中華民國第54屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組　生物科

最佳(鄉土)教材獎

030305

來自地下的「你」－台灣鼴鼠的生態行為研究

學校名稱：新北市私立聖心女子高級中學(附設國中)

作者：	指導老師：
國二 林子晴 國二 朱英綺	劉錫軒

關鍵詞：台灣鼴鼠、特有亞種

來自地下的「你」─台灣鼴鼠的生態行為研究

摘要

台灣鼴鼠(*Mogera insularis insularis*)為食蟲目鼴鼠科的台灣特有亞種哺乳類，以蚯蚓為主食，海拔 2000 公尺以下的山地、農田、沙洲都可發現牠的蹤跡。我們的研究主要對於台灣鼴鼠的生態行為進行研究，調查發現鼴鼠多在樹林邊緣、草皮及垂直的邊坡上活動，隧道在樹根或石頭等遮蔽物旁通常較密集，其隧道深度約 2.5~8.5 公分，隧道直徑為 2.7~5.5 公分，土丘高度則為約 5.2~6.0 公分。依據土壤中蚯蚓的密度、及蚯蚓的補充率，保守估計一隻鼴鼠生存所需的土地面積大約為 23 平方公尺。此外，我們利用攝影器材記錄了野生鼴鼠在地下的活動情形，並在隧道內記錄到 11 種無脊椎動物。透過地表隧道的標記和土壤硬度測量我們發現，在雨天時鼴鼠的活動較晴天時頻繁，推測和土壤較為鬆軟及蚯蚓活動有關。

壹、研究動機

同學們在校園內的相思林走道旁發現一隻死亡的老鼠(封面)，原本以為是一般的老鼠，可是我們發現他有大大的手掌，很小的眼睛，覺得跟我們平常看到的老鼠有一點不同，後來請教老師，才知道牠是台灣的特有亞種-台灣鼴鼠。在台灣分布廣泛，但我們查閱所得的生態資料卻不多，而且多以人工飼養下的觀察為主。我們希望藉由野外實地觀察，獲得第一手台灣鼴鼠的生態資訊。本研究是國一下自然課第五章生態系的延伸學習。

貳、研究目的

一、文獻探討

二、描述台灣鼴鼠外部形態

三、調查台灣鼴鼠隧道的特徵

四、觀察台灣鼴鼠地表隧道的分布

五、估算台灣鼴鼠生存所需的最小土地面積

六、觀測野生台灣鼴鼠在隧道內活動情形

七、觀察台灣鼴鼠隧道內的生物多樣性

八、觀察台灣鼴鼠在地表隧道的活動頻率

參、研究設備及器材

游標尺(19.90cm)、太白粉、麵粉、捲尺、塑膠繩、小鏟子、大鏟子、鐵尺(180cm)、篩子、電子秤、相機、小型防水USB攝影機(直徑10mm，長度5mm)、影像監控軟體(iSPY ver.5.5.8.0)、直流交流電源轉換器(300W)、車用電池(12V-7.2AH)、小型筆記型電腦(Win. XP 作業系統)，防水收納箱、自製土壤硬度計(2.5ml 針筒、壓縮彈簧)。

肆、研究過程或方法

一、文獻探討：

台灣有兩種鼴鼠分布，分別是「台灣鼴鼠(*Mogera insularis insularis*)」和「鹿野氏鼴鼠(*Mogera kanoana*)」，鼴鼠屬於食蟲目、鼴鼠科，俗稱「悶鼠」、「穿地鼠」。鹿野氏鼴鼠主要分布在高海拔山區和部份的低海拔地區；台灣鼴鼠則分布在低海拔地區為主(祈偉廉，2008)。關於台灣鼴鼠最早的研究記錄可以追溯自 1862 年駐台英國副領事斯文豪氏，原本命名為 *Talpa insularis* (Swinhoe，1863)，之後鼴鼠科內的屬名重整，將學名改為 *Mogera insularis insularis*，另有其他亞種分布在海南島和中國東南地區(張育誠等，2012)。1936 年日本學者立石新吉以英文發表了台灣鼴鼠的染色體研究。1983 年林俊義和林良恭提到台灣鼴鼠的生活環境分布全島海拔 2000 公尺以下，山地、農墾地、沙洲等不同海拔高度和植被環境都可以發現牠的蹤跡(吳海音，1999)，在丹大地區(王穎，2004)、關刀溪、福山(吳海音，1999)、富源蝴蝶谷及紅葉(國立台灣師範大學生物學系七十七年暑期生態研究隊，1989)、霧峰(張育誠等，2012)和無尾港水鳥保護區(黃建榮，2010)等地都有調查的記錄。關於鼴鼠的天敵，在 2002 年林文隆和葉金彰在短耳鴞的食繭內容物研究中，找到台灣鼴鼠被捕食的記錄。盧昱辰與林良恭(2008)分析鼴鼠胃內含物，記錄鼴鼠的主食為蚯蚓，及少部分昆蟲、馬陸、蜘蛛及蝸牛。張育誠等人(2012)，曾經以人工飼養野生的台灣鼴鼠，發現鼴鼠每日平均進食量為 31.9g，最長的飼養記錄可達 8 個月。關於鼴鼠與人類的關係，1998 年施錫彬與游俊明在台灣鼴鼠防治的報告中報導鼴鼠被視為對農田有害的動物，鼴鼠為了捕食蚯蚓，會將植株移除並破壞作物的根部，所以對農作物造成危害，農夫通常以捕鼠器、農藥、忌避植物將牠們驅除。Gorman 和 Stone(1990)研究歐洲鼴鼠時，提出鼴鼠隧道可分為二種：一、往四周延伸的隧道，又可細分為地表隧道和深度達 1 公尺的深層水平隧道。二、往下延伸的垂直隧道，通常為主要幹道，其上會形成隆起的土丘，也提到在草地上的蚯蚓和蠕蟲生物量較大於耕地與林地，因此鼴鼠經常在草地上活動。

二、描述台灣鼴鼠外部形態：

研究的第一步，想先了解鼴鼠的形態構造。把之前校園內撿到的一隻鼴鼠屍體從保存在 75%的酒精中取出，用水輕輕洗一洗。觀察鼴鼠的外部形態。測量牠的各部位大小，拍照並繪圖。

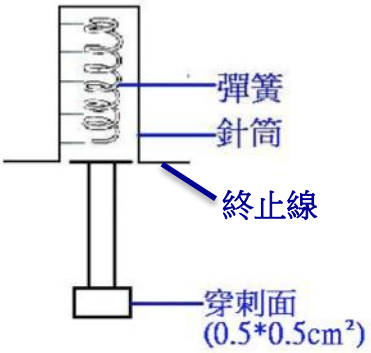
三、調查鼴鼠隧道的特徵：

我們的研究樣區位於新北市八里區龍源里，東經約 25 度，北緯約 121 度，調查時間自 2012 年 12 月至 2014 年 6 月，由於我們在校園內曾撿到鼴鼠，因此我們開始調查鼴鼠隧道的特徵，從文獻得知，鼴鼠活動的地方地表會出現中空，且隆起的隧道及土丘。我們發現校園的草皮上也有類似的隧道(圖一、A)及土丘(圖一、B)。實驗方法分三種:

(一)觀察法:踩地面下的泥土，若踩下去覺得軟且會陷下去，推測此地有鼴鼠隧道經過。將有隧道的地方以竹籤戳戳看，先戳到泥土後再往下約一公分會有空空的感覺，便可得知這是有隧道的地方，沒隧道的地方戳下去則是堅硬的泥土。沿著隧道搬開草皮上的大石頭後，也發現下方有隧道(圖一、C)，岩石旁也可找到隧道的洞口(圖一、D)。

(二)石膏灌模法：我們想要知道鼴鼠地表隧道的大小，但隧道易塌陷，所以選定一小段隧道作為樣點(圖一、E)，用大鏟子將兩端擋住避免石膏流掉(圖一、F)，調製石膏後(石膏粉和水比例為 5:4)，將約 300ml 的石膏泥灌入隧道中(圖一、G)，等 10 分鐘凝固後，挖開旁邊的土，便可測量隧道的直徑和距離地表的深度。

(三)隧道土壤硬度測量：我們想知道土壤硬度和鼴鼠活動是否有關係，因為土壤晴天較硬雨天較軟，觀察發現鼴鼠隧道經過的地方土質較為鬆軟，且雨天容易看到新的隧道。因此我們仿造山中式土壤硬度計的原理，取一支 2.5ml 注射針筒放入可壓縮的彈簧(如右圖)，運用虎克定理，測量土壤硬度計。分別在晴天、雨天時插入有隧道以及隧道旁 15 公分的地方作為對照組,穿刺土壤直到碰觸到終止線為止,藉由壓縮的刻度測量土壤阻力(圖一、H)。我們利用法碼測量出此硬度計的彈性係數為 50 (gw/格)，穿刺面為 0.25cm^2，估計每壓縮 1 格受到的壓力為 200 gw/cm^2。



四、調查台灣鼴鼠地表隧道的分布：

觀察鼴鼠生活環境後，我們選定相思樹林下做為樣區，並提出三個假設：一、根據文獻記載在鼴鼠經過的地方，牠會把植物的根咬斷，所以我們推測在空曠平地無草的地方較多鼴鼠活動的痕跡。二、在較少人為踐踏或破壞的地方，鼴鼠隧道比較密集且隧道較少中斷；相反的，在較多人走動或踩踏的地方，較不易發現鼴鼠隧道。三、隧道深，

易長草，隧道淺，較不易長草。實驗方式如下：選定有鼴鼠隧道的地方，用塑膠繩圍成 16.5m*18m 的區域，並將區域內劃分成 16 個方格，其中 9 格為 5m*5m；3 格為 5m*3m；邊緣 3 格為 5m*1.5m，另 1 格為 3m*1.5m，畫方格的目的是為了準確定位與繪圖(圖二、A)。為了降低對環境的汙染，使用麵粉(圖二、B)，在有隧道的地方灑上麵粉作記號，記錄結果(圖二、C)。

五、探究台灣鼴鼠生存所需的最小土地面積：

鼴鼠的主食為蚯蚓，我們想要知道至少要多大面積的土地才足夠養活一隻鼴鼠，我們決定以土地上蚯蚓的密度估算之。2012 年張育誠等人曾經在人工飼養的條件下，發現台灣鼴鼠每日平均進食量約為 31.9 克，我們以 31.9 克的蚯蚓訂為鼴鼠的每日食量(F)，除以校園內每平方公尺的蚯蚓重量(E)，考慮到鼴鼠進食後，土壤中的蚯蚓會減少，因此我們也調查了蚯蚓恢復原有數量所需的天數，定為蚯蚓補充率(K)，保守估計校園一隻野生鼴鼠生存所需要的最小範圍土地面積(A)，並鑑定出蚯蚓的種類。實驗方法如下：

(一)蚯蚓密度(E)的測量：用尺量出 50*50 平方公分的樣區(圖三、A)，因為蚯蚓大多在地表活動，以鏟子往下挖 15 公分深，記錄蚯蚓的數目及重量。間隔 1 公尺以上再挖一個同樣體積的坑，挖 20 個坑作為調查蚯蚓的樣區。把調查的蚯蚓洗淨擦乾後，測量每平方公尺蚯蚓的重量(圖三、B)。

(二)蚯蚓補充率天數(K)的計算：將樣區內蚯蚓移除，分別經過兩週及四週後，同時間再重新將土挖開，調查蚯蚓的數量與重量，計算出蚯蚓恢復至原本數量所需天數。

(三)生存所需最小範圍土地面積(A)公式推算：鼴鼠每日食量為(Ｆ)、每平方公尺蚯蚓重量密度為(E)、蚯蚓補充率(K)，推導出鼴鼠最小生存面積(A)平方公尺。

公式為：$A = F/E*K$

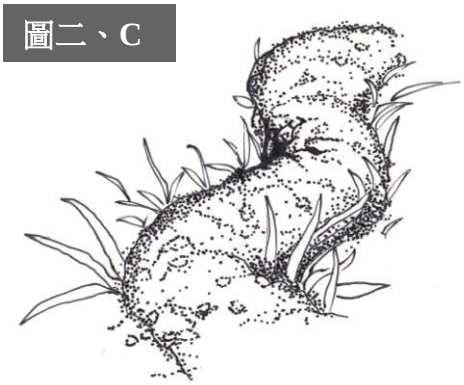
六、觀測野生台灣鼴鼠在隧道內活動情形及隧道內的生物多樣性：

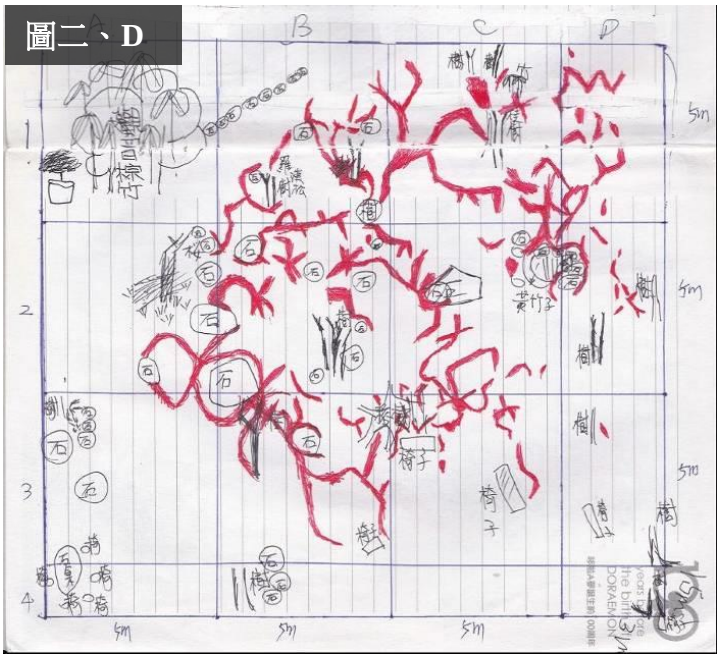
我們想知道野生的台灣鼴鼠在隧道內的活動情形，並且看看還有哪些生物會在鼴鼠隧道中活動把 USB 內視鏡頭和小型筆型電腦連結，開啟 iSPY 軟自動偵測畫面中移動的物體，並記錄畫面(圖四、A)。把鏡頭埋設在鼴鼠隧道內(圖四、B)，打開鏡頭前的 LED 燈(圖四、C)並將鏡頭固定，接上汽車電池，每次約可錄 8 小時。

