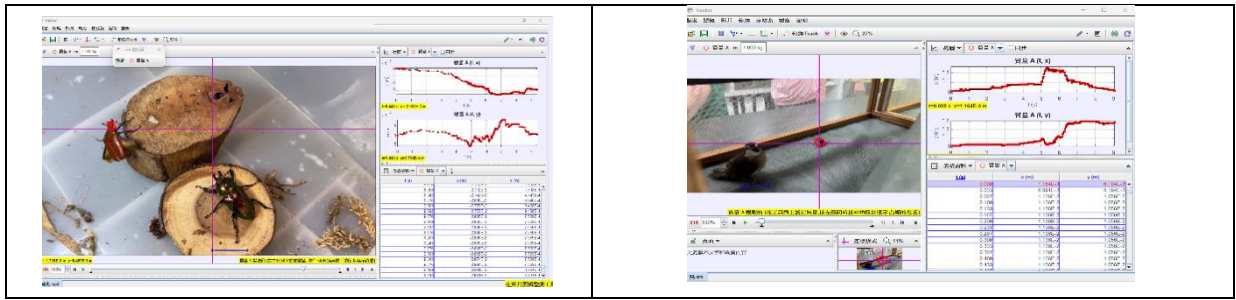


圖 22 Tracker 軟體分析毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的禦敵軌跡（本圖由作者自行繪製）

## 五、探討如何保護毛翅騷金龜、臺灣扇角金龜的棲息地。

- (一) 保護植物林相：實地種植兩種金龜子成蟲的食用樹種，並維護原始棲地的樹種。
- (二) 淨山：定期淨山，清除垃圾，避免遊客的人為干擾。
- (三) 保護土質：宣導減少使用化學肥料，保護與恢復現有兩種金龜幼蟲的棲息地。
- (四) 宣導與教育：進行山坡地農民及遊客的問卷、訪問，宣導保護兩處金龜子的棲息地。

## 肆、研究結果

### 一、比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的棲息環境之差異。

#### (一) 2023 年 5 月~11 月桃園復興鄉拉拉山的調查（表 3）

表 3 2023 年桃園復興鄉拉拉山的調查兩種金龜子概況和棲地微氣候說明

月分	海拔高度	調查情況概要說明	棲地微氣候
五月	600m~700 m	矮山坡，產業道路旁有數家賣水蜜桃，假日有許多大型遊覽車，如藍鵲和各種昆蟲開始出現。	拉拉山氣候屬於溫帶山地氣候，平均氣溫經常在 20°C 以下，最熱的夏季最高溫度也只有 25°C 以下。空氣相對溼度高，多在 80% 以上，春季雨量增加，常有霧氣瀰漫，土壤溼度達 90%。
	900~1000m	有較多的房屋與商店，產業道路的樹木多綠葉，例如：楓樹、樟樹、構樹等，沒有捕抓到兩種金龜子。	
	1000m~1200 m	捕抓到一隻臺灣扇角金龜。	
	1200m~1500 m	捕抓到一隻臺灣扇角金龜。	
六月	600m~700m	各種野花盛開，樹木繁茂，蜜蜂和蝴蝶頻繁出現，昆蟲與鳥類數量增加。	冷杉和巨木森林茂盛，植被開始茂密，風速中等，受氣流影響偶爾可以測得強風。開始進入梅雨季節，雨量隨高度增加，山區多霧。捕抓地點在潮溼的落葉和樹根密集區的森林。
	900~1000m	春季氣候溫和，植物開始萌芽；沒有捕抓到兩種金龜子。	
	1000m~1200 m	多處青剛櫟開始開花結果，捕抓到採花蜜的一隻臺灣扇角金龜。	
	1200m~1500 m	捕抓到一隻臺灣扇角金龜。	
七月	600m~700 m	遊客非常多，熱帶植物如蕨類和竹子茂盛，沒有捕抓到兩種金龜子。	山上踏查白天氣溫最高只有 20 度左右，愈高海拔愈冷，夏季降雨頻繁，空氣潮溼。加上偶爾有颱風帶來強風達 6 強風，隨處可見樹木搖晃。
	900~1000m	捕抓到兩種金龜子	
	1000m~1200 m	捕抓到兩種金龜子	
	1200m~1500 m	捕抓到兩種金龜子	
八月	600m~700 m	昆蟲活動高峰期，高溫潮濕，植物生長迅速，沒有捕抓到兩種金龜子。	山脊線明顯，接受雪山山脈北麓東北季風降雨，水資源豐沛，林相茂密，落葉層可達 20 公分以上，相對濕度在 80% 左右，颱風季節，降雨量大，樹木被吹斷。
	900~1000m	捕抓到兩種金龜子。	
	1000m~1200 m	茂密的樹冠層同時捕抓到兩種金龜子。	
	1200m~1500 m	土壤溼度高，捕抓到兩種金龜子。	
九月	600m~700 m	捕抓到兩種金龜子，樹葉開始變色、落葉。鳥類開始遷徙，昆蟲逐漸減少。	測得相對溼度降低，約在 70~75% 之間，降雨量減少，空氣

	900~1000m	沒有捕抓到兩種金龜子。	較為乾燥。平地炎熱，山區仍然涼爽，最高氣溫降到 20 度以下。加上偶而有強陣風達，氣溫明顯在下降。
	1000m~1200 m	大面積十公尺以上的殼斗科樹瘤，捕抓到兩種金龜子。	
	1200m~1500 m	捕抓到兩種金龜子。	
十月	600m~700 m	捕抓到一隻臺灣扇角金龜，已經進入捕抓的尾聲，落葉層適合成蟲孕育產房。	山區風力較大，常有強勁的寒風。天空和林間不時有鷹科和鳩科鳥類盤旋，背風面發現零星的毛翅騷金龜隻數。
	900~1000m	捕抓到一隻毛翅騷金龜。	
	1000m~1200 m	沒有捕抓到兩種金龜子。	
	1200m~1500 m	沒有捕抓到兩種金龜子。	
十一月	600m~700 m	部分樹木葉子落盡，各種動物出沒減少，沒有捕抓到兩種金龜子。	山地潮濕度高，所有的植物莖部、地面四周都蔓生青苔，尤其，當地日夜溫差很大，昆蟲數量大減，準備過冬，較多見楓樹紅葉與大量落葉層。
	900~1000m	沒有捕抓到兩種金龜子。	
	1000m~1200 m	沒有捕抓到兩種金龜子。	
	1200m~1500 m	沒有捕抓到兩種金龜子。	

發現五月中海拔先出現臺灣扇角金龜，十月在低海拔還可以抓到一、二隻兩種金龜子。

(二) 2023 年 5 月~11 月新竹尖石鄉的調查 (表 4)

表 4 2023 年新竹尖石鄉的調查兩種金龜子概況和棲地微氣候說明

月分	海拔高度	調查情況概要說明	棲地微氣候
五月	600m~700 m	在倒木多的土裡和枯木中發現兩種金龜子三齡幼蟲和化蛹。	踏查地點受到梅雨鋒面的影響，經常下毛毛雨，日夜溫差大到達 10°C 的差異，下午 15 時以後天氣轉涼。
	900~1000m	植物生長旺盛，鳥類活躍，到處有各種鳥的叫聲。	
	1000m~1200 m	山上油桐花綻放，鳥類鳴叫，捕抓到一隻臺灣扇角金龜。	
	1200m~1500 m	捕抓到兩隻臺灣扇角金龜。	
六月	600m~700 m	空氣和土壤的溼度偏高，沒有捕抓到兩種金龜子。	梅雨季節，空氣相對溼度高，在 80% 至 85% 之間，雨量增加，經常有霧氣出現。土壤中的溼度經常達到 90% 以上，多數樹木莖部有大量青苔和發霉。
	900~1000m	苔蘚和蕨類植物在植物莖部生長茂盛。	
	1000m~1200 m	捕抓到兩隻臺灣扇角金龜。	
	1200m~1500 m	捕抓到一隻臺灣扇角金龜。	
七月	600m~700 m	沒有捕抓到兩種金龜子。	山脈地形崎嶇，河流水量增加，溪流湍急，森林植被更加茂盛。當地風速較小，多數為弱風，中午氣溫較高。
	900~1000m	捕抓到毛翅騷金龜。	
	1000m~1200 m	捕抓到兩種金龜子。	
	1200m~1500 m	捕抓到兩種金龜子。	
八月	600m~700 m	出現許多昆蟲，捕抓到臺灣扇角金龜。	進入颱風季節，氣溫高，偶爾有颱風帶來強風，造成當地樹木倒榻與折斷，棲息地林相被破壞。
	900~1000m	捕抓到多隻臺灣扇角金龜。	
	1000m~1200 m	捕抓到多隻臺灣扇角金龜。	
	1200m~1500 m	捕抓到多隻臺灣扇角金龜。	
九月	600m~700 m	捕抓到一隻毛翅騷金龜。	氣候開始轉涼，白天炎熱、晚上涼快，降雨量減少，空氣相對溼度降低，約 75%~80%，土壤溼度約 70~80%，空氣較為乾燥。
	900~1000m	捕抓到較多隻毛翅騷金龜。	
	1000m~1200 m	大量捕抓到兩種金龜子	
	1200m~1500 m	大量捕抓到兩種金龜子，達 13 隻。	
十月	600m~700 m	各種落葉植物開始變色。	天氣轉涼，夜間在 20°C 以下，高海拔區域較為寒冷，降雨稀少。當地山區植被開始變色，東北季風增強，風速可達 5~6 級。
	900~1000m	捕抓到毛翅騷金龜。	
	1000m~1200 m	兩種金龜子一齡幼蟲在潮溼的枯木中。	
	1200m~1500 m	沒有捕抓到兩種金龜子。	
十一月	600m~700 m	落葉層達 20 公分以上。	日均溫約 20°C 以下，晚間 10°C 以下，天氣轉寒冷。降雨稀少，空氣乾燥，相對濕度在 60~70%。東北季風增強，偶而測得 8 級風速，踏查行走吃力。
	900~1000m	植物多落葉和枯實果實，沒有捕抓到兩種金龜子。	
	1000m~1200 m	沒有捕抓到兩種金龜子。	
	1200m~1500 m	沒有捕抓到兩種金龜子。	

發現與表 3 結果相似，新竹尖石鄉在七月海拔高度 900-1000m 可以捕抓到兩種金龜子，到了十月只捕抓到毛翅騷金龜。

### (三)調查桃園復興鄉、新竹尖石鄉，兩種金龜子的數量

2023 年 7 月在兩個地點都有捕捉到兩種金龜子，其中捕捉的毛翅騷金龜較多；適合兩種金龜子棲息地的海拔高度約為 650 公尺到 1500 公尺(表 5、表 6、圖 23、圖 24)。

表 5 桃園市復興鄉拉拉山所捕捉的毛翅騷金龜與臺灣扇角金龜數量

桃園市復興鄉 拉拉山地名	海拔 (m)	蟲、蛹、幼蟲、卵 成蟲	蟲數 (隻)	
			毛翅騷金龜	臺灣扇角金龜
下巴陵停車場	約 600 公尺	成蟲、卵	1	1
北部橫貫公路	約 650 公尺	蛹、成蟲、卵	4	2
拉拉山的遊客中心	約 1000 公尺	成蟲、卵	2	1
巴陵水塔	約 1314 公尺	蛹、成蟲、卵	4	3

表 6 新竹尖石鄉所捕捉的毛翅騷金龜與臺灣扇角金龜數量

新竹尖石鄉 地名	海拔 (m)	蟲、蛹、幼蟲、卵 成蟲	蟲數 (隻)	
			毛翅騷金龜	臺灣扇角金龜
錦屏道路	約 600	成蟲、卵	1	1
錦屏後山	約 1000	成蟲、卵	5	3
宇老登山口	約 1179	成蟲、卵	7	4
馬美步道	約 1500	蛹、成蟲、卵	10	6

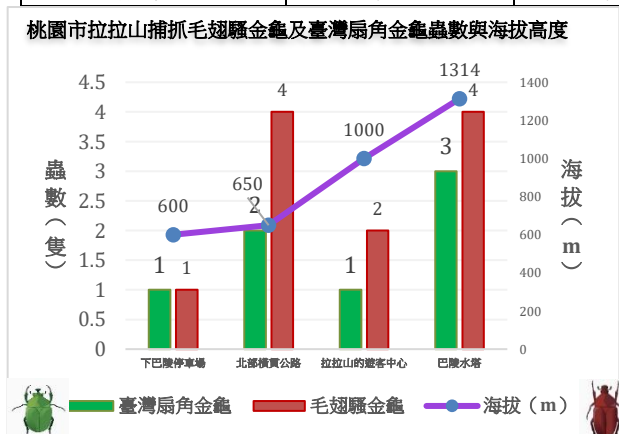


圖 23 桃園市拉拉山捕抓毛翅騷金龜及臺灣扇角金龜蟲數與海拔高度

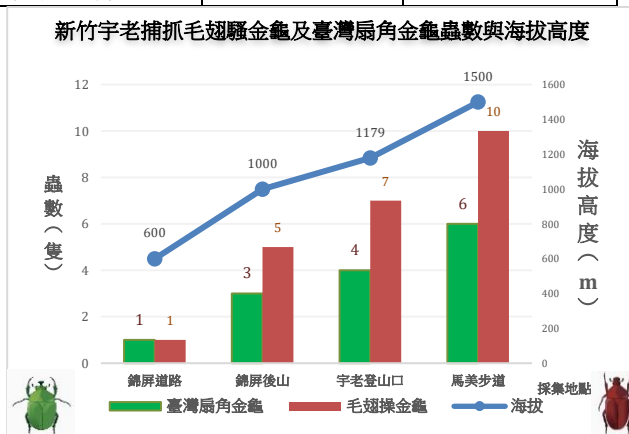


圖 24 新竹宇老捕抓毛翅騷金龜及臺灣扇角金龜蟲數與海拔高度

### (四)研發兩代捕蟲網，比較兩種金龜子的捕抓數量

原始誘捕工具比較難捕捉到金龜子，在蒐集金龜子時，金龜子容易受傷。所以研發第一代捕蟲網。第一代捕蟲網是用絲襪兩端中間打結，裡面裝鳳梨掛在高約 20 公尺的樹層捕抓。除了捕蟲網本身重量太重對我們來說非常吃力，有時強陣風，很難鉤、撈操作得宜。每次捕抓都擾動蟲體，讓金龜子經常受到驚嚇而到處亂竄，甚至時而受傷掉落到地面，多次捕抓的經驗，捕獲率都只有一、兩隻，所以想改良這些困難與缺點。



**第二代捕蟲網**，我們把製作的 DIY 當成陷阱，先掛在某個地方再等蟲來吃，改良式的捕蟲網，使用起來確實簡單、方便捕抓，尤其比較能不擾動金龜子的情況下，用手拉一下即能順利捕抓到較多金龜子，與原本捕蟲網相比捕抓量增加 40%（圖 25、圖 26）。

