

# 中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

國中組 生物科

第一名

030302

「蜈」可取代的多腳魔王—探討長足衛蜈蚣的型態與生態行為

學校名稱：臺南市私立長榮高級中學(附設國中)

作者：	指導老師：
國二 李品澔	卓猛暉
國二 謝允斌	黃怡倩
國二 孫榆恩	

關鍵詞：長足衛蜈蚣、型態、生態行為

## 得獎感言

### 參加全國科展榮獲國中生物第一名的感想

超開心我們的蜈蚣研究能拿到全國第一名！從一開始對牠們又怕又好奇，到慢慢培養感情，最後居然成了「莫逆之交」，真是神奇的緣分。感謝三位超耐心的指導老師——卓猛暉老師、黃怡倩老師與楊志鴻老師——就像蜈蚣的每一隻腳一樣，帶著我們一步步前進；還有兩位神隊友，雖然我們只有兩隻腳，但努力起來的速度可一點也不輸蜈蚣。

兩年的努力研究與每日悉心照顧，終於換來最美好的成果。從最初在茫茫資訊海中尋找題目，到站上全國科展生物科冠軍的舞台，一切宛如夢境卻又歷歷在目。這段旅程並非一帆風順，我們遇過無數挑戰，但每一次困難都被團隊的默契與堅持化解。

感謝每一位耐心聆聽我們報告、給予建議的學長姐，你們的提醒讓我們一次成長；感謝老師們在假期從遠方趕來集訓、還有每一次老師都帶我們到鄉下的農田採集蜈蚣，每次的出遊採集都令我們印象深刻。老師們在賽事間抽空帶我們放鬆，並不厭其煩地修正我們的不足；感謝隊友們在我狀態不佳時給予鼓勵與幫助；也感謝家人與同學的支持與打氣，讓這段科展之路充滿力量。

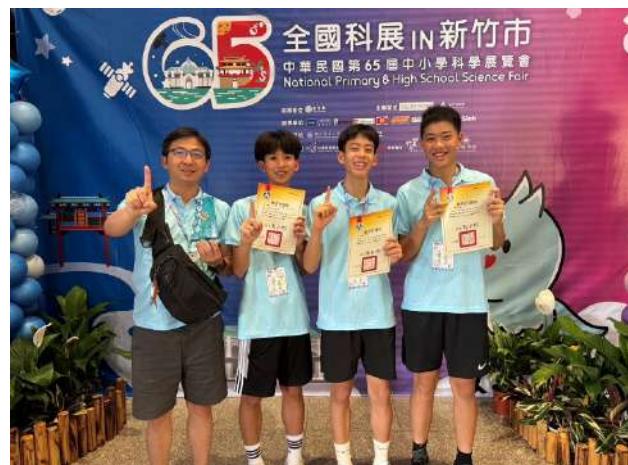
這次的科展不僅讓我深入認識了長足衛蜈蚣，更讓我學會了永不放棄與堅持到底的精神。正如那句話所說：「偉大的作品，不是靠力量，而是靠堅韌不拔的毅力與不放棄的精神。」雖然我們的獎盃不像蜈蚣有很多腳，但我們的方向永遠一致——向前！這段旅程將成為我國中最難忘、最珍貴的回憶，也會成為我未來繼續發光發熱的力量來源。



老師帶我們到鄉下的農田進行野外的蜈蚣採集



我們在新竹全國科展賽前進行模擬發表並留下最佳五人團體照



蜈蚣科展團隊榮獲全國生物科展生物組第一名

## 摘要

長足衛蜈蚣 *Rhysida longipes* 是台灣常見的蜈蚣，棲息在潮濕、陰暗的隱蔽處或泥土與腐植土，族群為叢生分佈。春夏季是成蟲交配與產卵高峰期，生存曲線為平均死亡型。幼蟲蛻皮八次成為成蟲，由頭部往尾部蛻皮。體長與棲息土壤深度呈正相關。少水土壤會鑽入較淺的表土層，無水土壤會鑽入較深層。氣溫過高或過低，棲息在深層土壤。喜愛捕食會動的昆蟲，耐餓程度高，會清潔步足、觸角。有趨地性、負趨光性。成蟲對水的耐受度比五齡幼蟲高。最喜愛棲息在腐木高保濕性的遮蔽物。小型棲地，蜈蚣領域重疊度高，打鬥頻率最高。主場蜈蚣容易攻擊客場蜈蚣，將入侵者視為競爭對象，有較高的領域防衛行為。大型蜈蚣攻擊小型蜈蚣次數較多，在咬合與攻擊對方時較佔有優勢。