七、觀察鼴鼠在地表隧道的活動情形：

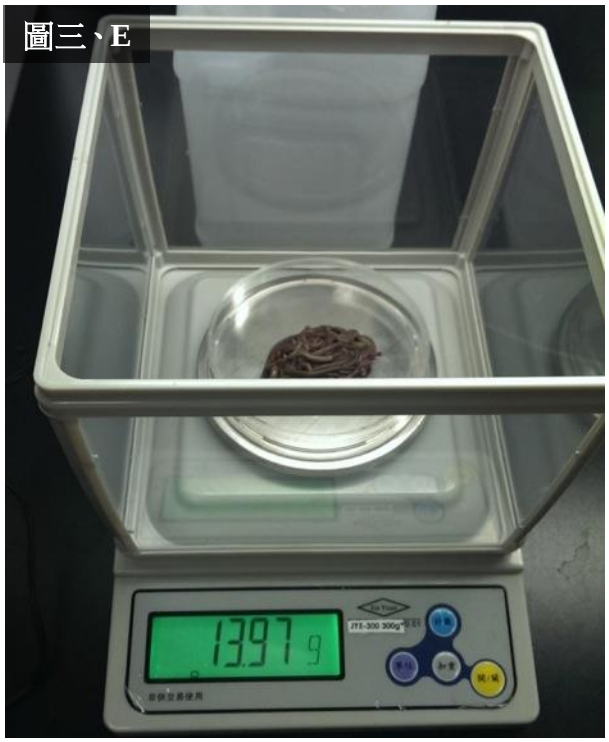
在拍攝鼴鼠在隧道內的活動情形時，意外地發現有時在隔天，鏡頭會被鼴鼠用土填補起來。由於鼴鼠的隧道有許多分叉，為了記錄鼴鼠在地表隧道的活動情形，把鼴鼠隧道的一段用腳踩踏(圖五、A)，並作記號標記地點(圖五、B)。隔天觀察鼴鼠是否有通過，若鼴鼠有通過，則地表會出現重新隆起的土丘(圖五、C)。

圖一、調查鼴鼠活動的生態環境與隧道特徵：(A)草皮上有鼴鼠挖隧道，在地表形成的淺隧道，(B)除了隧道之外，還可以見有隆起約 5 至 6 公分的土丘，如箭頭所示。(C)將草皮上不同的大石頭翻開，也可以清楚看見鼴鼠所挖的隧道，如箭頭所示，直徑約為 5 公分寬。(D)在岩石旁可以見到鼴鼠隧道的洞口。(E-G)觀察鼴鼠地表隧道：(E)選定樣點，(F)利用大鏟子將兩邊出口堵住，(G)調製石膏灌入地下隧道中，等石膏凝固後，挖開並觀察地下隧道的情形。(H)利用自製硬度計測量地表隧道的硬度。





圖二、觀察台灣鼴鼠地表隧道的分布：(A)以塑膠繩將樣區分隔為數個 5m*5m 的小方格，方便繪圖。(B)用麵粉沿著隧道作標記。(C)鼴鼠隧道的形態(仿 Audubon Guides)，(D)將隧道的分布畫在筆記本上。



圖三、調查樣區內土壤蚯蚓的密度與種類：(A)畫出 50cm*50cm 的樣區，(B)並向下挖出 15cm 的土壤，收集土壤中的蚯蚓，(C)工作區和完成圖，(D)將收集到蚯蚓以清水洗淨並擦乾，(E)用微量天平測量蚯蚓總重量，(F)樣區內主要的蚯蚓，棲息土壤深度大約 5 公分的黃頸蜷蚓(*Pontoscolex corethrurus*)，約重 0.36-0.68 克(G)雨天時才在地表下或土壤深度約 10 公分出現的大型的參狀遠環蚓(*Amynthas aspergillus*)，約重 6 克。

圖四、觀測野生台灣鼴鼠在隧道內活動情形及隧道內的生物多樣性：(A)架設地下攝影的研究裝置。(B)打開鏡頭的光線。(C)將鏡頭埋設於隧道內部。

圖五、觀察鼴鼠在地表隧道的活動情形：(A)用腳將隧道輕踩，使它塌陷，並標上記號。(B)隧道上會形成一個腳印，如虛線所示。(C)隔天同時間觀察，若鼴鼠有通過隧道，塌陷的部分會重新隆起，如白色虛線內所示。

伍、研究結果

一、描述台灣鼴鼠外部形態：(圖六)

鼴鼠全身披著灰色的短毛，鼻子、嘴巴、四肢、眼睛及尾巴的部份毛較稀疏，可看見皮膚的顏色。鼴鼠的眼睛退化，外面有一層薄膜(圖六)，手腳都有 5 個指頭，鼴鼠的耳朵退化，鼻子細長狀，吻端與嘴巴附近都有光亮的細毛。一隻鼴鼠的形態測量結果：吻肛長:9.9 公分，眼睛:0.1 公分，體長:11.1 公分，頭部:2.0 公分，前掌長:1.6 公分，前掌寬:1.5 公分，後腳長:1.5 公分，後腳寬:0.7 公分，頭部長:2.0 公分，鼻子到肛門長:10.4 公分，尾長:1.1 公分。

二、調查鼴鼠隧道的特徵：(表一、圖七-圖九)

(一)隧道會在地表形成較硬的小土粒(圖七、A)，顆粒大小約為 0.5 至 1.0 公分左右。間隔不等的距離也會形成土丘，看到土丘的高度大約 5.2~6.0 公分(圖七、B-D)。

(二) 鼴鼠在樣區內的分布：分布於樹林邊緣、草皮、及垂直的邊坡上(圖七、E)。

(三) 地表隧道：從地表到隧道的深度約 2.5-8.5 公分(圖八、A-E)。我們將灌入隧道中的石膏取出，而且隧道在地下分叉的情形(圖八、F)，可以看見隧道直徑約 4.5 至 5.1 公分。

(四)土壤硬度測量：在隧道及隧道旁調查土壤硬度各 5 次測量發現，雨天時隧道土壤硬度為 6.2，隧道旁為 19.4；晴天時隧道為 10.8，隧道旁為 23。雨天時土壤較晴天時軟，有鼴鼠經過的地方，土壤也比較鬆軟，結果如表一及圖九所示。

三、研究台灣鼴鼠地表隧道的分布(圖十)：

圖十(A)為全區的示意圖。人為踩踏較多和步道經過的地方，沒有發現隧道(圖十、B)，在樹根或石頭旁，隧道會比較密集(圖十、B-F)，而且圍繞著樹的根部或石頭，各條隧道會在樹根交會處呈現放射狀，另外，在約 15 公分的長草叢下面的土裡也會有較深的隧道(圖十、C)，我們還觀察到有些隧道不是相連的，可能是那些隧道在較深的地下，所以當我們以約 19 公分的長竹籤戳表土時會感覺不到隧道。

四、探究台灣鼴鼠生存所需的最小土地面積：(見表二)