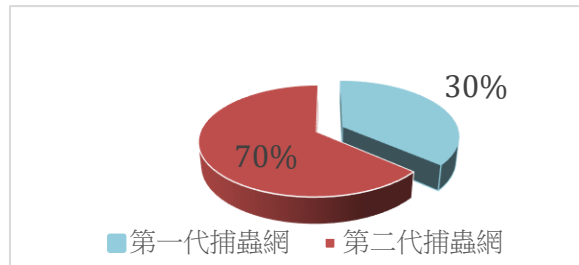


圖 25 第一代和第二代捕蟲網捕獲率比較圖

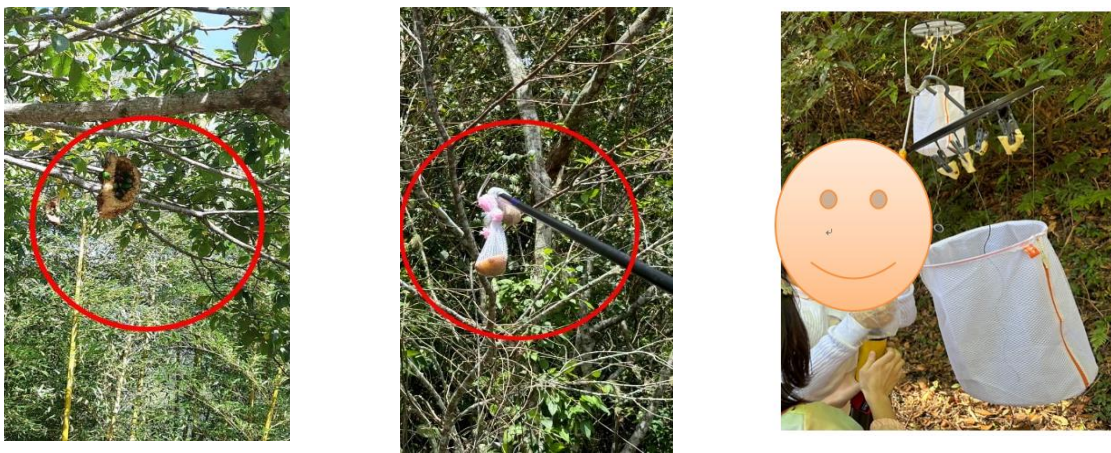


圖 26 原始誘捕工具（左）第一代捕蟲網（中）第二代捕蟲網（右）（本照片由作者自行拍攝）  
 (五)調查兩種金龜子成蟲取食的地點、樹種和偏好行為（表 7）

**毛翅騷金龜**：成蟲怕風，分布地點少，多集中在陰溼的叢林密集處。喜愛樹冠層，易受驚動，適合搖晃樹木後以捕蟲網撈捕。

**臺灣扇角金龜**：成蟲喜愛吸食花蜜，喜愛有微量陽光的叢林處，對於吸食樹種的種類較多，適合搖晃樹木後直接於樹冠層撈捕即可。

表 7 毛翅騷金龜及臺灣扇角金龜棲地比較

棲地條件	毛翅騷金龜	臺灣扇角金龜
腐植質土	要求嚴格，最好是近黑色、厚度達 5cm 以上。	需要，也可以在樹心土和一般潮溼的土壤。
根系土	要求嚴格，最好是樹根多又長的樹種。	需要，但是要有纖維質多的落葉層即可。
開花、花蜜植物叢林	不食用花蜜，以腐果為主。	腐果、花蜜、樹汁皆可。
樹種	青剛櫟、構樹、光臘樹、相思樹、大量枯枝和樹根。	青剛櫟、楓樹、構樹、構樹混合大量落葉層、花絮多。

野外觀察到毛翅騷金龜吸食青剛櫟、構樹、光臘樹、楓樹等樹汁為主；而臺灣扇角金龜除了吸食青剛櫟、構樹、光臘樹、楓樹等樹汁外，也會吸食花蜜和構樹果汁（圖 27、28）。



(六)分析不同棲地的月均溫、溼度、雨量與毛兩種金龜子族群之相關性 (圖 29、30)



圖 29 棲地調查一：桃園市復興鄉拉拉山  
毛翅騷金龜出現的高峰期在 7-10 月，溫度在 19.4-24.9°C，臺灣扇角金龜出現的高峰期在 6-8 月，溫度在 23.8-24.9°C。



圖 30 棲地調查二：新竹縣尖石鄉宇老  
毛翅騷金龜出現的高峰期在 7-10 月，溫度在 21.2-25.0°C，臺灣扇角金龜出現的高峰期在 7-9 月，溫度在 24.1-25.0°C。

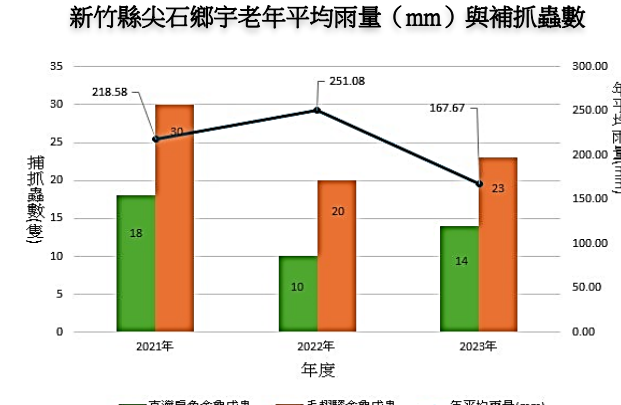
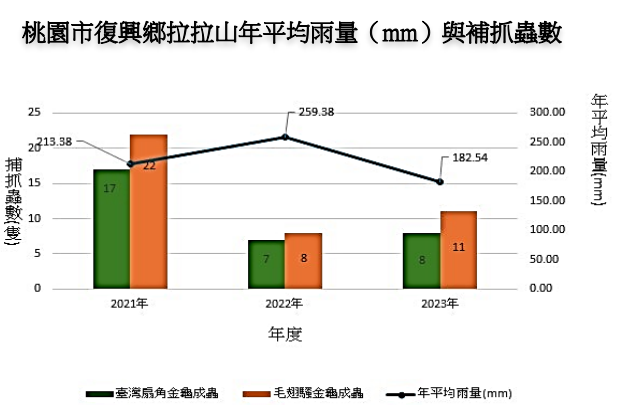


圖 31 兩地的年平均相對雨量超過 251.08mm 以上，毛翅騷金龜、臺灣扇角金龜的數量都會下降。

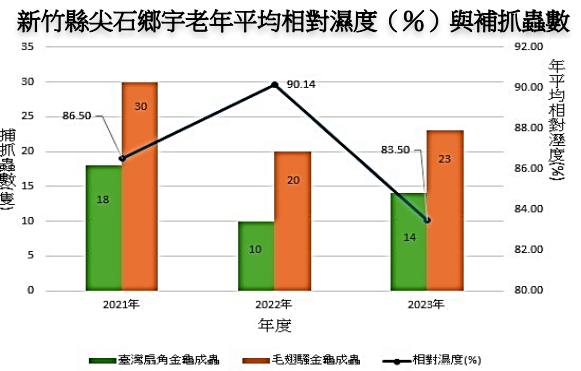
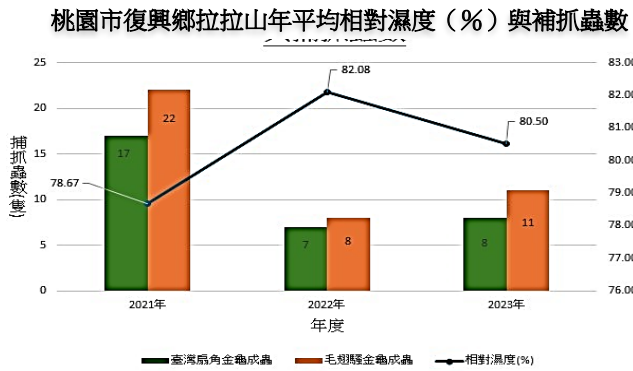


圖 32 兩地年平均相對溼度超過 82.08%以上，毛翅騷金龜、臺灣扇角金龜的數量都下降

## 二、比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜外形構造之差異

### (一)兩種金龜子前肢脛節雌雄外形的差異

使用解剖顯微鏡觀察兩種金龜子的前足，說明兩種金龜子雄、雌在前肢的差異如表 8

表 8 毛翅騷金龜前肢,在顯微鏡觀察下的雌雄差異(解剖顯微鏡 X100)(本照片由指導老師協助拍攝)

	毛翅騷金龜		臺灣扇角金龜	
	雄	雌	雄	雌
前足				
中足				
後足				

對於毛翅騷金龜腳上的黃褐色柔軟剛毛，好奇牠的功能是什麼？使用掃描式電子顯微鏡觀察黃褐色柔軟剛毛的構造，如圖 33 所示。毛翅騷金龜的身體構造遍布著毛，臺灣扇角金龜則是集中在重要部位，例如：脛節與跗節下方，才有排列式的毛。

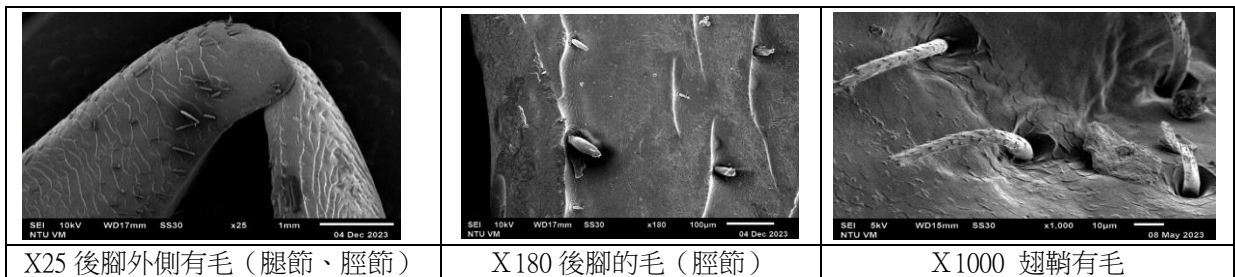


圖 33 在掃描式電子顯微鏡觀察下，毛翅騷金龜後腳、翅鞘上的毛(本照片由指導老師協助拍攝)



(二) 臺灣扇角金龜翅鞘的掃描式電子顯微鏡觀察

我們發現在解剖顯微鏡中發現，鞘翅具有金屬光澤，利用掃描式電子顯微鏡觀察臺灣扇角金龜的鞘翅，有類似蝴蝶翅膀中鱗片的效果，是大小許多圓孔組成，推測大小不一的圓孔在光照下產生反光具有聚光的效果，而呈現不同的顏色與散射有關。

(三) 兩種金龜子孵育卵的飼養箱實驗與觀察

經過兩種金龜子孵育卵的飼養箱實驗，結果發現下列兩種裝置，效果最好。我們發現臺灣扇角金龜、毛翅騷金龜的育幼行為特殊的產卵行為，交配後，雌性的金龜子會用躲藏在地面上，處理落葉，然後挖洞產卵，覆蓋後離開。剛孵化的幼蟲以巢穴周圍的材料為食 (Kojima & Lin, 2018)，我們設計了先鋪腐質土，再鋪水苔，再鋪腐質土，再鋪水苔 (圖 34、圖 35)。

毛翅騷金龜孵育卵的飼養箱		臺灣扇角金龜孵育卵的飼養箱	
最下面是腐植質 5~10 cm，中間為竹葉層 5~10 cm，最上面為落葉層約 2~5cm。		最下面是腐植質土 5~10cm，中間為落葉層 5~10 cm 和腐植土層約 5~10cm，最上層為水苔 2~5cm	
毛翅騷金龜七對 產卵數 (顆)	說明	臺灣扇角金龜七對 產卵數 (顆)	
3	一層:樹根土	2	
2	兩層:落葉層+樹根土	1	
2	兩層:水苔+樹根土	5	
5	三層:落葉層+樹根土+腐植質	6	
6	四層:水苔+腐植質+水苔+腐植質	10	
8	四層:落葉層+腐植質+竹葉層+腐植質	20	

圖 34 毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜孵育卵的飼養箱說明 (本照片由作者自行拍攝)

項目	毛翅騷金龜	臺灣扇角金龜
卵期	毛翅騷金龜的卵是 <b>黑色的</b> ，在土裡具有保護色，完全和土壤合而為一，不容易被發現，卵殼比一般金龜子的卵 <b>厚且硬</b> ，每次一隻雌性毛翅騷金龜，產下不到五顆的卵，全部七對毛翅騷金龜僅找到 30 顆的卵， <b>產卵量非常稀少</b> 。	臺灣扇角金龜的卵是黃色近圓形，約 2-3mm，在土團裡非常明顯。實驗室的卵沒有土團的保護，容易破裂，大約兩周可以孵化，孵化率只有一半，推測在野外因為有土團保護，孵化率相對比較高。

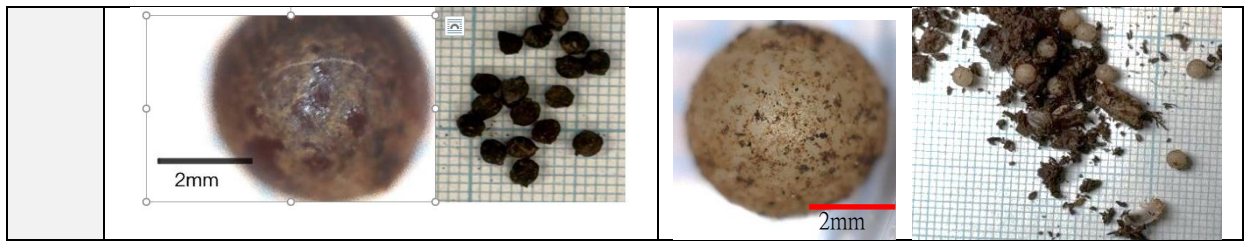


圖 35 腐植土的種類與溼度對於兩種金龜子卵孵化、幼蟲成長的影響（本照片由作者自行拍攝）

### 三、觀察與比較這兩種金龜子的卵腐質（土）、幼蟲（食土）、蛹（土繭）的差異性

#### (一) 野外觀察與飼養幼蟲的成長與化蛹

調查與飼養兩種金龜子的幼蟲，觀察幼蟲的成長和化蛹的情形，紀錄如圖 36 所示。


	毛翅騷金龜	臺灣扇角金龜
一至三齡幼蟲	<p>大量在 2~5 月發現，以幼蟲過冬；幼蟲表徵皺褶多，尾毛量多。</p> 	<p>大量在 11~3 月發現，以幼蟲過冬；幼蟲表徵呈透明、油亮表皮。</p> 
蛹期	<p>蛹的表面較多糞便</p> 	<p>蛹的表面較多植物纖維</p> 

圖 36 毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜幼蟲及化蛹情形（本照片由作者自行拍攝）

**第一代土壤偵測器的觀察結果：**將儀器置入土壤後，進行定點觀測，因鏡頭係固定無法調整，故若要改變觀測方向、角度，須重新將儀器置入土壤，如此將頻繁擾動土壤，破壞幼蟲生長環境的安定性。

**第二代土壤偵測器的觀察結果：**儀器置入土壤後，透過簡單精巧的裝置，可使鏡頭在狹小的空間中輕易進行 360 度的微調，使觀測視野更為全面，並降低對土壤的擾動，避免對幼蟲生長環境的干擾。

#### (二) 觀察與比較兩種金龜子的幼蟲（食土）的差異性

設計四種不同的土壤：樹根土、糞土、桃花心木土、落葉層（含雙子落葉、單子葉竹葉），發現幼蟲食用速度：**桃花心木土**>**糞土**>**樹根土**>**落葉層**（圖 37）。推測：化蛹的材料通常是就地取材，以具有韌性、乾燥、安全的柔軟材質為主。雖然桃花心木是幼蟲最愛的食土，但是，取得不易，也不常見。