## 壹、前言（含研究動機、研究目的、文獻回顧）

### 研究動機

我們假日回鄉下探望爺爺，偶爾也會到爺爺的農田幫忙農務，有時候我們幫忙搬盆栽時，總是會發現蜈蚣躲在盆栽下方土壤中。因為蜈蚣的爬行速度很快，我們都來不及好好觀察蜈蚣的構造。我們查詢網路資料發現我們看到的蜈蚣是野外最常見的長足衛蜈蚣。因為有關蜈蚣相關文獻書籍很少，我們想藉由飼養長足衛蜈蚣，並利用學校的顯微鏡設備與實驗器具，更深入的探討長足衛蜈蚣的生活史、型態構造以及各種特殊的生態行為。

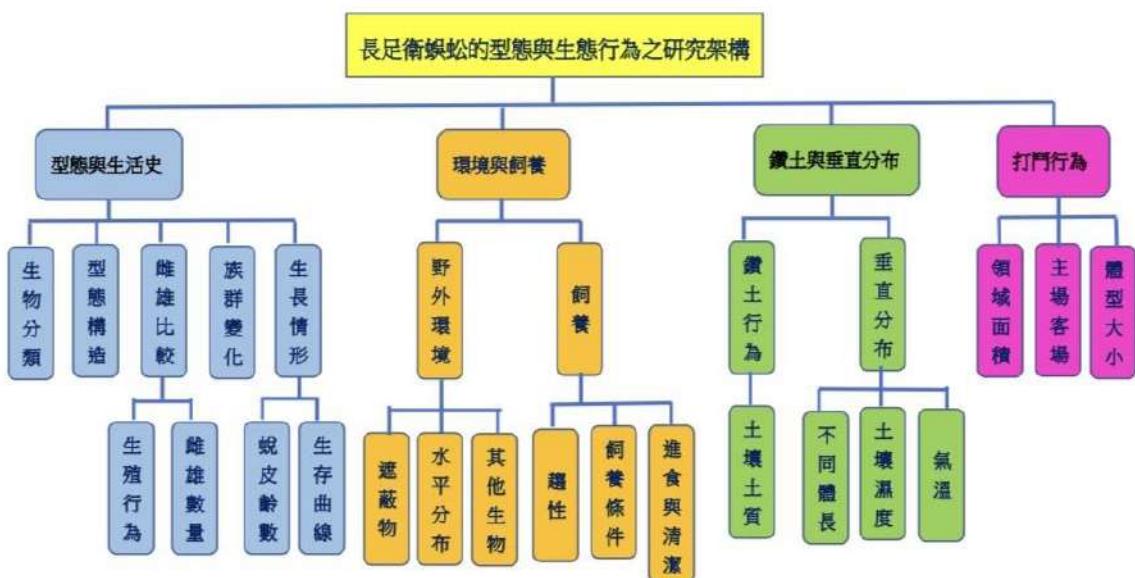
### 研究目的

- 一、了解蜈蚣的型態與分類並探討長足衛蜈蚣的生活史與成長情形。
- 二、了解長足衛蜈蚣的棲息環境與飼養方法。
- 三、探討長足衛蜈蚣的鑽土行為與在土壤中垂直分布的情形。
- 四、探討長足衛蜈蚣的打鬥行為。

### 文獻回顧

作者	研究題目	前人研究的重要論點	我們的好奇或疑問
趙瑞隆 張學文	從台灣唇足動物的生物多樣性與系統分類	基於文獻分析與比對台灣的標本，可列出台灣產的唇足動物有 63 種分別屬於 4 目 12 科 21 屬；其中蜈蚣目(Scolopendromorpha)可分為 3 科 5 屬 16 種。	我們想了解長足衛蜈蚣的生物分類方法與了解不同種類蜈蚣的形態構造是否有差異性？
倪文娟 等十六名	全國中小學科展作品第 20 屆--民國 69 年 作品 名稱：蜈蚣簡介	<b>一、棲息環境：</b> 垃圾堆和竹林出現的蜈蚣隻數較多，是因為蜈蚣多喜食小昆蟲， <b>垃圾堆</b> 由於長期腐物堆積，而竹林底部多舖上 <b>腐植堆肥</b> ，因此蚊蠅蛇蚋也就較多，捕食容易。 <b>二、採集與飼養：</b> 蜈蚣喜歡生活在陰暗潮濕的地方，白天多潛伏在地下，晚上才會出來捕食，我們發現蜈蚣大多是數隻聚集在一個	<b>一、棲息環境：</b> 若蜈蚣在有遮蔽物的環境，會選擇躲藏在遮蔽物下方嗎？若環境無遮蔽物時，是否會選擇鑽土而躲藏在土壤中？ <b>二、採集與飼養：</b> 長足衛蜈蚣是否為夜行性？是否傍晚以後