選定的環境以相思樹為主，陽光充足的草皮，草長大約 2cm 高，樹木之間相隔約 3m，人為干擾少。調查蚯蚓密度時，發現蚯蚓種類以外來種的黃頸蜷蚓(*Pontoscolex corethrurus*)為主(圖三、F)，多在地表 5 公分、草皮的根部活動。雨天時則偶爾會挖到較大型的參狀環遠蚓(*Amynthas aspergillus*)(圖三、G)，約在土壤下層深度 10 公分以下活動。

（一）蚯蚓密度：共挖 20 個坑洞，測量結果每平方公尺有 111 隻蚯蚓，平均重 26.56 克。

（二）蚯蚓補充率：以 4 個坑為單位，發現兩週後蚯蚓數量恢復為 60%，四週後為 148%，推算出直線方程式：y (補充百分率)= 0.51x(週數) - 0.42，估算補充率為 100%時，x=2.78

週，約為 19 天。由於文獻記載鼴鼠的每日平均食量為 31.9 克，我們估計每隻鼴鼠每日生存所需的土地面積為大約 1.20 平方公尺，乘以補充率 19 天後，保守估計最小生存面積約為 23 平方公尺。

五、觀測野生台灣鼴鼠在隧道內活動情形：(圖十一)

總共錄到六次，以下是有錄到鼴鼠出現的日期和時間：

(一)2013 年 04 月 23 日，00:10 和 18:08，晴天 (地點:空曠平地上)

這是我們第一次在野外觀測到鼴鼠活動。一開始可能是受到光的刺激或隧道受損，鼴鼠發現了攝影機(圖十一、A)，所以牠先用鼻子聞一聞聞了 15 秒勘查環境，接著牠用前肢把鏡頭附近的土填起來，用土將攝影鏡頭埋住，攝影鏡明拍到牠活動的時間為 47 秒。接著在同個地點 18:08:41，鼴鼠從畫面右方出現在鏡頭前，一直在鏡頭前面不斷地嗅，可以清楚看見鼴鼠用鼻吻端將土推到鏡頭前，並在 18:08:50 時離開。過了約 6 秒，在 18:09:16 時，看到鼴鼠從畫面左方折返經過。

(二)2013_05_01，18:30，雨天 (地點:空曠平地上)

從 2013.4.29~2013.5.3 連下了 5 天的雨，環境很潮濕，土壤很鬆軟，在 2013 年 5 月 1 日又捕捉到鼴鼠的畫面，牠這次也發現了鏡頭，我們還是推測可能是攝影機的光線或隧道受損的因素而造成的，牠如同上次一樣用吻端撥土把隧道補起來(圖十一、C)，這次牠出現了 6 秒。

(三)2013_05_17，00:57，雨天 (地點:空曠平地上)

鼴鼠從鏡頭下方出現，鼻子先探出了鏡頭，牠的毛在鏡頭前可看得非常清楚，毛髮光亮有光澤，牠這次只在鏡頭前出現 4 秒，牠也一樣先用鼻子探查環境，而之後長達 47 秒的時間牠都在用吻端(圖十一、D)，把鏡頭用土埋住。

(四)2014_01_21，22:43，晴天(地點:大石頭旁)

在 22:43:36 時鼴鼠自鏡頭右邊出現，一開始牠的鼻子一直在鏡頭前動來動去，就像在嗅鏡頭來探查一樣，只能微微看到牠的身體在晃動，在 22:43:48 時，牠似乎是把鏡頭推開了，之後 11 秒的時間鏡頭完全看不到任何東西。

(五)2014_01_24，06:29，晴天 (地點:石像後方)

一開始可以看到土在被什麼東西撥動一樣，在 06:29:53 時，鼴鼠從右下角自鏡頭前一閃而過，前後花的時間才不過一秒鐘，後來土又再次被翻動，在 06:29:57 時，鼴鼠又從畫面右邊出現了一秒，之後鏡頭被移位，畫面就變為全黑。

六、隧道內的無脊椎生物多樣性：(圖十二、A-I)

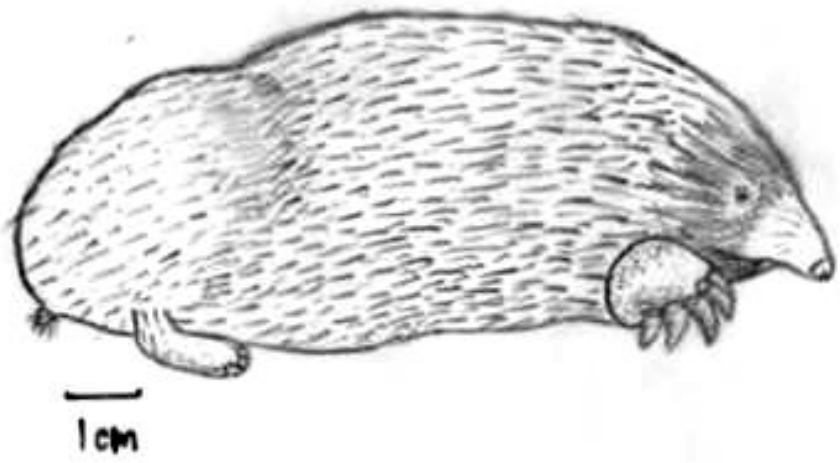
我們在觀測鼴鼠的地下隧道時，意外發現有許多的小動物也在隧道裡活動，我們共

記錄到有 11 種的無脊椎動物。記錄結果如下：黃紋放屁蟲、蜈蚣 1 種、鍬形蟲 1 種、蟬的蛹 1 種、螞蟻 2 種(棕色和黑色)、跳蟲 1 種、鼠婦 1 種，蟑螂 1 種。另有兩種在翻石頭時，發現蚰蜒 1 種及東方水蠊棲息在鼴鼠隧道內。

七、調查鼴鼠在地表隧道的活動情形：(表三，圖十三)

隨機取 12 個樣點作踩踏隧道的觀察，觀察日從 2014 年 2 月 10 日至 27 日進行實驗，前 5 天皆為雨天，我們發現 12 個樣點中，每天有 3~5 個樣點記錄到鼴鼠通過，其中樣點 2 號 4 天連續都有鼴鼠經過，顯示鼴鼠的活動相當頻繁，每天平均有 1/4 的樣點有鼴鼠通過。2 月 20 日後，天氣開始放晴，除了放晴的第一日，地表還很潮溼，有記錄到鼴鼠通過，接下來的 7 日，地表也逐漸變得乾硬，就沒有再記錄到鼴鼠通過隧道。我們發現鼴鼠在地表隧道遇到人為塌陷，有四種反應方式：一、鼴鼠從被踩塌的隧道重新挖掘通過。二、鼴鼠繞過被踩塌的隧道，在兩側另闢隧道，再繞回原本的路線。三、在被踩塌的隧道下方挖掘更深的隧道後，繞回原本的路線。四、鼴鼠只經過了一半被踩踏過的隧道就折返。