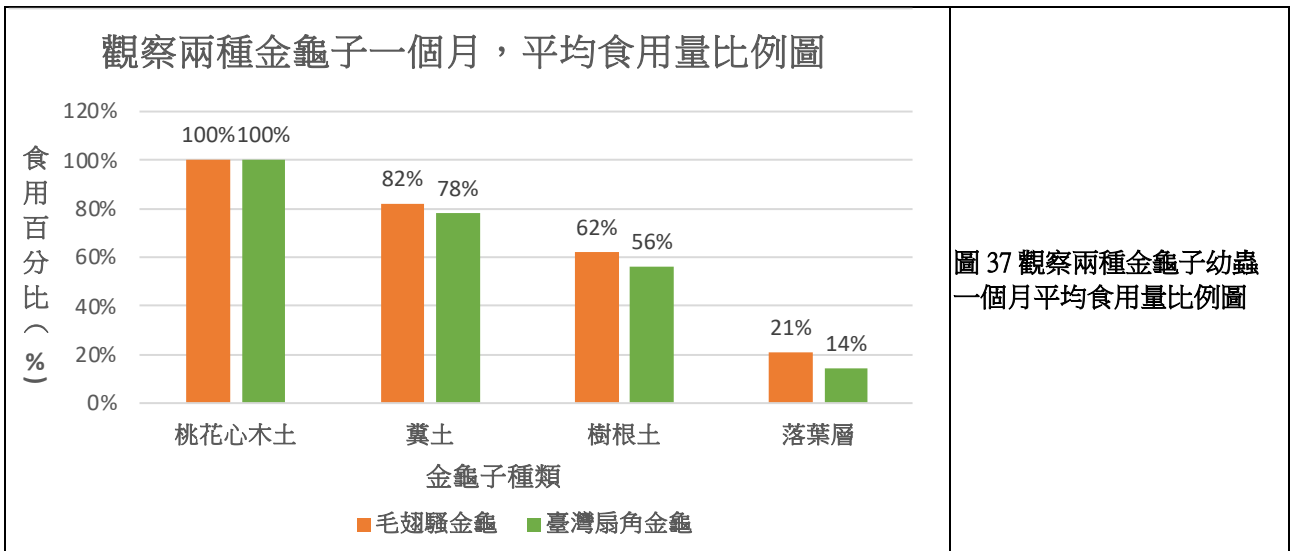


圖 37 觀察兩種金龜子幼蟲一個月平均食用量比例圖

### (三) 設計實驗，觀察兩種金龜子適合飼養幼蟲和化蛹的條件

經過實驗後，根據食土自行調製幼蟲最喜愛的食土配方：腐植土壤 200 克、黃豆粉 80 克、竹葉和落葉 80 克，布置成幼蟲的產房飼養箱描述 6 種飼養箱。

兩種金龜子的幼蟲的體長都能穩定的成長，以二齡後期到三齡幼蟲的身長增加較快。毛翅騷金龜幼蟲的體長略短於臺灣扇角金龜幼蟲的體長（圖 38）。

兩種金龜子的幼蟲體重都能穩定的成長，從一齡到二齡後期，臺灣扇角金龜的幼蟲體重比毛翅騷金龜的幼蟲重，但是二齡後期到三齡前期，毛翅騷金龜的幼蟲體重增加很快，到三齡後期時，種兩金龜子幼蟲的體重相近（圖 39）。

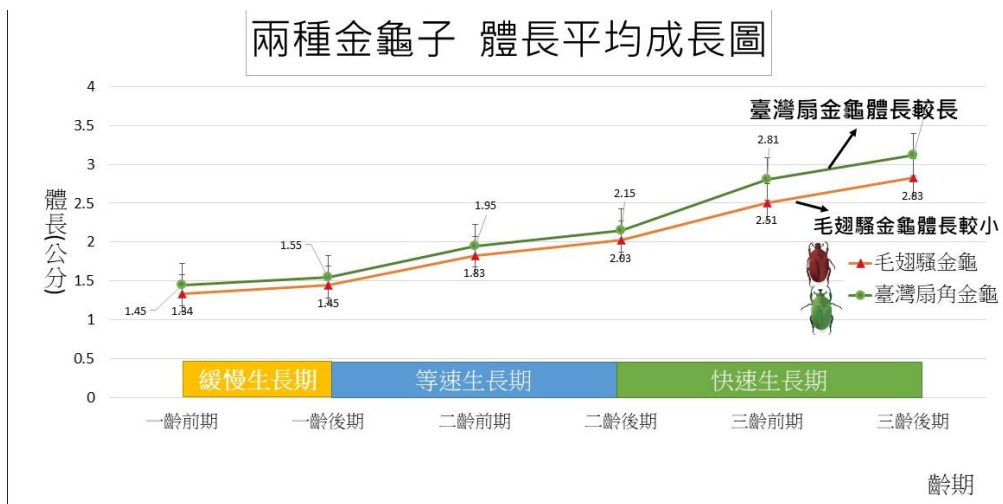


圖 38 臺灣扇角金龜、毛翅騷金龜，幼蟲成長「體長」平均統計圖。根據觀察結果，幼蟲的生長分為：緩慢成長期、等速生長期、快速生長期，是源自飼養觀察牠一齡前、後期，怎麼都沒有變大隻，又依據畫出來的平均成長圖曲線，自行分三類

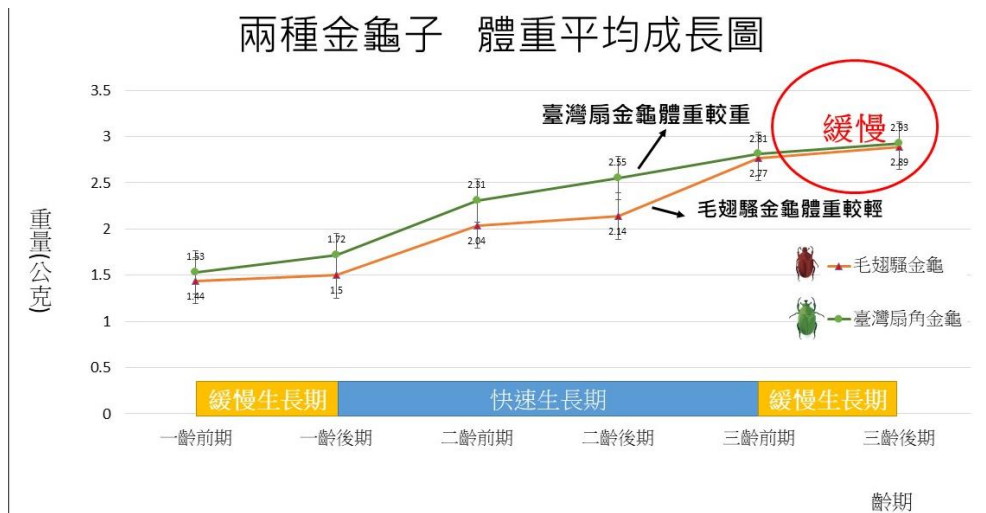


圖 39 臺灣扇角金龜、毛翅騷金龜，幼蟲成長「重量」統計圖。雖然發育時間長短各有不同，但是各期階段發育快速生長在進入二齡期，時間最長、長大非常明顯，但是在化蛹前期的三齡後期發現看到生長緩慢，推測是準備化蛹前節食、能量儲存，會有顏色變黃、皮膚皺褶變多的情形，所以自行將生長期分成三期。

#### (四) 使用解剖顯微鏡觀察土繭（蛹）結構

使用解剖顯微鏡觀察土繭（蛹）結構，發現有許多大小不一、顏色不同的顆粒，推測是幼蟲以當地土壤其中雜質並用唾液、排泄物當黏合而成。發現在野外的土繭表層結構物多為樹皮、土壤、苔蘚和樹枝。實驗室的土繭則為乾燥的土壤，表層結構物多為水苔、土壤、木屑、自己的糞便。（圖 40、圖 41）。

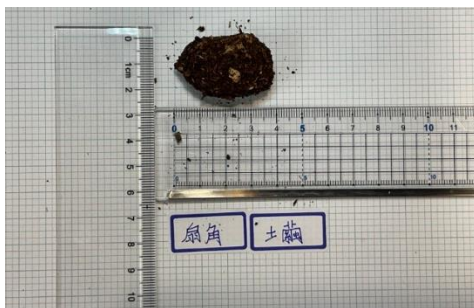


圖 40 金龜的土繭測量大小並觀察土質情形（本照片由作者自行拍攝）



圖 41 以解剖顯微鏡觀察土繭（本照片由作者自行拍攝）

#### (五) 兩種金龜子的生活史比較（圖 42）



圖 42 毛翅騷金龜、臺灣扇角金龜的生活史 (作者群自行歸納、推估生活史)

四、比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的成蟲禦敵行為之差異

(一)兩種金龜子和各種昆蟲處在同一空間的反應(表 9、圖 43、圖 44)

毛翅騷金龜		臺灣扇角金龜	
	遇到約 1 公分的小螞蟻，也會有躁動驚慌的敏感度，快速的繞圈圈保持距離。		臺灣扇角金龜遇到獨角仙先不敢動，但是翅鞘變色有光澤，接著緩慢移躲藏。
	將毛翅騷金龜放在兩隻彩虹鍬形蟲 5 公分內，左右夾攻不敢動。		臺灣扇角金龜遇到鍬形蟲，反應會先觀察，再以改變方向翅鞘產生耀眼的光澤。
	以樹枝當刺激物來撥動毛翅騷金龜，只要接近 10 公分就有反應，很靠近時，都是直接飛走。		臺灣扇角金龜遇到花金龜會和平相處。會張開長長的六隻腳，隨時警戒中。

圖 43 觀察毛翅騷金龜（左圖）與臺灣扇角金龜（右圖）面對其他昆蟲的禦敵行為  
（本照片由作者自行拍攝）

表 9 禦敵實驗以樹上、樹下共生的生物為主

日期	禦敵物種	時間	毛翅騷金龜 禦敵姿勢	臺灣扇角金龜 禦敵姿勢
20230926	彩鍬	影片秒格 (30 秒, 44 秒)、整理數據	繞圈圈	繞圈圈
20230926	獨角仙	影片秒格 (26 秒, 34 秒)、整理數據	飛行逃跑	飛行逃跑、改變翅鞘角度
20230926	螞蟻(50mm 三隻)	影片秒格 (38 秒, 50 秒)、整理數據	逃跑	逃跑
20230926	扁鍬(60mm 中型)	影片秒格(32 秒, 44 秒)、整理數據	裝死	裝死
20230926	臺灣扇角金龜	影片秒格(5 分鐘, 5 分鐘)整理數據	和平共處	和平共處
20230926	花金龜	影片秒格(5 分鐘, 5 分鐘)整理數據	和平共處	和平共處
20230926	螞蟻	影片秒格(30 秒, 5 分鐘)整理數據	逃跑	和平共處



圖 44 故意放置塑膠螞蟻，爬到塑膠螞蟻的頭上（本照片由作者自行拍攝）。



研究發現臺灣扇角金龜大多以不同角度和躲藏隱蔽的行為模式為主，毛翅騷金龜敏感度和反應較為激烈，經常躲避、警戒、裝死和立刻飛走。毛翅騷金龜比臺灣扇角金龜無論在爬行、轉彎，都較為敏捷。故意放置塑膠蟑螂，目的也在對比牠們對沒有生命體生物的氣味與刺激物，能否偵測到不同，結果與假設的相同，牠確實正確做出反應。

## (二)兩種金龜子的禦敵行為反應

根據實驗影片觀察，針對兩種金龜子防禦行為自行分成以下四類型（圖 45）：

1. 威嚇：噴汁；
  2. 躲避：遠離；
  3. 裝死；
  4. 飛走。
- 另外，臺灣扇角金龜的翅鞘會改變顏色。











禦敵行為表現	毛翅騷金龜	臺灣扇角金龜
威嚇：噴汁		
躲避：遠離		
裝死		
飛走		
翅鞘		

圖 45 毛翅騷金龜（左圖）臺灣扇角金龜（右圖）與鍬形蟲和獨角仙的禦敵行為反應  
（本照片由作者自行拍攝）

兩種金龜子針對刺激物的禦敵行為反應

目前 Tracker 軟體只有繪製出金龜子和鍬形蟲(實際做兩種鍬形蟲)和鳥類(實際做三種不同鳥類)有明顯的不同，剛開始金龜子都會先觀察(不動)，但是在 Tracker 軟體分析兩種蟲其實都不斷在移動，尤其當牠遇到鳥類從第一秒就開始有明顯躁動的垂直距離移動遠離鳥類，第五秒激烈位移了約 50 公分。相較於體型略大於金龜子同是鞘翅目的鍬形蟲，經 Tracker 分析後，牠的反應斷斷續續的，直到第六秒才有 2~3 公分的垂直移動(圖 46)。這些分析讓受限於眼睛無法觀察瞬間移動與反應的激烈程度，是非常數據化和比較式的呈現。

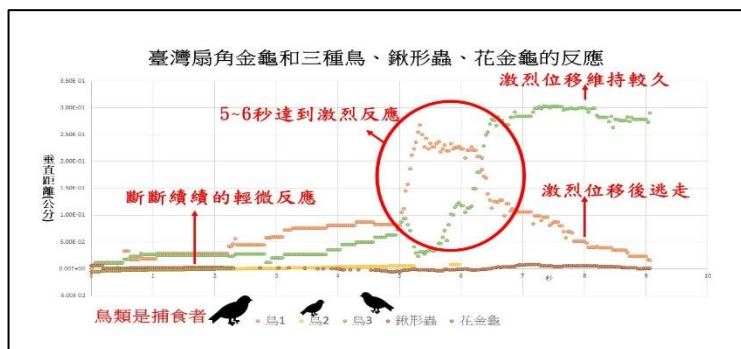


圖 46 Tracker 軟體分析臺灣扇角金龜與鍬形蟲、花金龜、3 種鳥類(逃脫)的禦敵的時間和距離的關係

## 五、探討如何保護毛翅騷金龜、臺灣扇角金龜的棲息環境

### (一) 保護植物林相：復育兩地植被與廣泛栽種殼斗科植物(圖 47、圖 48)

兩地金龜子棲息地的共同植物是大面積的殼斗科植物，土壤多為腐化後的落葉層裡，大量樹根的土壤；希望能讓棲息地減少開發，避免遊客亂丟垃圾和騷擾，以維護棲息地的原貌。



圖 47 踏查大量殼斗科植物(左)、植被為落葉森林相的樹根土(右) (本照片由作者自行拍攝)



圖 48 實際種植殼斗科植物 (本照片由作者自行拍攝)



(二) 淨山：分析臺灣扇角金龜、毛翅騷金龜棲息地的人為干擾因素，定期清除遊客留下來的垃圾、處理其他動物的排遺。

(三) 保護土質：宣導山坡地栽種化學農藥與肥料的使用，保護與恢復現有兩種金龜幼蟲的棲息地(圖 49)。



圖 49 化學肥料(左)及有機肥料(右)(照片由作者親自拍攝)

(四) 宣導與教育：進行山坡地農民及遊客的問卷、訪問，宣導保護兩處金龜子的棲息地(圖 50、圖 51)。



圖 50 海報與手冊宣導(本照片由作者自行拍攝)



圖 51 問卷訪問及宣導手冊、海報(本照片由作者自行拍攝)

(五) 比較破壞和原始棲地兩處金龜子的族群數量。

經由初步找尋到新竹縣尖石鄉宇老人為活動頻繁屬於人為干擾的破壞棲地，比較原始棲息地兩處金龜子的族群數量，發現因為屬於相同海拔、金龜子的族群會來回飛舞，所以，差異不算顯著(圖 52、圖 53)。研究時間拉長，應該可以明顯的成效。**問卷結果**大部分農家還是進用化學肥料，受訪農夫認為棲地破壞使得金龜子出現數量有明顯減少。遊客**訪問中認為水質**會影響棲地的重要因素。



圖 52 人為破壞棲地(左)和原始棲地(右) (本照片由作者自行拍攝)