		洞穴內，一被發現便四處逃竄，並不主動攻擊人類。採集到的蜈蚣我們用飼養箱，餵以昆蟲、蚯蚓等小動物來飼養，以便隨時觀察。	才會出來活動與捕食？長足衛蜈蚣族群是否屬於叢生分布？
趙瑞隆 2004	古籍中的唇足動物	<b>一、警戒</b> ：蜈蚣警戒時會高舉最後步足。 <b>二、族群數量變化</b> ：天冷時冬眠於土中，春暖時節才出現，每年七、八月大量盛產，且多在陰雨前後活動。	<b>一、如何表現警戒的行為？</b> <b>二、氣溫是否會影響蜈蚣在土壤的垂直分布？是否有冬眠行為？在土中是否有特殊行為？</b>
趙瑞隆 2003	台灣蜈蚣的概論	<b>食性</b> ：蜈蚣在生態上扮演捕食者，常捕食土壤中的小型動物。整體而言，牠對人類有益，因為牠們可以抑制一些害蟲的數量。	長足衛蜈蚣與土壤中其他生物是否有交互作用？蜈蚣喜愛捕食何種類別的生物？
我們的見解與設計研究架構	關於長足衛蜈蚣的研究，除了部分文獻有 <u>探討蜈蚣的棲息環境與飼養方法</u> ，我們在統整許多文獻資料後產生好奇心，所以我們列出三項『 <u>前人還沒研究過的內容</u> 』，有 <u>形態分類與生活史、鑽土行為與在土壤中垂直分布的情形、打鬥行為</u> 等主題，來探討長足衛蜈蚣特殊的生態行為，整篇研究的架構如下：		



## 貳、研究設備及器材

- 採集的用具：採集箱、高筒型採集桶、鏟子、手套(務必配戴，以保護安全)、鐵盆。
  - 飼養與實驗的設備與材料：各種大小透明飼養箱、噴水瓶(定期噴水保持濕度)、腐質土、砂土、礫土、水苔(保濕用)、枯葉與腐木、扁形柱狀的透明觀察箱(方便觀察蜈蚣鑽土深度)。
  - 實驗的器材：溫度計、培養皿、土壤溫度測量計、方格紙、測量尺、強力手電筒與LED檯燈、碼表、pH值檢測器(檢測土壤酸鹼值)、智慧型手機、解剖顯微鏡、複式顯微鏡。
- ※特別說明：此篇作品說明書30頁內的所有照片皆由同學或指導老師協助拍攝。

## 參、研究過程、方法、結果及討論

### 一、了解蜈蚣的型態與分類並探討長足衛蜈蚣的生活史與成長情形。

## (一)了解蜈蚣的種類與分類：

方法	1. 網路查詢文獻資料以探討了解蜈蚣的種類與分類。 2. 網路查詢長足衛蜈蚣的生物分類地位與相關資訊。			
結果	1. 蜈蚣的種類與分類： (1) 蜈蚣屬於唇足動物，因左右第一小顎的基節相接觸，形狀類似下唇，因而得名。唇足綱屬於節肢動物門，單肢動物亞門。大多數的唇足動物的體型扁平細長，軀幹部的第一對附肢特化為巨大的毒鉤，藏在其頭部的下方。頭部的背面為頭板所覆蓋，頭部前緣具有一對觸角，軀幹部的每一個體節上，皆具有一對步足。 (2) 唇足綱分四個目：步足數和觸角節數是分類的依據 A 蜈蚣目( <i>Scolopendromorpha</i> )：21或23對步足，觸角為17~33節。 B 地蜈蚣目( <i>Geophilomorpha</i> )：31~181對步足，14節觸角。 C 石蜈蚣目( <i>Lithobiomorpha</i> )：15~191對步足，拖曳肢較長，觸角為18~100節。 D 蛭蜓目( <i>Scutigeromorpha</i> )：15對特別長的步足，其觸角也很長，並可分為二段，由百餘個小節組成。			
蜈蚣目				
地蜈蚣目				
石蜈蚣目				
長足衛蜈蚣				
無棱衛蜈蚣				
張氏地蜈蚣				
石蜈蚣				
拖曳肢				
頭部				
速度	很快	很快	最慢(可倒退行走)	較慢
產卵數	較少	較少	較多	最少
棲息	棲息在地表和淺層土壤，枯枝朽木堆下	棲息在潮濕枯木、石頭下方或洞穴入口	農田或高濕度草地含有機質且鬆軟的土壤中	主要棲息在枯葉層下，不會鑽入深層土壤
(3) 網路上查詢到中山大學生物科學系趙瑞隆與張學文老師提供台灣63種唇足綱動物名錄。唇足綱總計有12科、21屬、63種。蚰蜓目為1科3屬4種。石蜈蚣目為為2科4屬19種。蜈蚣目為為3科5屬16種。地蜈蚣目為為6科9屬24種。				
左方圖片出自趙瑞隆老師的論文： 古籍中的唇足動物				

圖 1 唇足動物：a. *Metaphalangium* (Mentelin, 1865)<sup>28</sup> ; b. *Geophilus* (Taubenheim, 1940)<sup>29</sup> ;

c. *Geophilus* (Maurton, 1965)<sup>30</sup> ; d. *Leptobius* (Lawrence, 1954)<sup>31</sup> .