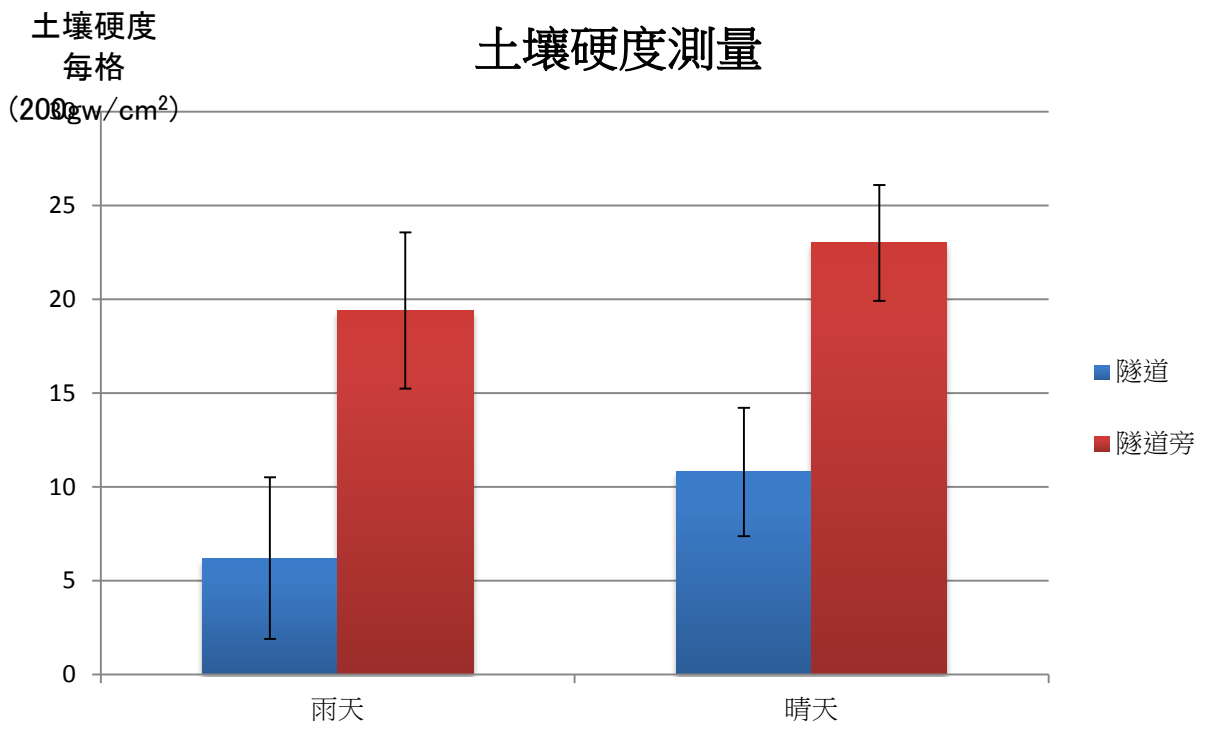
圖六



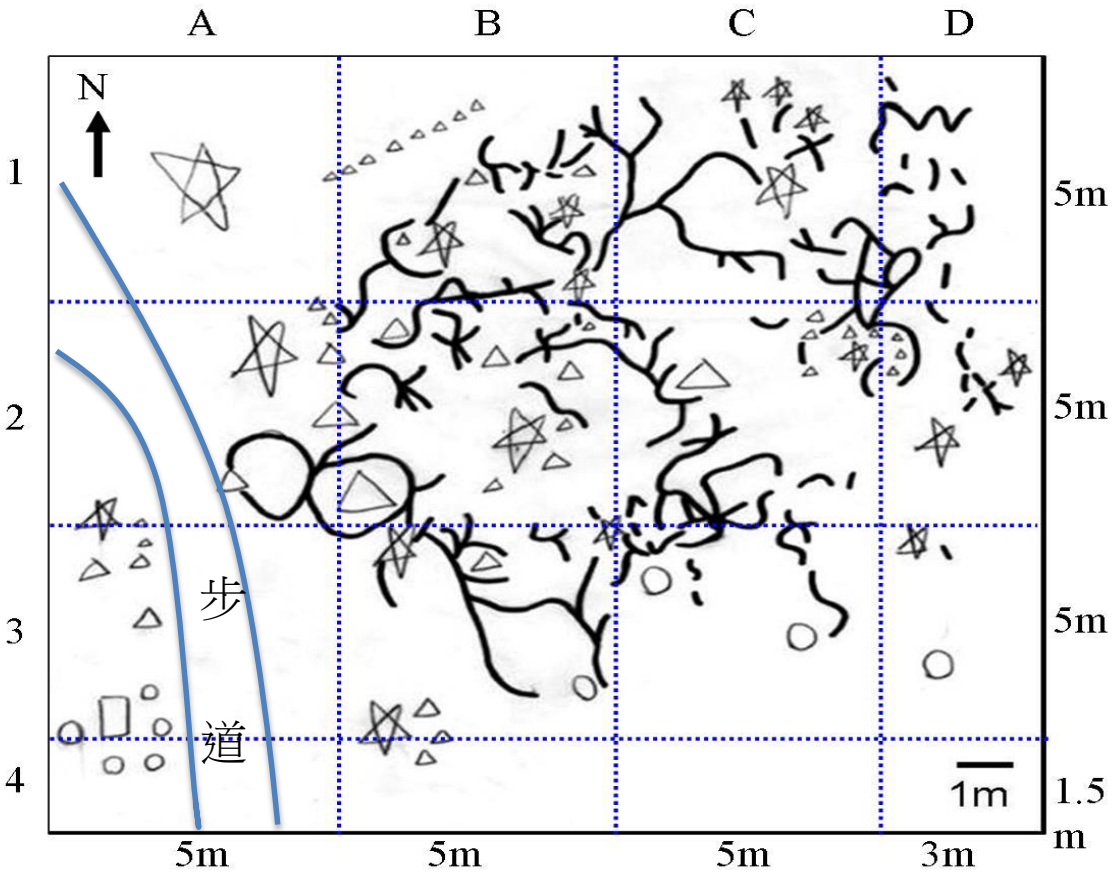
圖六、台灣鼴鼠外部形態：全身佈滿黑色的毛，有很大的前掌，很小的眼睛、很短的尾巴。

圖七、鼴鼠出沒的環境特徵：(A)鼴鼠所經過的隧道會在地表形成較硬的小土粒，顆粒大小介於 0.5 至 1.0 公分左右。(B-D)隆起的鼴鼠土丘，可以看到土丘的高度大約 5.2 到 6.0 公分。(E)在垂直的邊坡上，也可以發現鼴鼠隧道的蹤跡。

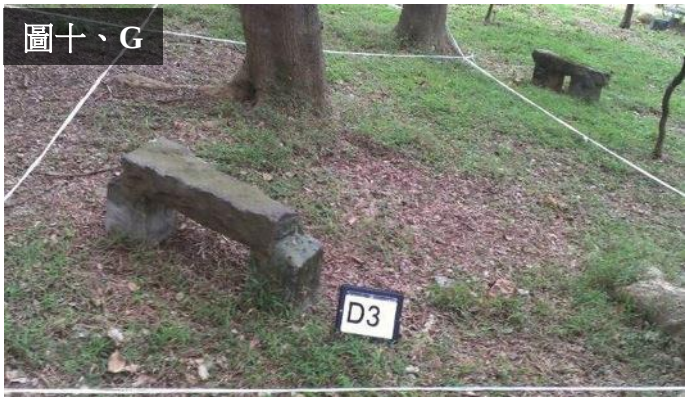
圖八、台灣鼴鼠地下隧道的特徵：(A)灌入石膏後，可以看見從地表到隧道的深度約 4.4 公分，而隧道的直徑大小約為 5.1 公分。(B)深度 4.0 公分，隧道直徑 2.7 公分。(C)深度 4.5 公分，隧道直徑 3.2，前方有一處較為膨大的房間直徑可達 6.3 公分。(D)深度 2.5 公分，隧道直徑 3.0 公分。(E)深度 8.5 公分，隧道直徑 5.5 公分。(F-H)將石膏灌入隧道，挖出凝固的石膏，可以觀察到隧道在地下分叉情形。