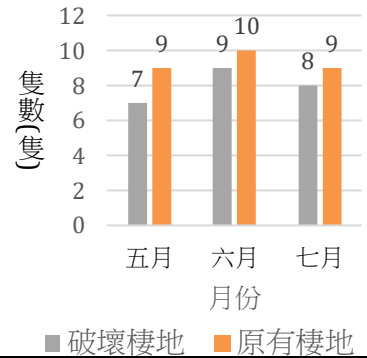


圖 53 以新竹縣尖石字老破壞棲地和原有棲地捕抓金龜子平均數量

## 伍、討論

### 一、調查桃園復興鄉、新竹尖石鄉，臺灣扇角金龜和毛翅騷金龜的數量。

發現兩個棲地夏天愈高海拔捕抓量愈多，愈低海拔捕抓量較少，冬天兩種金龜子會在較低海拔約 800~900 公尺出現。發現毛翅騷金龜成蟲分布的地點需要比較溫暖，而臺灣扇角金龜成蟲需要比較寒冷的地方。青剛櫟、構樹和光臘樹這三種樹大量分布海拔約在 1000m~2000m 的山坡地或河谷地，是兩種金龜子的主要棲息樹種（圖 54）。

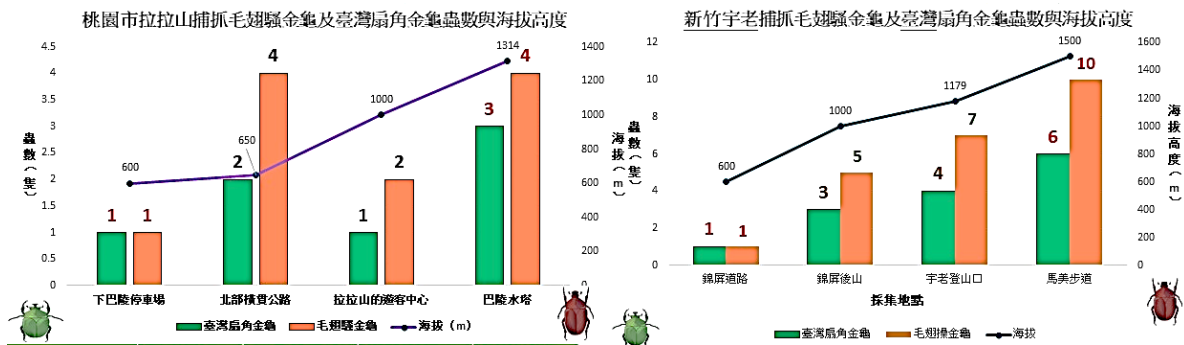
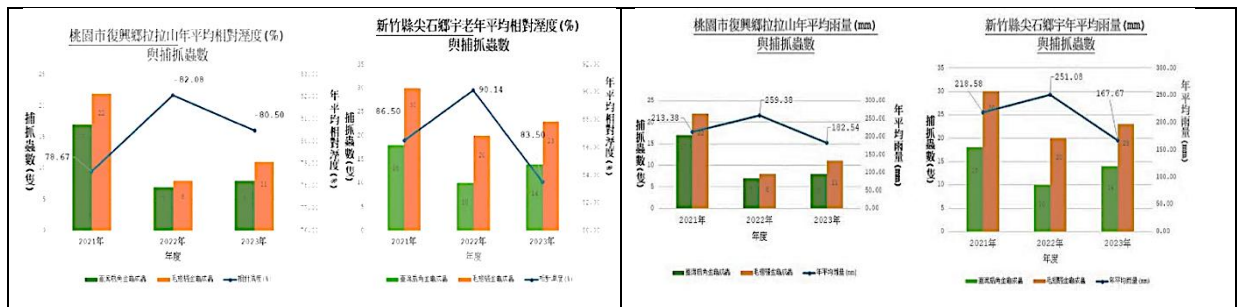


圖 54 兩地海拔高度和兩種金龜子捕抓數量

### 二、根據這三年的分析不同棲地的月均溫、溼度、雨量與毛翅騷金龜、臺灣扇角金龜族群之相關性。

兩地的年平均相對濕度大於 80%，年平均相對雨量大於 520mm，都不利於兩種金龜子的成長，捕獲量會減少；兩種金龜子適合生長的溫度為 18.0~28.0°C 左右（圖 55）。





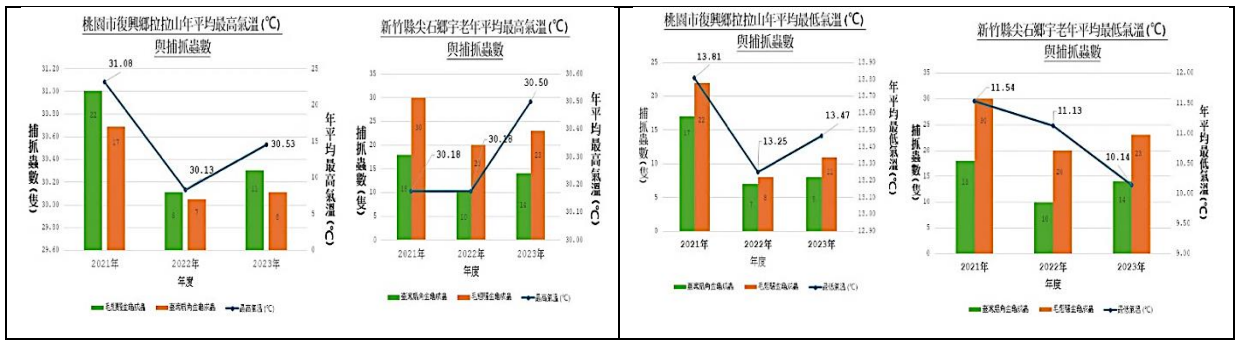


圖 55 不同棲地的月均溫、溼度、雨量與毛翅騷金龜、臺灣扇角金龜族群之相關性

### 三、設計實驗觀察這兩種金龜子的禦敵行為與差異性

兩種金龜子禦敵模式都會採取繞圈圈、飛行、逃跑、裝死、和平共處、飛走。當遇到鳥類時，會驚嚇立刻飛走。實驗發現毛翅騷金龜的反應較臺灣扇角金龜激烈。我們推測毛翅騷金龜的這些毛應該有感覺接受器，能夠運用在禦敵功能上。我們查證文獻得知昆蟲的感覺接受器由表皮特化而來，分成機械性受器及化學性受器兩大類

(Zishu D., et al., 2020)，而蝴蝶翅膀的剛毛及孔洞為鐘狀感覺受器是一種機械性受器(圖 56)，可以偵測環境的觸覺及壓力改變 (Jovanic, T., 2019)。蔡普默，張琪文，宋蘊哲等 (2021) 提出昆蟲的感受器(sensillum)主要分布在觸角、口器、腳、尾部和產卵器官等部位，具有觸覺和嗅覺的功能，協助感知周遭環境的刺激。另外，有研究發現環頭甲蟲成蟲 (Cyclocephala putrida) 的觸角表面也有數百的機械性受器，可作為觸覺或味覺的偵測 (Saldanha, et. al., 2020)。當毛翅騷金龜感受到環境中的氣味或驚嚇，會採取躲避、警戒和飛行的方式。

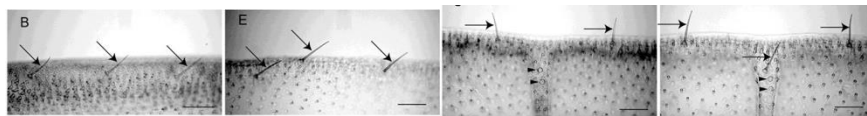


圖 56 蝴蝶的感受器(Jovanic, T. et. al., 2019)

利用 Tracker 軟體分析兩種金龜子的禦敵模式(逃脫)，發現當臺灣扇角金龜在靠近比牠體型大很多的鳥類約 50 公分距離，開始警戒，約 5 秒就會立刻高飛得飛走，而對於體型接近牠的鍬形蟲約 10 公分距離，在約 7 秒緩慢反應飛走。

### 四、研發捕蟲網，觀察與比較兩種金龜子的數量(卵、幼蟲、成蟲)變化

設計第二代捕蟲網，係以曬衣架、洗衣網、具有彈性之細塑膠棍及釣魚線組成，透過這些日常生活常見之物品經過巧妙結合，即可形成讓小學生可輕易操作且捕抓數量多又兼具保護蟲體減少驚嚇的創意、環保捕蟲裝置。

目前改良已經大大減少「太重」、「太高」難以操作、金龜子(禦敵本能)非常躁動，逃脫和等問題，如果要嚴格說困難，只有掛網子的時候建議兩個人一起操作。還有要將鳳梨切成小塊，可以讓衣夾夾取的大小。在搖網子的時候會因為金龜子裝



死，有些會直接掉落在網子內，再將網子下拉包住其他剩餘的金龜子，逃脫隻數很少。還有，拿網子下來的時候需要一個人拉住線，另一個人將網子取下。整體而言，目前已經能讓小學生可輕易操作且捕抓數量多又兼具保護蟲體減少驚嚇的創意、環保捕蟲裝置，值得推廣到小學自行 DIY。

#### 五、毛翅騷金龜卵孵化失敗的原因分析：

1. 溫度不適合，推測實驗室恆溫的 22~25 度，不利於孵化，需要野外的冷、熱溫差或需要溫暖的催化、喚醒幼蟲孵化。
2. 人為干擾多，實驗室內聲音、走動與上下課移動的搖晃、干擾，甚至到實驗室燈光害問題，都無法避免對卵的干擾。
3. 種蛋儲存過久或儲存條件不良，也可能導致孵化失敗。錯過了孵化季節，造成沒有適當的季節可以孵化。
4. 土壤維持在溼度 70% 以上，有些土壤長出蕈類的黴菌、菇類，造成土壤養分的不同。
5. 實驗室日照天數不足，陽光量不足，導致卵孵化失敗。

#### 六、總結比較兩種金龜子

項目	說明		照片 (由作者自行拍攝)	
生態環境	捕抓兩蟲在不同的縣市的生態環境裡，有一些共同的點，都在離開人類居住的聚落，成蟲多在叢林密集的樹冠層處，背風面的地形減少蟲體的擾動，群居在陰暗又潮溼的落葉和樹根密集區的森林。尤其在，在海拔 1000 公尺以上，在七到九月的晴朗天氣的白天中，都是捕抓這兩種成蟲，特定的優勢觀察地點。			
生態環境	新竹尖石鄉宇老、桃園復興鄉拉拉山兩地最大的不同如下：			
	項目	宇老	拉拉山	
	緯度	緯度低，氣溫較高	緯區高，溫度較低	
	最高海拔	馬美步道(約 1500 公尺)	巴陵水塔(約 1314 公尺)	
風速	可達 10 級以上，成蟲多群聚在背風面 (1 級)	冬天可達 6~8 級，成蟲多群聚無側風處		
取食	項目	毛翅騷金龜	臺灣扇角金龜	
	花蜜	羽化時不在花季	吸食花簇的花蜜	
	樹種	喜愛吸食腐果、樹汁	喜愛殼斗科及構樹等花蜜，取食樹種多	
禦敵	項目	毛翅騷金龜	臺灣扇角金龜	
	發現	立刻躁動，敏感度高	經常保持緊戒、不動	

	主要	逃離現場	慢慢爬行等策略	
產卵	項目	毛翅騷金龜	臺灣扇角金龜	
	發現	需要躲藏的空隙土壤	需要大量落葉	
	主要	躲到土裡產卵	會做成土團藏卵	
	產房	需布置產房提高產卵	需布置產房提高產卵	
食土	野外食土多參雜許多樹根和落葉，推測可以增加纖維素和土壤的營養。實驗室試著以原生地的樹根土飼養，幼蟲除了偏愛稀有的紅色桃花心木土壤之外， <b>幼蟲食用發酵後的土壤量勝於樹根土</b> 。所以，本組才會著手試著調配大量發酵土，以最佳比例，以土 200 克、黃豆粉 80 克、竹葉和落葉 80 克，為本組的完美配方，是幼蟲成長最快速的配方。			
化蛹	化蛹期盡量不要打擾牠們，但是有時為了觀察蛹期或有時照顧不慎壓破土繭，人工土繭也能順利幫助牠們羽化，將未完全化蛹的幼蟲以土封住土繭；已經化蛹，以棉花墊泡棉磨成土繭大小，依然順利羽化。			

## 陸、結論

### 一、比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的棲息環境之差異。

無論是桃園市拉拉山、新竹縣尖石鄉都可以在七月到九月發現這兩種物種大量且重疊出現的蹤跡，但不同的是：毛翅騷金龜：喜歡棲地的溫度較溫暖，出現月份 5~9 月。臺灣扇角金龜：喜歡棲地的溫度較溫度較低，出現月份 7~10 月。（圖 57）

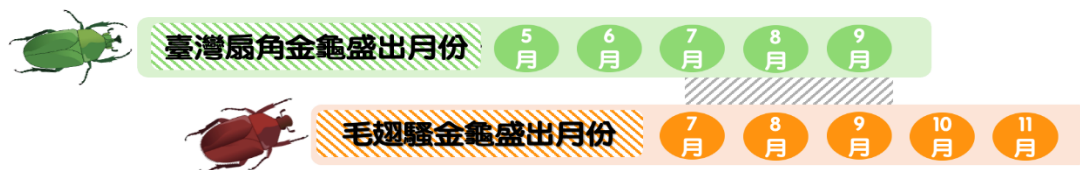


圖 57 金龜子盛出月份比較

### 二、比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜外形構造之差異。

臺灣扇角金龜：頭部前方具一扇角突起。雄蟲：頭中央後端有一枚三角形盾狀突起，端部較尖；前足脛節細具 1 端齒。雌蟲：後端的突起為長方形，前足脛節粗大有 2 外齒凸。  
毛翅騷金龜：雄性：前足脛節細具 1 端齒。雌性：前足脛節粗大有 2 外齒凸。

### 三、比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的成蟲禦敵行為之差異。

毛翅騷金龜：身體和附肢密布許多黃色、短剛毛，故敏感度和反應較為激烈，不是立刻飛走就是裝死或隨時警戒中。

臺灣扇角金龜：鞘翅會在不同的角度產生耀眼光澤，以躲避的行為模式為主。

#### 四、比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的幼蟲棲息土壤、化蛹、結土繭之差異。

毛翅騷金龜：幼蟲棲息在腐植土、樹根土裡，需要大量的土才能順利化蛹，在土繭表層較乾、顏色偏黃，有大量細土及微量排泄物。

臺灣扇角金龜：幼蟲棲息在腐植土、樹根土，需要大量的落葉纖維才能順利化蛹，在土繭表層偏溼、顏色偏黑，有大量植物纖維特別喜愛竹葉。

#### 五、探討如何保護毛翅騷金龜、臺灣扇角金龜的棲息環境。

(一) 以告示牌、海報、製作方式宣導 7~9 月為毛翅騷金龜及臺灣扇角金龜繁殖期，保育現有的棲地。

(二) 大量種植多樣化 10 公尺以上殼斗科喬木，讓風化的腐木容易形成樹心土或腐植質，增加幼蟲食土及成蟲產卵的最佳環境。

(三) 減少開發、淨山、淨水源垃圾，保護棲息，地尤其是，海拔 1000m 以上背風面是毛翅騷金龜及臺灣扇角金龜最適合棲息環境。

(四) 建議在每年五到九月進入拉拉山、宇老兩個地方，皆須申請進入繁殖區，減少人類干擾（圖 58）。

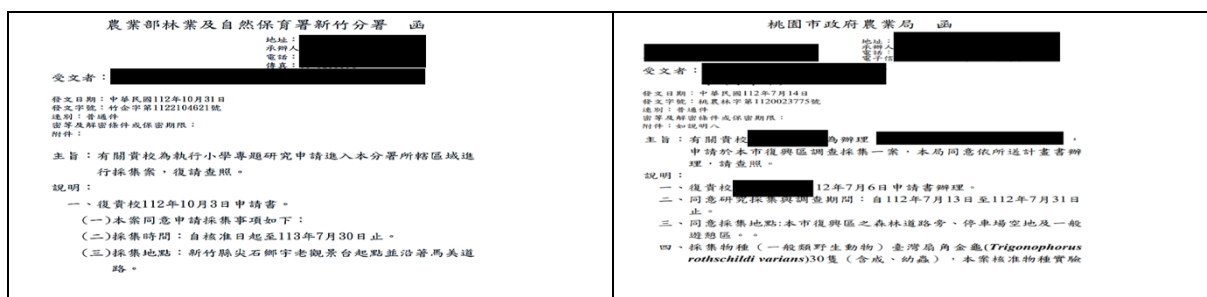


圖 58 本組進入拉拉山、宇老，皆有申請，才能進入繁殖區調查、採集

## 柒、參考文獻資料

- 1、中央氣象局，2022。臺灣天氣觀測。網址：<https://www.cwb.gov.tw/>
- 2、台灣山林悠遊網。拉拉山國家森林遊樂區。西元 2024 年 5 月 15 日，取自 <https://pse.is/6249eu>
- 3、劉耀鴻（西元 2018 年 12 月 31 日）。毛翅騷金龜。 <https://taieol.tw/pages/82583>
- 4、劉耀鴻（西元 2018 年 12 月 31 日）。臺灣扇角金龜。 <https://taieol.tw/pages/85603>
- 5、台灣生物多樣性網（2023）。取自 <https://pse.is/62496p>
- 6、Moser（1914）。Torynorrhina pilifera。取自 <https://www.gbif.org/species/1082283>
- 7、李春霖、楊平世（1994）。太魯閣國家公園食葉群金龜相之調查研究。國家公園學



- 報，5(1)，89-105。
- 8、朱耀沂、石正人、魯仲葵（1982）。赤腳青銅金龜生態之研究（II）卵及幼蟲期之發育。台灣昆蟲，2(1)，34-52。
  - 9、陳佳妤、林若羽、蔡承勳、許育廷、傅奕萱（2022）。以「獨」攻「獨」—探討獨角仙的格鬥模式。中華民國第 62 屆中小學科學展覽會作品說明書，未出版。民 113 年 5 月 19 日，取自國立臺灣科學教育館：<https://pse.is/6249ca>
  - 10、胡維恩、林琦皓、吳丹睿、黃顥、賴宣、黃妍馨（民 112 年）。調查與飼養臺灣扇角金龜（*Trigonophorus rothschildi varians*~翅鞘顏色會改變的原因探討。中華民國第 50 屆中小學科學展覽會作品說明書，未出版。民 113 年 5 月 19 日，取自國立臺灣科學教育館：<https://pse.is/5zu5e2>
  - 11、徐靖婷、葉詠潔、徐牧凡（民 103 年）。大力士挖糞圖強—探討糞金龜推糞行為之模式。中華民國第 54 屆中小學科學展覽會作品說明書，未出版。民 113 年 5 月 19 日，取自國立臺灣科學教育館：<https://pse.is/5zu8fn>
  - 12、錢品岑、詹逸賢、林友仁、陳沛均、巫建霆、黃資竣（2010）。「獨」一無二—獨角仙生活史與生存環境實驗。中華民國第 50 屆中小學科學展覽會作品說明書，未出版。民 113 年 5 月 19 日，取自國立臺灣科學教育館：<https://pse.is/5zu857>
  - 13、蔡普默、張琪文、宋蘊哲、張華猛、林嘉、岳曉冰、楊建全、季清（2021）。雙翅目昆蟲觸角感受器種類與功能研究進展。江西農業大學學報，43(3)，574-584
  - 14、Saldanha, F. G., Rodrigues, S. R., Amaro, R. A., & Fuhrmann, J. (2020). Description of mating behavior, life cycle, and antennal sensilla of *Cyclocephala putrida* Burmeister. *BiotaNeotrop*, 20(3).
  - 15、Kojima, W., & Lin, C.-P. (2018). Pre-ovipositional maternal care alleviates food stress of offspring in the flower beetle. *Dicranocephalus wallichii*. *Journal of Ethology*, 36(2), 135-141.
  - 16、Jovanic, T. (2019). Sensors and sensory processing for airborne vibrations in silk moths and honeybees. *Sensors (Basel)*, 13(7), 9344-9363.
  - 17、Zishu D., Yubin Y., Fugen D., Yujing Z., Huixin H., Xialin Z., Xiaoyun W., & Wen L. (2020). Observations on the Ultrastructure of Antennal Sensilla of Adult *Glenea cantor* (Cerambycidae: Lamiinae). *Journal of Insect Science*. 20(2): 7; 1-9.

## 【評語】 080304

這項研究探討了臺灣扇角金龜和毛翅騷金龜在不同棲息環境、氣候條件、海拔高度、林相和土壤特性下的生長和繁殖行為模式。研究動機清晰，旨在深入探索這兩種金龜子在觀察到的生態差異背後，不同因素對其生長和繁殖的影響。

### 研究方法與結果：

使用捕蟲網和土壤偵測器來捕捉成蟲和觀察幼蟲，這些方法全面且有效，能夠收集到不同發展階段的金龜子資料，有助於全面理解它們的生態行為。研究發現毛翅騷金龜對生長溫度的需求較高，顯示出它們對溫度的不同適應性。毛翅騷金龜的卵是黑色的，而臺灣扇角金龜的卵是黃色的，這反映了它們在繁殖策略上的差異。毛翅騷金龜全身披毛，對外界刺激較為敏感，而臺灣扇角金龜則在禦敵時會改變翅鞘顏色，顯示出它們在生理和行為上的差異。

### 研究建議：

研究建議進一步擴展研究範圍，如考慮更多不同地理區域或不同季節的影響，以深入理解這兩種金龜子的生態多樣性。

### 研究主題及價值：

本研究觀察並比較了不同環境因子對臺灣扇角金龜和毛翅騷金龜生長與繁殖的影響，對本土環境生態研究及相關愛好者來說，具有極大的吸引力和重要性。

創意、學術或實用價值：

本研究基於兩種金龜子的觀察實驗，探討了它們在棲息地、外型構造、幼蟲棲地土壤、化蛹與結土繭的差異，以及成蟲禦敵行為等方面的不同，並提出了如何保護其棲地的建議，具有顯著的學術和實用價值。

科學方法的適切性：

作者清楚說明了研究目的，詳細列出實驗材料與器材，並提供相關照片佐證實驗結果，採用現地觀察等方式紀錄資料。研究得出兩者對於棲地、外型與成長行為等方面的不同結論，並提出保護其棲地的建議。

研究亮點：

1. 設計製作土壤偵測器與捕蟲網方面展現了實驗精神。
2. 野外調查豐富，研究時間跨越三個年度，詳細記錄各月的天氣狀況、溫濕度及不同海拔的植被狀況，並採集到的金龜子數量，觀察紀錄相當完整。



3. 設計飼育箱，探討土壤環境對兩種金龜子生長的影響，以及成蟲禦敵行為的差異。
4. 改良捕蟲網的樣式，增加捕捉率 40%。
5. 探討如何保護這兩種金龜子的棲息環境，具有環境教育意義。

綜上所述，這項研究提供了對臺灣扇角金龜和毛翅騷金龜生態差異性的深入洞察，對於保護和管理這些物種及其棲息地具有重要的指導意義。

## 作品簡報

毛翅騷金龜



探討不同棲息地的  
**金龜子生長與繁殖**  
~以毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜為例

臺灣扇角金龜





# 摘要

因為前兩年研究臺灣扇角金龜<sup>1</sup>，同時發現也有毛翅騷金龜，進一步調查發現棲息地、溫溼度、禦敵行為、土繭或糞便、幼蟲食用土壤，兩種金龜子都可能不同。因此，本研究想要探究不同的棲息環境、氣候、海拔高度、林相和土壤，影響兩種金龜子的生長與繁殖等行為模式。本研究探討新竹尖石鄉及桃園復興鄉的兩種金龜子成蟲、土繭、土團材料、幼蟲棲息地和卵孵化的異同，為捕抓成蟲設計兩代捕蟲網，為觀察土壤內幼蟲設計兩代土壤偵測器。研究發現：毛翅騷金龜生長的溫度比臺灣扇角金龜高一些，毛翅騷金龜卵是黑色的，臺灣扇角金龜卵是黃色之外，會做成土團藏卵；毛翅騷金龜全身披毛對外界刺激較敏感，臺灣扇角金龜禦敵時翅鞘會改變顏色。宣導與教育保護兩處金龜子的棲息地為本研究目標。

## 壹、前言

### 一 研究動機

在兩棲地踏查時，同時抓到毛翅騷金龜及臺灣扇角金龜，引起我們想要探討不同棲息地兩種金龜子有什麼差異。我們觀察到兩種金龜子成蟲棲息在陰溼的森林吸食樹汁，而牠們的幼蟲和卵聚集在又溼又厚的落葉層、土壤和腐木中。本研究實地踏查兩個棲地三年，探討兩種金龜子的生長與繁殖，並推測可能原因後進行實驗來驗證。

### 二 研究目的

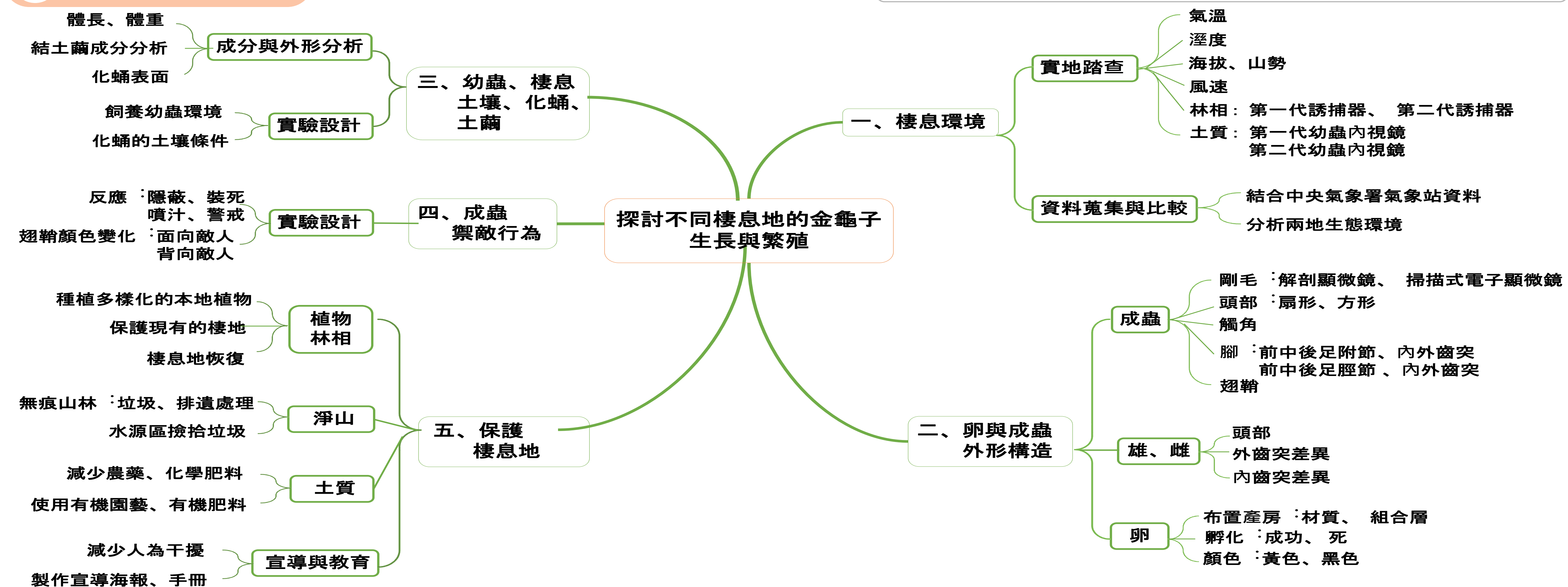
### 一 研究動機

- (一) 比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的棲息環境之差異。
- (二) 比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜外形構造之差異。
- (三) 比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜幼蟲棲息土壤、化蛹、結土繭之差異
- (四) 比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的成蟲禦敵行為之差異。
- (五) 探討如何保護毛翅騷金龜、臺灣扇角金龜的棲息環境。

### 三 文獻探討

- (一) 毛翅騷金龜的介紹
- (二) 臺灣扇角金龜的介紹
- (三) 其他科展研究主題與結果與本研究相關部分

### 四 研究架構



## 貳、研究設備及器材

解剖顯微鏡、第一代及第二代潛望鏡、第一代及第二代捕蟲網、鳳梨、腐植土、塑膠容器、紗布、繃帶、襪子、衣架、橡皮筋、絲襪、捕蟲網、洗衣袋及內視鏡、手機等.....。

## 參、研究過程或方法

### 一 棲息環境調查

#### 野外觀察

- (一) 棲地調查一：桃園復興鄉四個地點
- (二) 棲地調查二：新竹尖石鄉四個地點
- (三) 氣溫、溼度：以氣溫計測量、海拔、山勢：以APP測量、風速：以風速計測量
- (四) 林相：調查臺灣扇角金龜和毛翅騷金龜成蟲取食的地點、樹種和偏好行為。研發：第一、二代誘捕器
- (五) 土質：採集、挖掘兩種金龜子，包含卵、幼蟲、土繭。研發：第一、二代幼蟲內視鏡。
- (六) 佐證中央氣象署相關氣象數據，進行不同棲地的環境因子（月均溫、溼度、雨量）分析和族群數量比較。

### 二 卵與成蟲外型構造調查

#### 成蟲、雄雌、卵

- (一) 解剖顯微鏡觀察：毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的外形構造，包括剛毛、頭部、扇形、方形、觸角、翅鞘、腳（前、中、後足脛節和附節、內外齒突）
- (二) 歸納雄、雌之差異
- (三) 設計布置產房（材質、組合層數）
- (四) 觀察卵的孵化、顏色

### 三 幼蟲棲息的土壤、化蛹、土繭調查

- (一) 使用幼蟲內視鏡觀察土壤內幼蟲及土壤情形。
- (二) 每週測量兩種金龜子幼蟲的體長、體重並記錄，觀察幼蟲的成長和化蛹的情形。
- (三) 布置兩種金龜子的幼蟲飼養箱，觀察幼蟲的成長情形
- (四) 觀察與比較兩種金龜子的幼蟲（食土）的差異性

### 五 保護棲息地

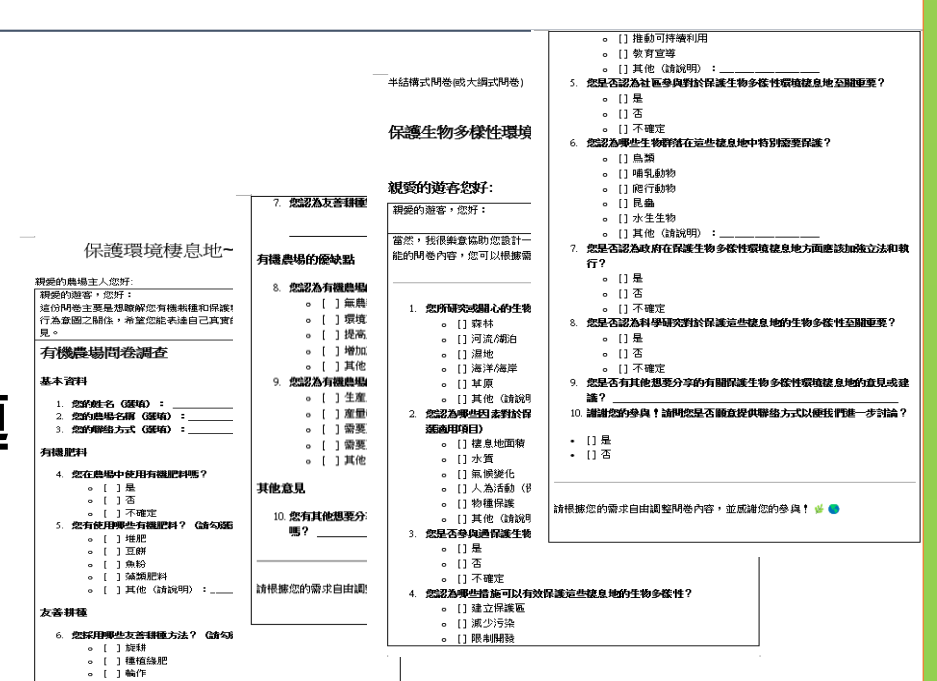
- (一) 比較破壞和原始棲地金龜子數量差異。
- (二) 進行山坡地農民及遊客的問卷調查。
- (三) 保護植物林相、淨山、保護土質、宣導減少使用化學肥料。
- (四) 宣導與教育保護兩處金龜子的棲息地。