圖九、土壤硬度測量：藉由自製硬度計內的彈簧壓縮量可知，隧道上的土壤較隧道旁鬆軟，而且雨天也會使土壤變軟。誤差線代表標準差。



圖十、台灣鼴鼠地表隧道的分布：(A)台灣鼴鼠地表隧道的分布示意圖，實地照片詳見下頁圖十(B-G)。圖例:☆表示樹，△表示石頭，○和□表示人工石桌和石椅。



圖十、台灣鼴鼠地表隧道的分布：(B)為示意圖中的 A2，靠近步道的地方，土壤較硬，也沒有鼴鼠隧道通過。(C) 為示意圖中的 B2，有長較高的長草，而且底下有隧道，但鼴鼠並未造成草皮的死亡。(D)為示意圖中的 B3，隧道會沿著石頭旁延伸。(E)為示意圖中的 C2，可以在椰子樹下方看到較密集的隧道分布。(F)為示意圖中的 C3，榕樹根旁邊也有較密集的隧道，(G)為示意圖中的 D3 的部分，沒有明顯的隧道分布。

表一、土壤硬度測量：下表為晴天、雨天，隧道及隧道旁 15 公分處的土壤硬度測量，括號內數值為標準差。自製土壤硬度計的彈性係數為 50 (gw/格)，穿刺面為 0.25cm^2，每壓縮 1 格受到的壓力為 200gw/cm^2。

	雨天	晴天	單位
隧道	6.2(±4.3)	10.8(±3.42)	200gw/cm^2
隧道旁	19.4(±4.16)	23(±3.08)	

表二、估算每平方公尺蚯蚓的密度與補充率：蚯蚓移除第二週後平均補充率為 60%，經過四週後平均補充率高達 148%。推算出直線方程式：y = 0.51x - 0.42，y 為補充百分率；x 為週數，估算補充率為 100%時，x=2.78 週，約為 19 天。

樣區 (0.25m^2)	日期	蚯蚓隻數	蚯蚓克數	經過週數	平均蚯蚓重量(g/m^2)	再挖日期	再挖蚯蚓隻數	再挖蚯蚓克數	再挖平均蚯蚓重(g/m^2)	補充率
A2	2-May	38	8.83	4	36.44	5-Jun	32	9.21	53.81	148%
A3	9-May	36	6.98	4		6-Jun	46	23.72		
A4	9-May	47	10.89	4		6-Jun	36	11.34		
A5	15-May	33	9.74	4		12-Jun	31	9.54		
B10	20-May	18	2.91	2	31.09	3-Jun	20	4.28	18.68	60%
B11	21-May	7	8.07	2		4-Jun	1	0.13		
B12	23-May	22	4.88	2		6-Jun	1	0.14		
B13	26-May	54	15.23	2		9-Jun	46	14.13		

圖十一、野生台灣鼴鼠在隧道內活動情形：(A)左方是鼴鼠的鼻子，右邊的箭頭是鼴鼠的眼睛，牠的毛上有少許土粒。(B)鼴鼠具有很小的眼睛(如箭頭所示)。(C)可看到鼴鼠用鼻吻將土推到鏡頭前。(D)可清楚觀察到鼴鼠的鼻子，看起來很濕潤，是淡粉紅色的。

圖十二、隧道內的無脊椎生物多樣性：(A)鍬形蟲，(B)黃紋放屁蟲，(C)蟑螂，(D)蜈蚣，(E)蟬蛹，(F)糞金龜，(G)螞蟻，(H)鼠婦，(I)跳蟲，(J)蚰蜒(石頭下方隧道內)。

圖十三、(A)2/14 通過的隧道 8

圖十三、(B)2/14 通過的隧道 6

圖十三、(C) 2/14 通過的隧道②

圖十三、(D)2/17 通過的隧道 7

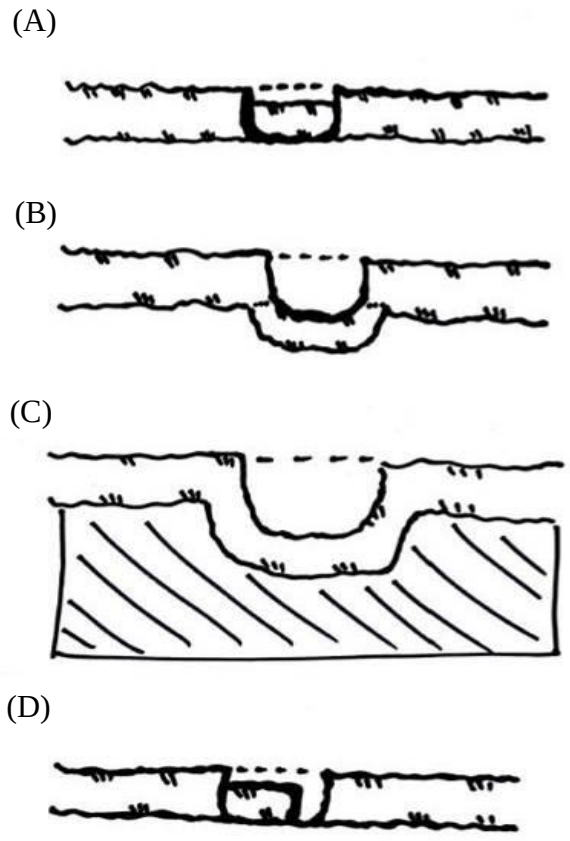
圖十三、(E)2/17 通過的隧道 10

圖十三、(F)2/18 通過的隧道 2

圖十三、(G)2/18 通過的隧道⑧

圖十三、(H)2/20 通過的隧道 2

圖十三、調查鼴地表隧道經過踩踏後，觀察鼴鼠的活動頻率：(A)-(F)鼴鼠選擇照原路通過，(G)隧道⑧的旁邊出現一條繞道經過，(H)鼴鼠走到塌陷位置的 2/3 位置又折返。



圖十五、鼴鼠遇見塌陷時的反應模式：

(A)鼴鼠從被踩塌的隧道重新挖掘通過。

(B)鼴鼠繞過被踩塌的隧道處，在兩側另闢隧道，之後再繞回原本的路線。

(C)鼴鼠在被踩塌的隧道下方挖掘更深層的隧道之後繞回原本的路線。

(D)鼴鼠只經過了一半被踩踏過的隧道就折返，另一半的隧道並無隆起，利用竹籤向下戳也沒有更深層的隧道。

表三、觀察鼴鼠在地表隧道的活動：

圖示：–實驗準備，X 未通過，○直接通過，Δ 從原隧道下方繞過，V 從塌陷旁邊繞過。

☆通過一半

樣點編號	2	3	4	5	6	7	8	9	10	②	④	⑤	通過總計
2/10 雨	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2/11 雨	O	O	X	X	△	X	X	△	X	△	X	X	5/12
2/12 雨	O	X	X	O	X	X	O	X	O	X	X	X	4/12
2/13 雨	O	X	X	O	X	X	△	X	X	X	X	X	3/12
2/14 雨	O	X	X	v	O	X	X	X	X	X	X	X	3/12