### 四 成蟲禦敵行為



兩種金龜子準備雄、雌各二隻，分別用螞蟧、獨角仙、鍬形蟲、花金龜及鳥類來刺激。並使用Tracker軟體分析禦敵軌跡，歸納、分類其行為模式。

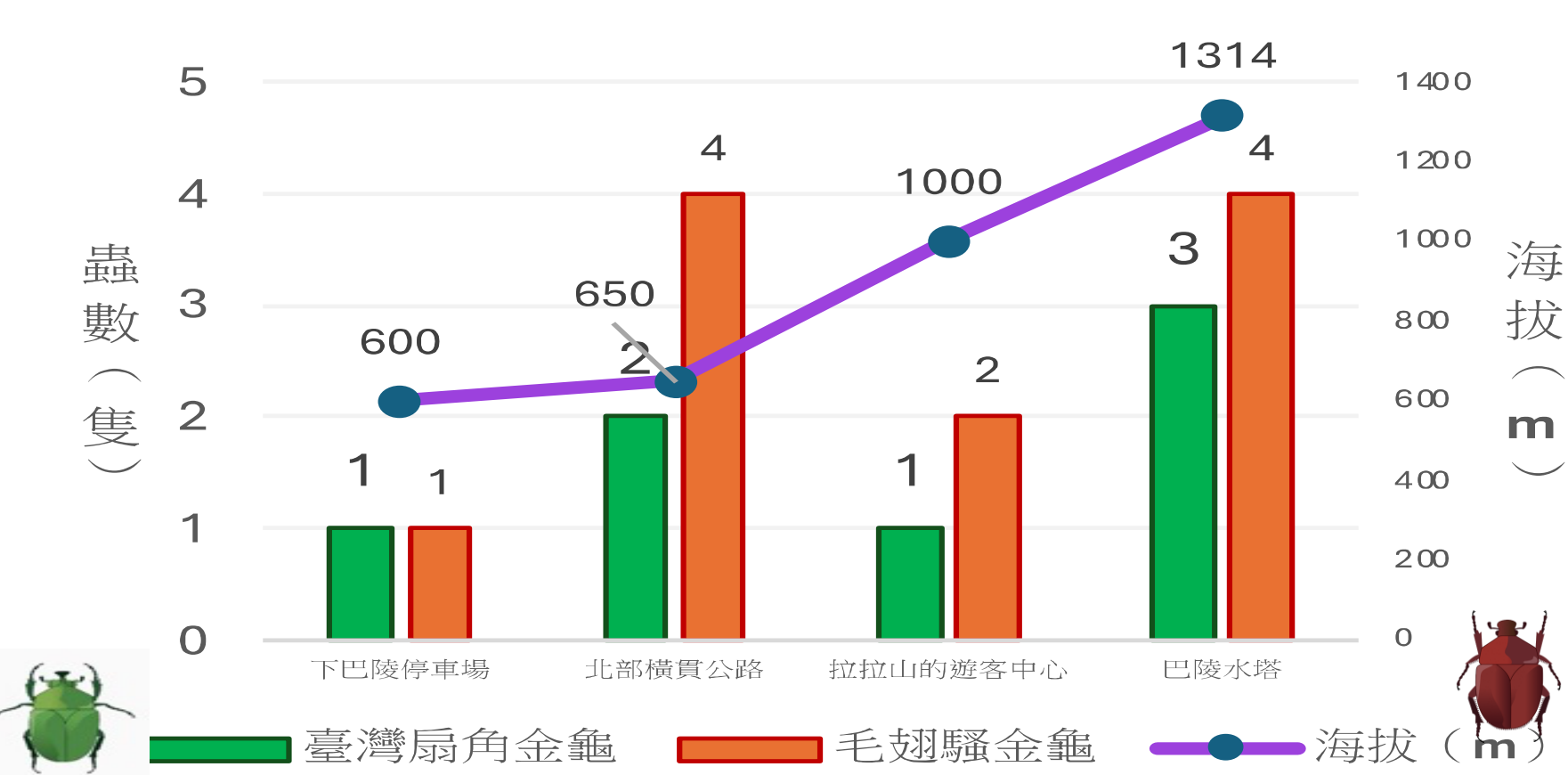




# 肆、研究結果

## 一 比較毛翅騷金龜與臺灣扇角金龜的棲息環境之差異

桃園市拉拉山捕抓毛翅騷金龜及臺灣扇角金龜蟲數與海拔高度



新竹字老捕抓毛翅騷金龜及臺灣扇角金龜蟲數與海拔高度

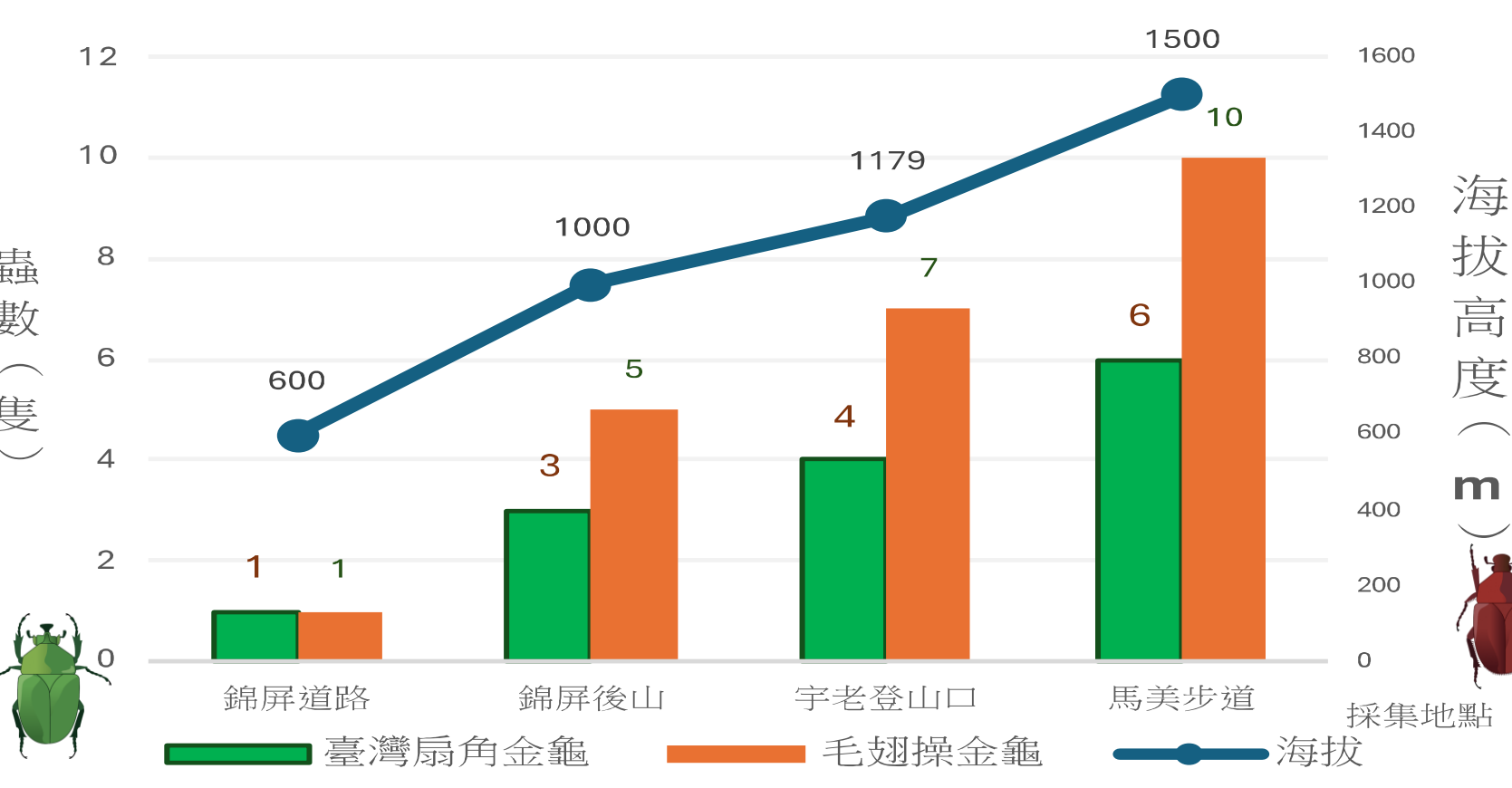


圖28 2022年桃園拉拉山捕抓兩種金龜子數量與溫度統計圖

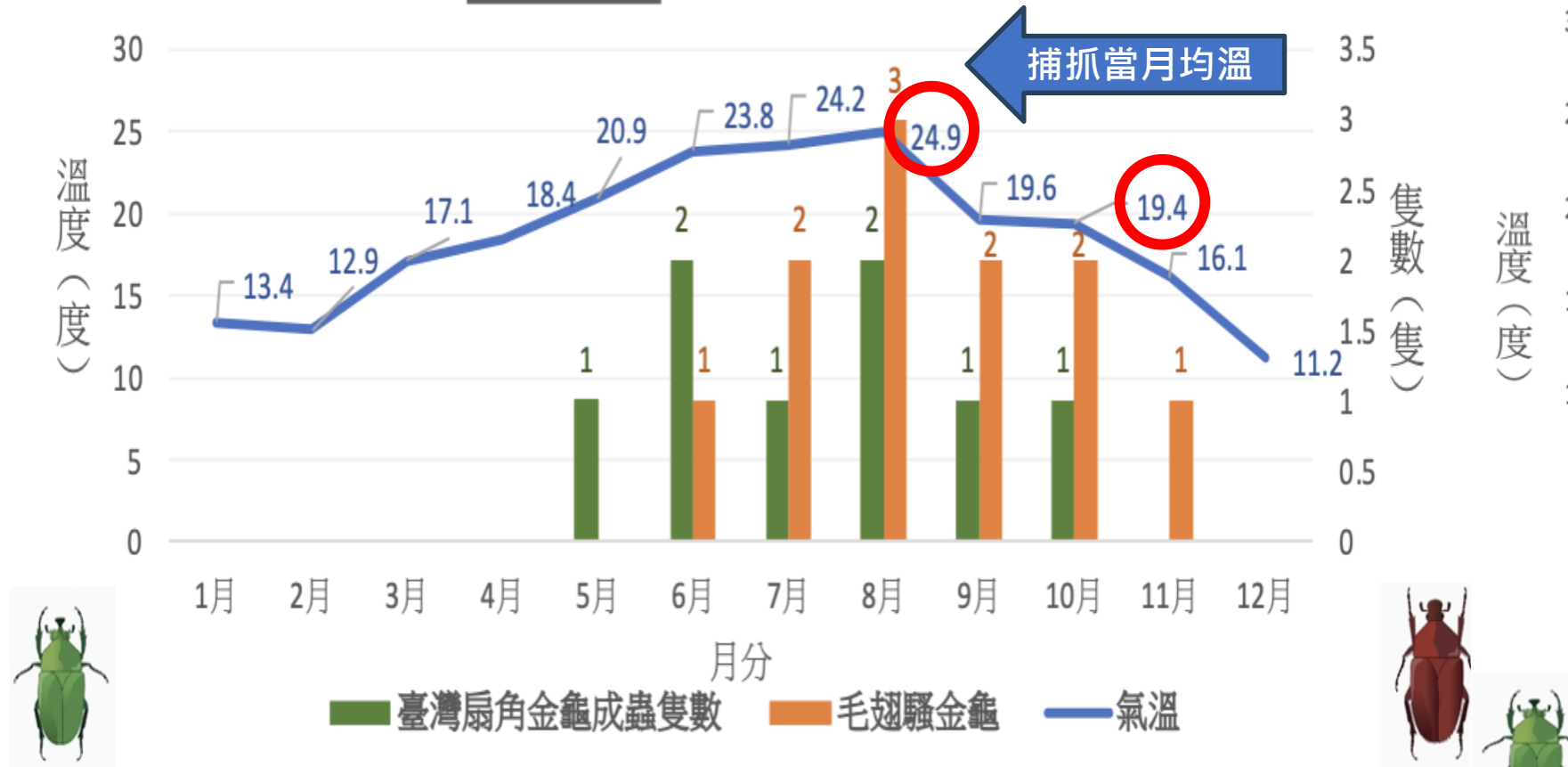


圖29 2023年新竹字老捕抓兩種金龜子數量與溫度統計圖



## 研究結果

海拔高度越高，捕抓到成蟲數量較多。

### 兩地類似發現

成蟲多在離開人類居住的聚落、叢林密集處，山勢的背風面，可以減少蟲體的擾動，群居在陰暗又潮溼的落葉和樹根潮溼又陰暗的密集森林區。

### 兩處棲地比較

溫度：桃園市復興鄉拉拉山 < 新竹尖石鄉  
濕度：桃園市復興鄉拉拉山 > 新竹尖石鄉

### 段落發現

- 臺灣扇角金龜：19.4~24.9 °C，7~9月盛出
- 毛翅騷金龜：19.4~25 °C，7~9月盛出

### 捕蟲網

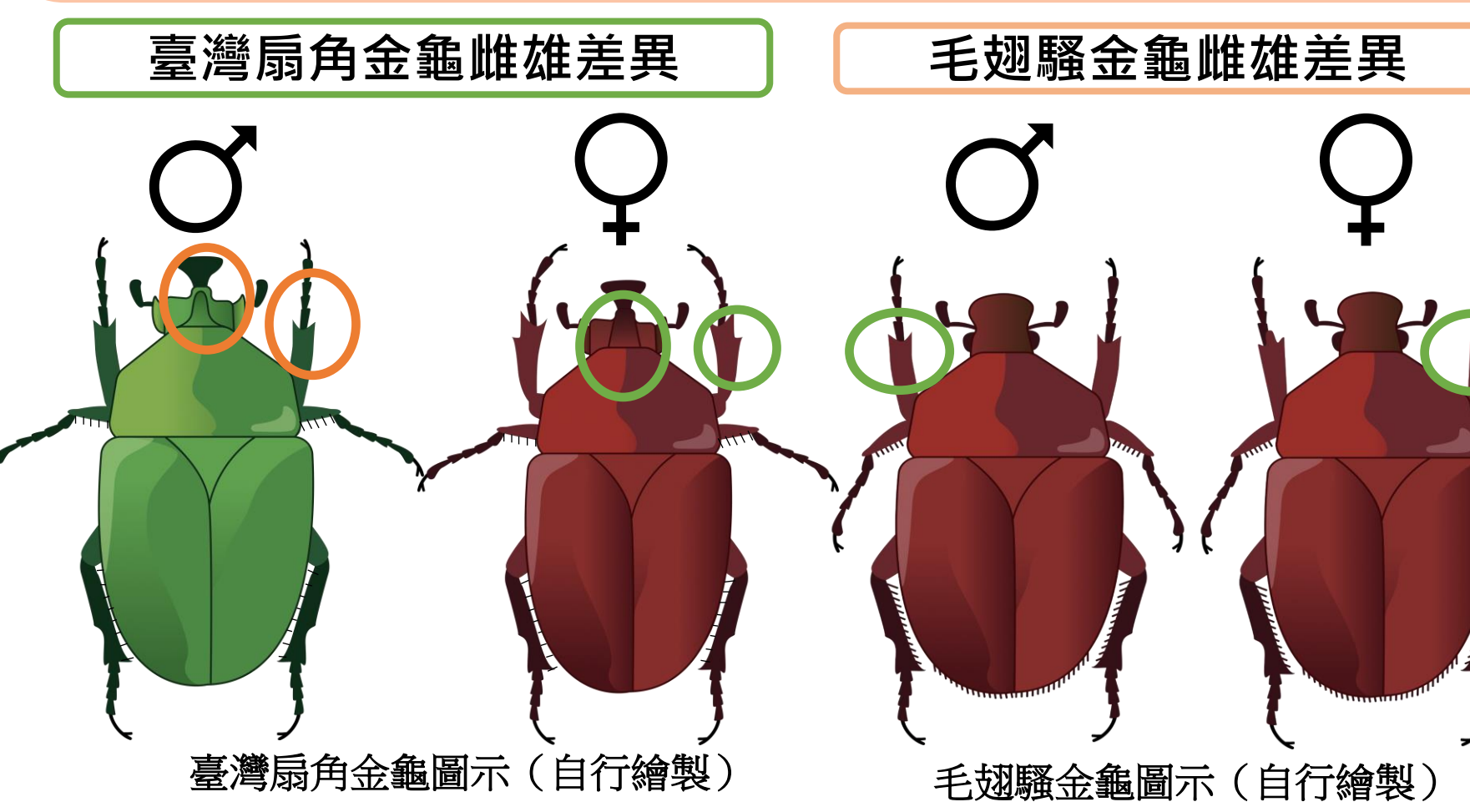
第二代捕蟲網金龜子捕抓率增加40%

通過專利

### 取食

- 使用第二代捕蟲網可以捕捉到更多金龜子
- 兩種金龜子常群聚吸食構樹的漿果和青剛櫟樹幹上樹瘤部分的樹汁。
- 毛翅騷金龜：腐果
- 臺灣扇角金龜：花蜜

## 二 比較毛翅騷金龜與臺灣扇角金龜外型構造之差異



臺灣扇角金龜、毛翅騷金龜，肢在顯微鏡觀察下的細節

	毛翅騷金龜		臺灣扇角金龜	
	雄	雌	雄	雌
前足				
中足				
後足				

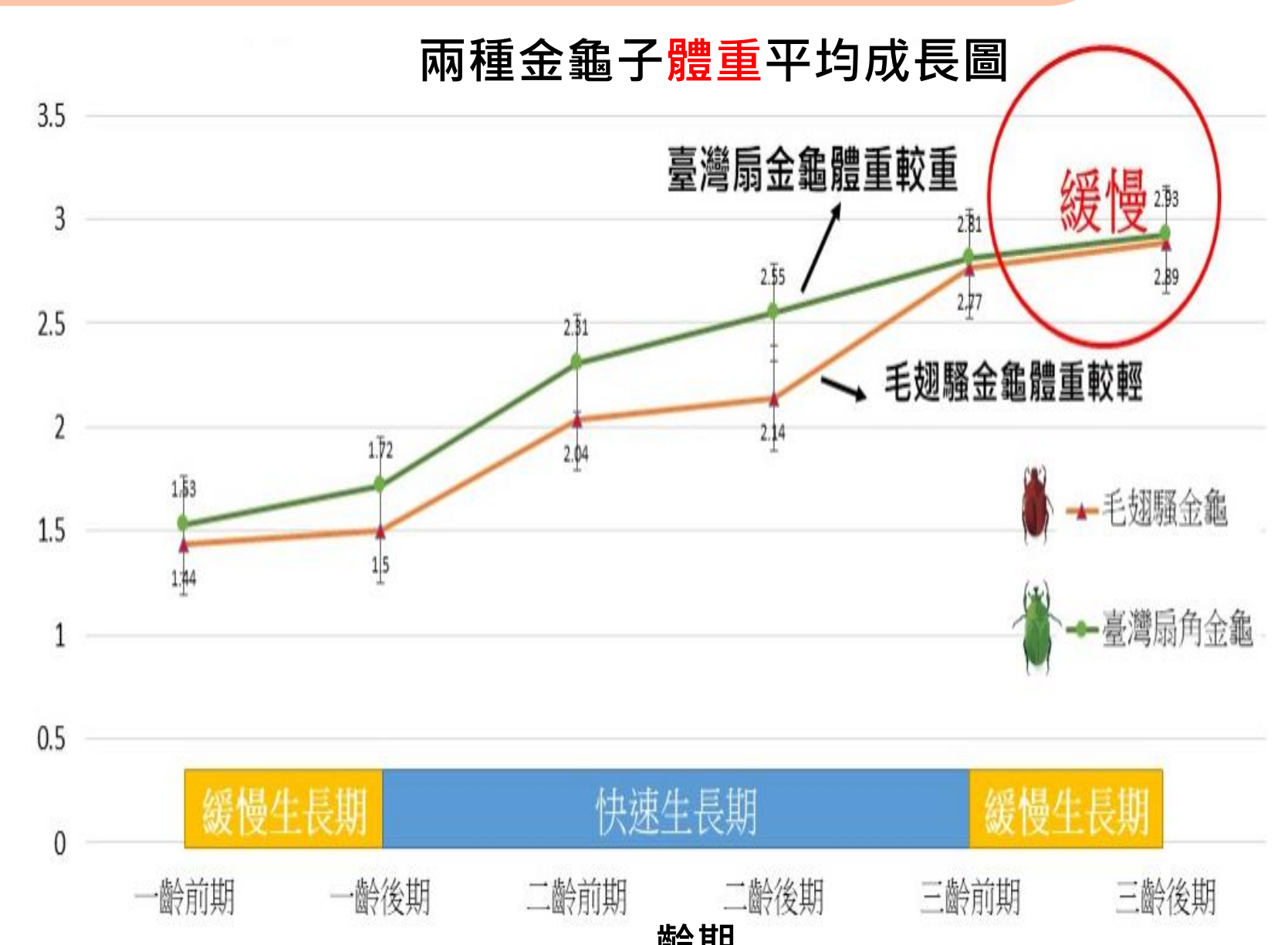
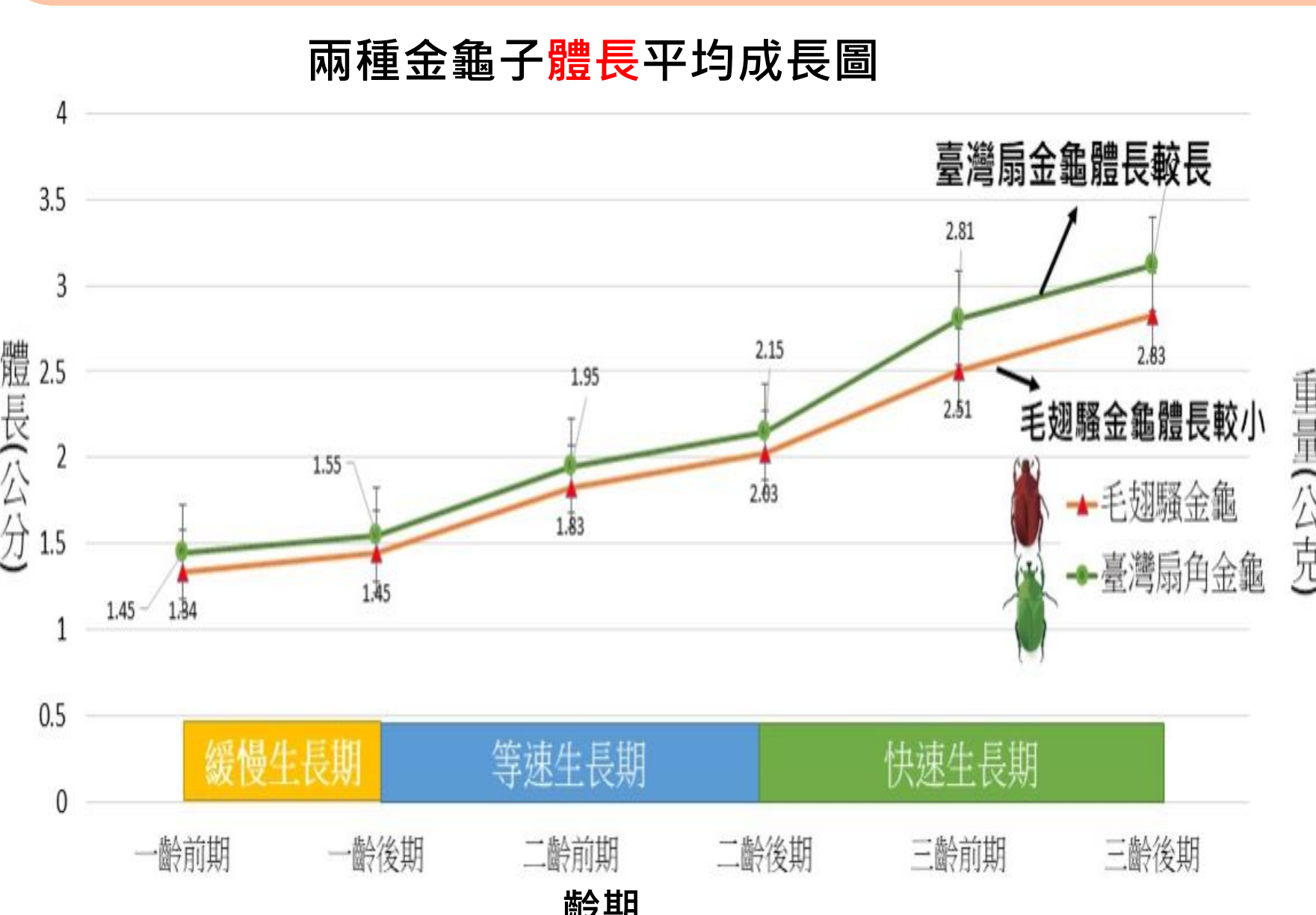
## 研究結果

毛翅騷金龜：所有構造都遍布毛  
臺灣扇角金龜：脛節與跗節下方，有排列式的毛

### 雌雄差異

- |  |  |
|--|--|
| <p><b>雌</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 前肢脛節有2外齒突</li> <li>● 臺灣扇角金龜頭部長方形</li> </ul> | <p><b>雄</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 前肢脛節有1外齒突</li> <li>● 臺灣扇角金龜頭部三角形</li> </ul> |
|--|--|

## 三 比較毛翅騷金龜與臺灣扇角金龜幼蟲棲息土壤、化蛹、結土繭之差異



### 幼蟲身長

- 臺灣扇角金龜：以三齡幼蟲增長最多 (9mm)
- 毛翅騷金龜：以三齡幼蟲增長最多 (9~13mm)

### 幼蟲體重

- 臺灣扇角金龜：以三齡幼蟲體重增加最多 (0.9g)
- 毛翅騷金龜：以三齡幼蟲體重增加最多 (0.9g)

### 段落討論

兩種金龜在化蛹前期身長及體重有停滯、脫水的狀態，可能是能量儲存準備化蛹。



	結果	卵	幼蟲	土繭
毛翅騷金龜		黑色的卵，卵殼比一般金龜子的卵厚且硬，有保護力	大量在 2~5 月發現，以幼蟲過冬，表皮皺褶多，黃色短毛幾乎遍布全身，呈現白且不透明	蛹的表面較多糞便
臺灣扇角金龜		黃色近圓形的卵，易破裂發霉，孵化率比較高	大量在 11~3 月發現，以幼蟲過冬，剛毛比毛翅騷金龜少，表皮透明、油亮	較多植物纖維

## 四 比較毛翅騷金龜與臺灣扇角金龜成蟲禦敵行為之差異



## 研究發現

野外棲息地與其他鞘翅目甲蟲活動範圍重疊，多能保持距離，不互相侵犯彼此領域性。實驗歸納禦敵模式：飛走、威嚇噴汁、躲避遠離、裝死

警戒行為變化：舉前或後腳  
躲避行為變化：躲在角落、裝死、飛走

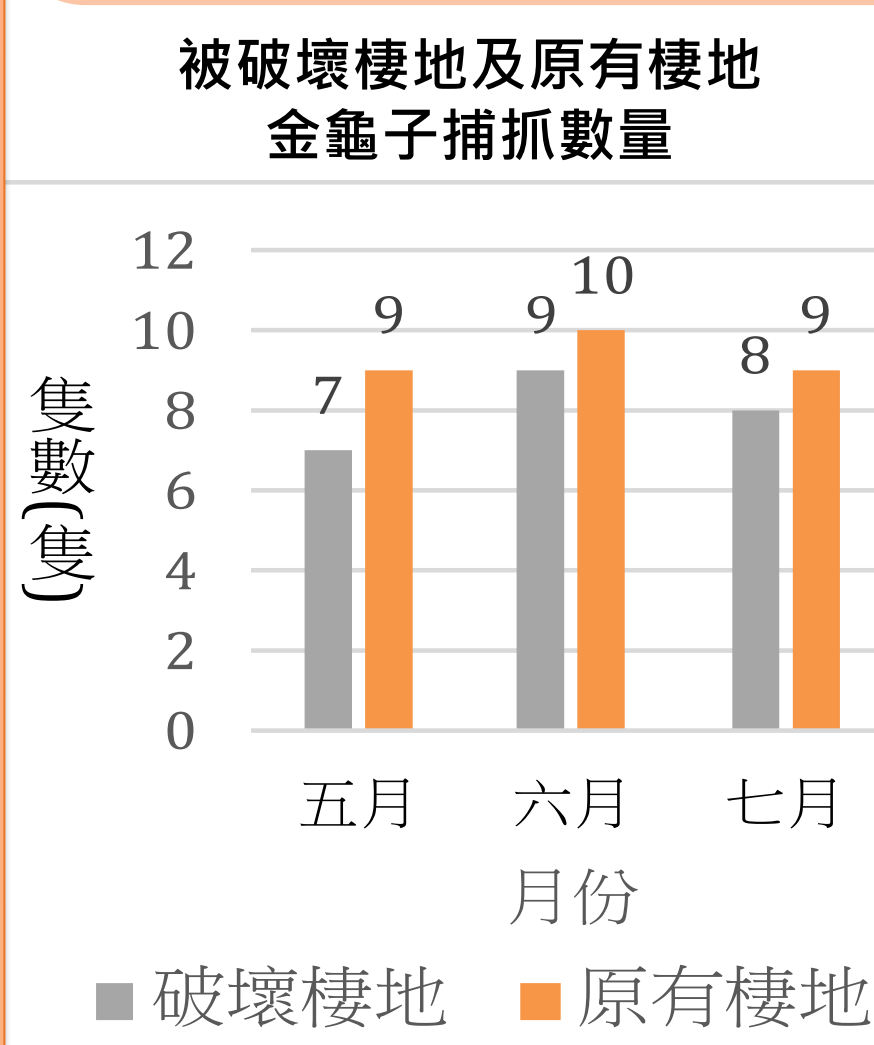
### Tracker

利用 App 軟體分析金龜子與鳥類、锹形蟲、花金龜禦敵的移動距離及反應時間。發現金龜子遇見鳥類時產生反應時間較短，移動距離較大。此分析讓觀察到的瞬間移動與反應程度，有數據化和比較式的呈現。毛翅騷金龜和锹形蟲，也有類似的激烈反應。