隧道編號	2	3	7	8	9	10	⑥	⑦	⑧	⑨	H	B	CE	通過總計
2/17 晴	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2/18 雨	O	X	O	X	X	X	X	△	v	X	X	X	X	4/13
2/19 雨	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	1/13
2/20 晴	☆	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2/13
2/21 晴	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0/13
2/22 晴	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0/13
2/24 晴	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0/13
2/25 晴	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0/13
2/26 晴	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0/13
2/27 晴	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0/13
2/28 晴	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0/13

陸、討論

一、台灣鼴鼠外部形態：根據林良恭(2008)提到台灣鼴鼠和高山的鹿野氏鼴鼠可以區別的地方是：鹿野氏鼴鼠的尾巴較長、吻部較長、毛色較黑，另外還有一個可分辨兩者的特徵，鹿野氏鼴鼠的吻端細長，台灣鼴鼠的吻端相對則較短。

二、鼴鼠所挖掘的隧道，會形 0.5 至 1.0 公分的圓硬土顆粒，這些地表的圓土顆粒，和底下的中空隧道，在雨天時可以形成類似排水良好的水溝。在晴天時，這些中空的隧道則有助於空氣的流通，增加固氮菌的生長，使土壤肥沃。從測量出的土壤硬度數據中，明顯可以發現有鼴鼠隧道經過的地方土壤硬度較軟，彈簧壓縮量較小，沒有隧道經過的地方則反之。而雨天時土壤硬度會較晴天小，所以鼴鼠挖起隧道比較省力，也可以解釋為什麼在我們雨天時容易發現新的鼴鼠隧道。雖然農夫認為鼴鼠對農作物有害，但我們認為適當的鼴鼠活動將有助於維持土壤蚯蚓和蠕蟲的數量，達到生態平衡。

三、調查鼴鼠隧道在校園內出現的環境：鼴鼠隧道大多分布在較少干擾的地方或空曠的平地或石頭旁和樹枝下，而沒有鼴鼠地表隧道分布的地方，相較之下土質堅硬。鼴鼠地表隧道上的土粒約 0.5cm，顆粒較一般平地上的土粒大，是由於鼴鼠不斷搓動隧道土壤所形成的，推測這樣大小的土粒擁有良好的滲水功能。我們發現隧道大部分分布在相思樹、榕樹下，所以我們推論在遮蔽率較高之處隧道分布較密集，根據文獻中寫到，鼴鼠的巢穴大多在樹下或石頭下，可能是遮蔽物通常較靠近鼴鼠的巢穴。在樹根或石頭旁的鼴鼠隧道會比較密集且環繞呈現放射狀，可能是鼴鼠的主要覓食場所。另外，人為踩踏較多的地方，隧道會較少。這樣的行為讓鼴鼠受到干擾，我們推測牠可能改變了隧道路線至較深的土層，或是將隧道遷移它處，目前我們只知道人為的踩踏會對地表隧道分布造成影響，但我們並不知道鼴鼠受到影響後的行為，有待我們繼續深入研究。

四、探究台灣鼴鼠生存所需的最小土地面積：在調查蚯蚓的過程中我們發現地表往下約 5 公分的淺層土壤會出現大量的黃頸蜷蚓(圖，再繼續往下挖蚯蚓的數量也會隨之漸漸減少，我們推測由於蚯蚓需要氧氣，因此鼴鼠也多半在淺層活動，而蚯蚓為清除者，植物根部附近的土壤有機質較多，所以蚯蚓較常在淺層活動。在雨天時，除了黃頸蜷蚓之外，可以在地表深 10 公分處挖到少量的參狀遠環蚓出來活動，其重量約是黃頸蜷蚓的十倍，依據取食的能量推論，鼴鼠會比較偏好大型的，參狀遠環蚓為了呼吸跑到淺層土壤，鼴鼠也跟著牠們到淺層土壤，說明了為什麼在雨天時鼴鼠會在淺層土壤中移動。Gorman 和 Stone(1990)也提到蚯蚓有夜週期性及季節性，乾季時，蚯蚓會往較深的土壤移動，因此這和我們在晴天時較難記錄到鼴鼠在地表活動吻合，因為鼴鼠隨蚯蚓轉往深層隧道覓食，並提到鼴鼠具有領域的行為，所以我們認為土壤的蚯蚓密度會影響著鼴鼠領域的大小，若蚯蚓密度變少，鼴鼠就必須擴大牠的範圍來覓食。另外我們在估算補充率時，發現第四週的補充率高達 148%，我們推測由於四週前挖掘造成土壤變得鬆軟透氣，反而吸引蚯蚓前來棲息，因此我們大膽假設，鼴鼠的隧道具有良好的透氣性，因此反而會吸引需氧的蚯蚓前來自投羅網，我們將在後續的實驗中測試，也持續觀測 6 至 8 週蚯蚓補充率的變化，釐清這些奇怪的現象。

五、觀測野生台灣鼴鼠在隧道內活動情形：我們試著在野外直接觀察台灣鼴鼠的行為，由於在野外沒有電源，無法用攝影機直接長時間觀察，而且電腦連續錄影的影片的檔案過大，造成記憶體不足，加上電力不夠持久，一直沒辦法成功。後來我們在網路上找到了一種

免費的錄影監控軟體 iSPY，它能夠在有動物經過的情況下才錄下畫面，大大地減少了記憶體的使用，另外透過小型筆記型電腦和外加的車用電池，增加了攝影的時間至 6-8 小時。由於無法觀測鼴鼠全天候的生活作息，而且我們使用的攝影鏡頭是 LED 的白光，加上埋設鏡頭的洞口有光線，所以會吸引到一些趨光性的昆蟲。而由於我們曾經用樹枝插在隧道中央，但卻沒有觀察到樹枝有什麼變化，我們希望在未來能結合拍攝鼴鼠在隧道內活動情形的實驗和插竹籤的實驗來觀察鼴鼠遇到障礙物會如何反應。我們在實驗中共記錄到六次有鼴鼠出現的畫面，前三天我們是在同一個樣點，分別是 2013_04_23 的兩次記錄和 2013_05_01 的一次記錄；2013_05_17 有記錄一次。2014_01_21 有記錄一次，是在繞著大石頭旁的隧道錄製到鼴鼠出現的；2014_01_24 有一次的記錄是在草地的隧道錄製到的，我們推測這三種不同的地點出現的鼴鼠為三隻不同的鼴鼠，我們提出了兩種假說：一、時間相近：在前三天錄到鼴鼠出現的影片，日期相近，我們猜測是同一隻鼴鼠在相同隧道出現。二、地點相同：前四次的記錄和第四天和第五天分別是在不同地點的隧道錄到鼴鼠出現，我們推測他們是分布在不同區域的鼴鼠，因為有換了三次地點所以我們推測可能有三隻不同的鼴鼠。另外，我們記錄到鼴鼠出現的時間有 00:10、18:08、18:30、00:57、22:43、06:29，前四次紀錄的時間點是在同一空曠平地樣區，活動時間間隔大約是 6 小時，所以判斷可能為同一隻鼴鼠；第五次和第六次則分別是在不同樣區拍攝的，所以無法正確觀察出他們的作息時間。我們也發現鼴鼠發現攝影鏡頭時，都會將鏡頭用土埋住，使得觀測無法持續進行，只有一次是直接通過而沒有埋住，推測是牠可能沒有發現到鏡頭的光線，未來若使用紅外線攝影的方式可以較不會干擾到野生動物的活動。