## 伍 探討如何保護毛翅騷金龜與臺灣扇角金龜的棲息地

## 研究結果



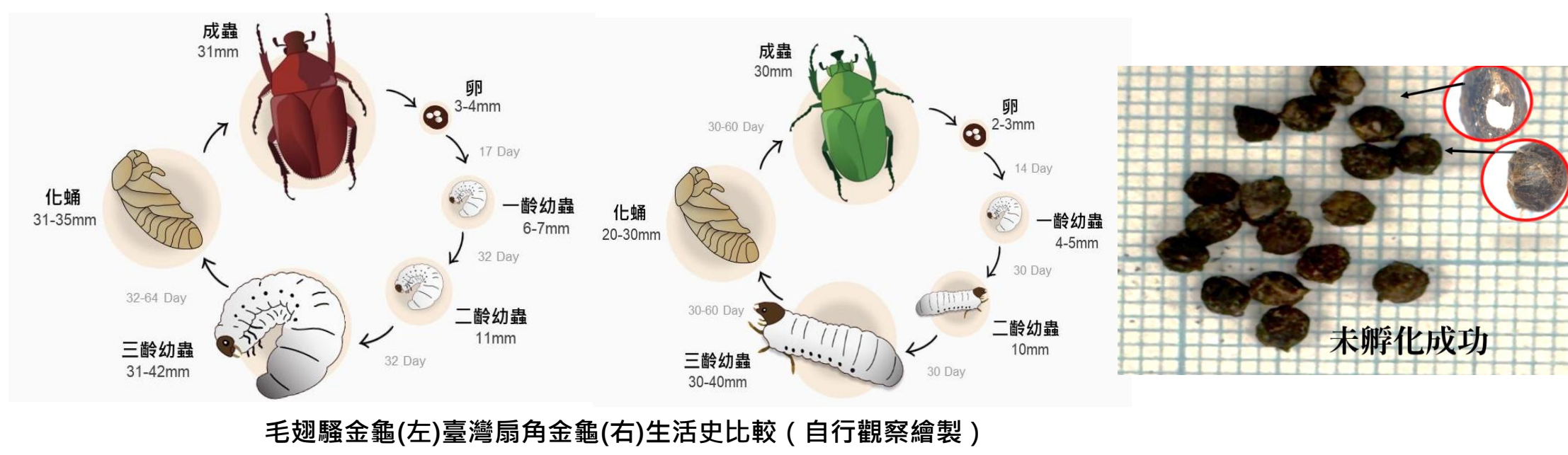
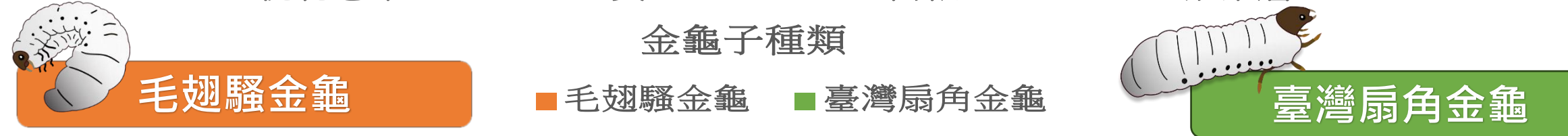
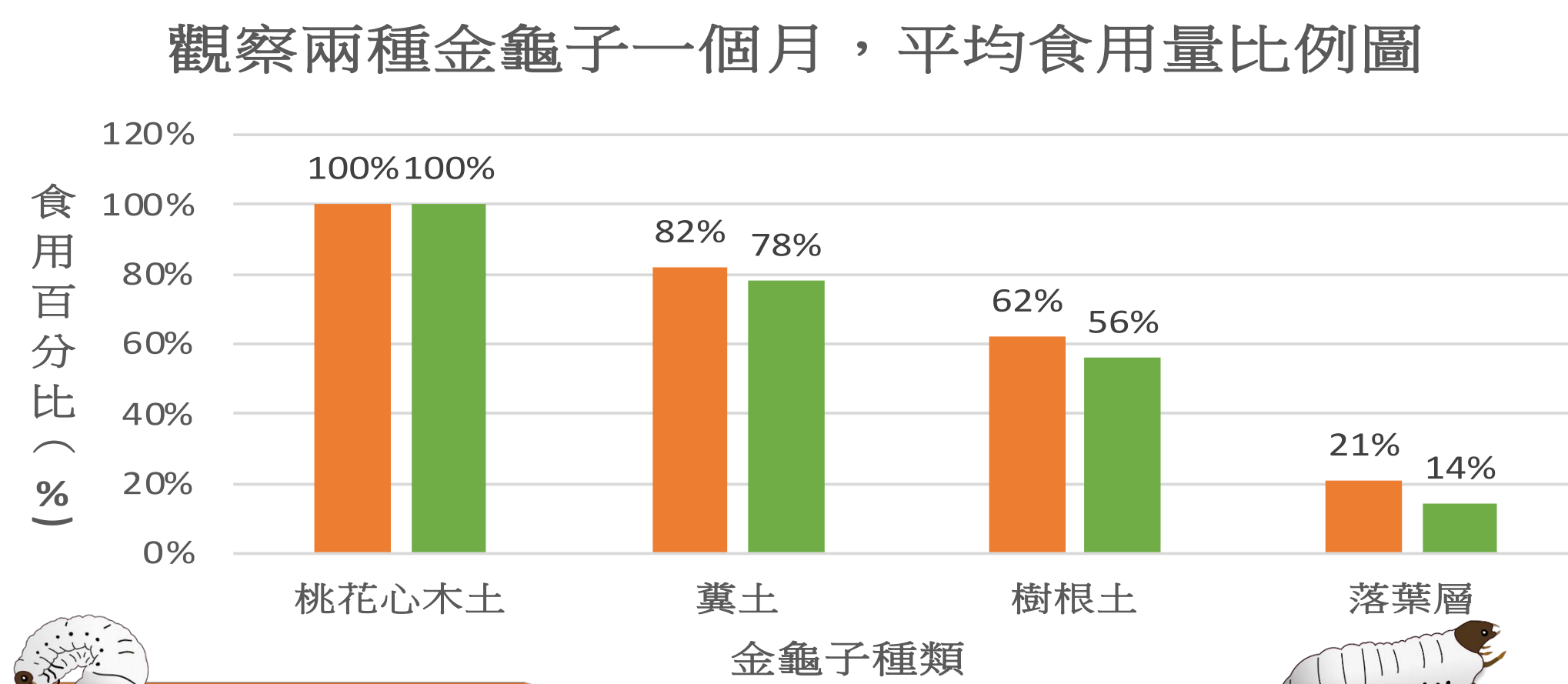
初步進行調查，在人為破壞多的棲地所補抓到的金龜子較原始棲地少。

### 問卷結果

大部分農家還是進用化學肥料，認為棲地破壞使得金龜子出現數量有明顯減少。遊客訪問中認為水質會影響棲地的重要因素。

## 伍、討論

### 一 兩種金龜子的卵（腐植土）、幼蟲（食土）、蛹（土繭）的差異性



### 幼蟲選土結果

幼蟲食用速度：桃花心木土>糞土>樹根土>落葉層

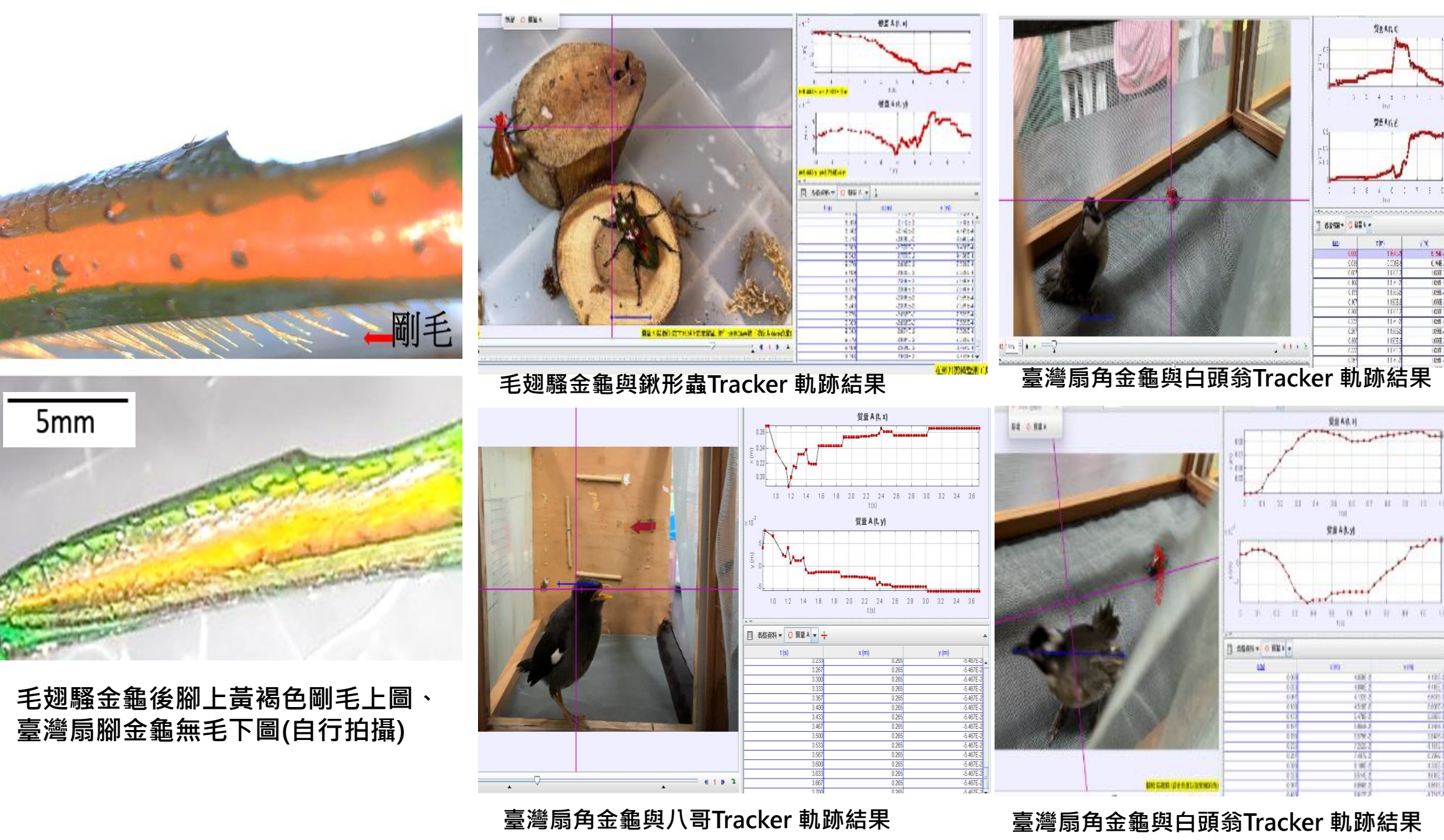
### 段落討論

因桃花心木土是樹木腐爛後的土壤，有特殊香氣、營養較多、纖維較短，幼蟲容易食用；而樹根土及落葉層因纖維較長，幼蟲的口器較小，不容易食用 (Watarus&Chung-Ping, 2018) <sup>3</sup>。

### 生活史比較

實驗室飼養的臺灣扇角金龜一年可以有兩代，成長快速。毛翅騷金龜不管在卵期、幼蟲期、及化蛹期所需的時間都比臺灣扇角金龜較多一至三週，孵化率很低，30幾顆卵只有3顆孵化，其中還有幼蟲成長緩慢、死亡，人工飼養困難。推測可能原因為：實驗室恆溫的22~25度、溼度70%以上、人為干擾多、環境要求高等，都不利於孵化的因素。

### 二 兩種金龜子的禦敵行為反應



### 段落討論

臺灣扇角金龜大多以不同角度和躲藏隱蔽的行為模式為主。毛翅騷金龜因為全身黃色短剛毛較多，可以偵測環境的觸覺及壓力改變 (Jovanic, T., 2019<sup>4</sup>; 蔡普默等, 2021<sup>2</sup>)，所以敏感度和反應較為激烈，反應的時間也比較快，不是立刻飛走就是裝死或隨時警戒中。

### Tracker

金龜子對鳥類的禦敵明顯較為激烈，距離約50公分內就開始有反應，禦敵反應強、弱，推測主要是受鳥類是否移動、振翅或眼睛有無瞄準金龜子(時刻注意)有關。總結的說，金龜子對鳥類的禦敵是明顯激烈，反應時間很短(秒)，Tracker可以將禦敵分析到0.1秒即有反應的差異，是非常細微的禦敵反應呈現。

### 三 探討如何保護棲息地



根據初步量化比較被破壞和原始棲地兩處金龜子的族群數量，實際對當地農夫和遊客的問卷，都顯示棲地破壞與保護水源的重要性，經由研究三年的兩種金龜子的數量、氣候、環境，發現兩棲息地相連，中、低海拔數量不多，本組為了保護生物多樣性，進而保育兩種金龜子，提出告示牌、種樹增加幼蟲食土及成蟲產卵的最佳環境，減少人為干擾須申請入山，淨山、淨水等活動。

## 陸、結論

- 比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的棲息環境之差異。  
可以在七月到九月發現這兩種物種大量且重疊出現的蹤跡，但不同的是：臺灣扇角金龜：喜歡棲地的溫度較溫度較低，出現月份5~9月。毛翅騷金龜：喜歡棲地的溫度較溫暖，出現月份7~10月。
- 比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜外形構造之差異。  
臺灣扇角金龜：頭部前方具一扇角突起。雄蟲：頭中央後端有一枚三角形盾狀突起，端部較尖；前足脛節細具1端齒。雌蟲：後端的突起為長方形，前足脛節粗大有2外齒凸。毛翅騷金龜：雄性：前足脛節細具1端齒。雌性：前足脛節粗大有2外齒凸。
- 比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的成蟲禦敵行為之差異。  
毛翅騷金龜：身體和附肢密布許多黃色、短剛毛，故敏感度和反應較為激烈，不是立刻飛走就是裝死或隨時警戒中。
- 比較毛翅騷金龜和臺灣扇角金龜的幼蟲棲息土壤、化蛹、結土繭之差異。  
毛翅騷金龜：幼蟲棲息在腐植土、樹根土裡，需要大量的土才能順利化蛹，在土繭表層較乾、顏色偏黃，有大量細土及微量排泄物。臺灣扇角金龜：幼蟲棲息在腐植土、樹根土，需要大量的落葉纖維才能順利化蛹，在土繭表層偏溼、顏色偏黑，有大量植物纖維特別喜愛竹葉。
- 探討如何保護毛翅騷金龜、臺灣扇角金龜的棲息環境。  
以告示牌、海報製作方式宣導、大量種植殼斗科喬木、減少開發、淨山、淨水源垃圾、五到九月皆須申請進入繁殖區。

## 柒、參考文獻資料

- 胡維恩、林琦皓、吳丹齊、黃顯、賴宜、黃妍馨 (民112年)。調查與飼養臺灣扇角金龜 (Trigonophorus rothschildi varians~翅鞘顏色會改變的原因探討。中華民國第50屆中小學科學展覽會作品說明書，未出版。民113年5月19日。取自國立臺灣科學教育館：<https://pse.is/5zu5e2>
- 蔡普默、張琪文、宋蘊哲、張華猛、林嘉、岳曉冰、楊建全、季清 (2021)。雙翅目昆蟲觸角感受器種類與功能研究進展。江西農業大學學報，43(3)，574-584
- Kojima, W., & Lin, C.-P. (2018). Pre-ovipositional maternal care alleviates food stress of offspring in the flower beetle. *Dicranocephalus wallichii*. *Journal of Ethology*, 36(2), 135-141.
- Jovanic, T. (2019). Sensors and sensory processing for airborne vibrations in silk moths and honeybees. *Sensors (Basel)*, 13(7), 9344-9363.