六、觀察鼴鼠在地表隧道的活動頻率：

(一)我們一開始觀測鼴鼠是否有經過隧道的方式是在地表隧道上插入樹枝或竹籤，隔天再將樹枝或竹籤拔起，觀察樹枝或竹籤是否有什麼變化。我們推測若此隧道有鼴鼠經過，那麼鼴鼠可能會將樹枝或竹籤咬斷，藉此辨別鼴鼠是否有經過隧道。但沒有一根竹籤有咬痕，所以我們推測鼴鼠有可能會避開隧道上的障礙物繼續爬行。

(二)踩踏隧道實驗：後來我們改以踩踏隧道的方式來觀察鼴鼠在地表的活動，果然成功記錄到鼴鼠通過隧道留下的痕跡，我們做了三週的實驗，當中遇到了晴天和雨天，晴天時，我們所記錄到的隧道活動幾乎是零，也就是鼴鼠並未通過我們踩踏過的隧道，然而在雨天時，相同的踩踏地點，鼴鼠在地表的隧道有明顯的結果平均有 1/4 的踩踏點有記錄到鼴鼠通過。我們提出了兩種假說解釋原因：1.土壤硬度假說：晴天時土質較乾燥，且硬度較大，鼴鼠爲減少體力，不會很頻繁的挖開塌陷的隧道。2.蚯蚓來源假說：我們推測鼴鼠和蚯蚓原本晴天時都在較深的土層棲息，但雨天時蚯蚓因為淹水而缺乏氧氣，跑到地表，使鼴鼠也跟著蚯蚓一起跑到較淺的土層覓食，但還需要更進一步的研究。

(三)、實驗結果之討論 ： 經過三週的實驗，我們在有發現有鼴鼠經過的地表隧道處，有四種實驗結果:1.鼴鼠直接從被踩硬的隧道爬過去─我們推論牠沒有發現隧道已遭到破壞，便照慣的 爬過，使隧道在原本踩塌處再次隆起 2.鼴鼠繞過被踩塌的隧道處，在兩旁另闢隧道，之後再繞回原本的路線─我們推論因為被踩塌的隧道處硬度增加，使鼴鼠無法照原路線繼續前進，而向兩旁改變了路線 3.鼴鼠在被踩塌的隧道下方挖掘更深層的隧道之後繞回原本的路線─我們推測鼴鼠因為土壤變硬，所以不能繼續前進，而向下另闢隧道 4.鼴鼠只經過了一半被踩踏過的隧道。

七、觀察台灣鼴鼠隧道內的生物多樣性：在蟻巢內除了螞蟻之外，還會有其他小生物和螞蟻一起共同生活在蟻穴內，稱為「蟻客」。我們由此現象有了一個突發奇想─會不會在鼴鼠隧道內也會有這種現象發生？也許有其他小動物也和鼴鼠共同生活在隧道內，一起使用隧道，所以我們決定嘗試將攝影鏡頭埋入隧道，觀察經過的生物。在這些生物當中，由於鍬形蟲、黃紋放屁蟲、糞金龜、螞蟻、跳蟲都具趨光性，所以我們推測它們是受到攝影機光線的吸引而靠近，並非與鼴鼠共用隧道；而具負趨光性的生物有：蚰蜒、蜈蚣、蟑螂、東方水蠊、鼠婦，所以我們推論它們是與鼴鼠共同使用隧道的生物；另外，由於蟬的蛹無移動能力，所以我們推論它是原本就在那裡的，與鼴鼠無關，而對於鼴鼠和這些無脊椎動物之間的互動關係，仍有待釐清。

柒、結論

台灣鼴鼠，對許多台灣人而言可能很陌生，也可能在許多人的眼中被視為唯恐不及的有害動物，鼴鼠的生存也常常受到農藥、捕獸夾的威脅，但關於牠們的資料卻是少之又少，我們很幸運地能夠在校園中就能找到他們的蹤跡，這使我們很純粹的想要認識牠、了解牠，由於鼴鼠終年在地下活動，想要認識牠們也是相當不容易，經過近兩年來的研究努力，透過影片的記錄中親身觀察到野生鼴鼠在地下的活動情形，雖然只記錄到六次，卻是彌足珍貴的收獲，也更了解關於台灣鼴鼠的生活環境、隧道分布、生存所需最小面積等未知的生態資訊。在我們的研究中還有許多的不足，我們希望能持續探索鼴鼠在地下未知的祕密，增進民眾對本土物種的生態認識，讓大家能對於台灣鼴鼠有更進一步認識，珍視我們身旁的「本土家人」。

捌、參考資料及其他

一、Nagamichi Kuroda, D. Sc(1952)。*Mammalogical History of Formosa, with Zoogeography and Bibliography*. **Quarterly Journal of the Taiwan Museum, 5**:267-304。

二、Gorman Martyn L., Stone R. David (1990)。**The Natural History of Moles**. Comstock Publ. Associates, Cornell Univ. Press, Ithaca, New York, viii + 138 pp.

三、吳海音(1999)。臺灣哺乳類的生態教育。**環境教育季刊，39**，78-90。

四、國立台灣師範大學生物學系七十七年暑期生態研究隊(1989)。臺灣東部自然資源調查研究報告。**師大生物報，24**，149-175。

五、張育誠、高梅婷、陳姿言、曾惠芸、許鴻龍(2012)。地下通勤族──淺談臺灣鼴鼠生態習性及飼養方法。**自然保育季刊，80**，43-51。

六、施錫彬、游俊明(2000)。台灣土撥鼠防治。**農政與農情，102**，79-81。

七、林俊義、林良恭(1983)。台灣哺乳類的動物地理初探。**省立博物館科學年刊，26**，53-6。

八、林俊義、林良恭(1983)。台灣陸生哺乳動物學研究史。**省立博物館科學年刊，26**，37-51。

九、林文隆、葉金彰(2002)。大肚溪口與鰲鼓渡冬短耳鴞(*Asioflammeus*)食性初探。**特有生物研究，4(2)**，63-71。

十、林良恭、歐保羅、于名振(1987)。阿里山遊樂區小型哺乳動物之調查。**東海學報，28**，

669-682。
十一、 祈偉廉(2008)。**台灣哺乳動物**。台北市：**天下文化。**
十二、 鄭錫奇、張簡琳玟(1998)。台灣陸域野生哺乳動物之介紹。**自然保育季刊**，23，18-27。

【評語】030305

使用一般國中生能操作的簡單工具，獲得台灣鼴鼠在野外活動生存環境及生活行為的相關資訊。地表隧道會發生誤會，建議應改為地表下的隧道或淺層地下隧道，另繼續追查台灣鼴鼠地表下的隧道是否相通及其與台灣鼴鼠生存的關係、台灣鼴鼠糞便觀察等。