	<p>(4)台灣現有的蜈蚣目有 16 種，分別屬於以下 3 科：</p> <p>A 蜈蚣科 Scolopendridae：頭部兩側各有 4 個成叢的單眼。</p> <p>B 盲蜈蚣科 Cryptopidae：無眼、21 對步足。</p> <p>C 棘盲蜈蚣科 Scolopocryptopidae (包含 Scolopocryptops 屬)：無眼、23 對步足。</p> <p>(5)台灣的蜈蚣科有三個屬：</p> <p>A 蜈蚣屬 <i>Scolopendra</i>：身體側面氣門呈三角形，內有三片扉瓣。</p> <p>B 耳孔蜈蚣屬 <i>Otostigmus</i>：氣門呈圓卵形，氣門內無指狀凸起；第七體節無氣門。</p> <p>C 衛蜈蚣屬 <i>Rhysida</i>：第七體節具一對氣門，且氣門呈卵圓形，氣門內具指狀突起。</p> <p>2.長足衛蜈蚣的生物分類屬於：<i>Kingdom Animalia</i> 動物界 → <i>Phylum Arthropoda</i> 節肢動物門 → <i>Class Chilopoda</i> 唇足綱 → <i>Order Scolopendromorpha</i> 蜈蚣目 → <i>Family Scolopendridae</i> 蜈蚣科 → <i>Genus Rhysida</i> 衛蜈蚣屬 → <i>Rhysida longipes</i> Newport, 1845 長足衛蜈蚣 長足衛蜈蚣屬於中小型的蜈蚣科，是台灣中南部中最常見的蜈蚣。身體扁長，有 21 對步足，頭上有二觸角，頭部呈暗紅色，步足呈淡黃色，軀幹背部墨綠色，腹部黃色。</p>
--	--

## (二) 探討長足衛蜈蚣的形態構造：

方法	1.利用解剖顯微鏡拍攝長足衛蜈蚣的外部構造，觀察其形態構造，並畫下身體各部位構造。 2.從文獻資料和網路資訊，了解長足衛蜈蚣的型態構造及相關知識。																				
結果	長足衛蜈蚣身體分頭部和軀幹部，體型扁平細長，全長80mm~110mm。雌性體型大於雄性。																				
實驗結果	<p>1.蜈蚣的外部型態與構造：進行手繪圖</p> <p>(1) 頭部—眼睛、觸角、口器。</p> <p>◎眼睛：頭部兩側各有4個成叢的單眼。單眼隨著幼蟲齡數增加會由淺褐色轉變為深褐色，而成蟲呈黑色。</p> <p>◎觸角：頭部前緣有一對觸角，具有感覺與嗅覺的功能。觸角分為18節，但會有少數變異。</p> <p>◎口器：由大顎一對、小顎二對所組成。第一體節的一對附肢特化為巨大鉤狀的顎肢，位於頭部的腹面，大顎(毒鉤)發達，其內有毒腺，開口於毒鉤的前端，可分泌注射毒液。顎肢可以攻擊獵物或自衛。小顎癒合為一板狀的小顎板，基胸板前緣具有齒板。</p>																				
	<table border="1"> <tr> <td>眼睛</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>頭部為感覺與攝食的中心</td> <td>一齡幼蟲4個淺褐色單眼</td> <td>三齡幼蟲4個深褐色單眼</td> <td>成蟲有4個深黑色單眼</td> </tr> <tr> <td>觸角</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>一齡幼蟲觸角共分18節</td> <td>頭部前緣的一對觸角有18節</td> <td>休息時，觸角呈捲曲</td> <td>爬行時，觸角不捲曲</td> </tr> </table>	眼睛						頭部為感覺與攝食的中心	一齡幼蟲4個淺褐色單眼	三齡幼蟲4個深褐色單眼	成蟲有4個深黑色單眼	觸角						一齡幼蟲觸角共分18節	頭部前緣的一對觸角有18節	休息時，觸角呈捲曲	爬行時，觸角不捲曲
眼睛																					
	頭部為感覺與攝食的中心	一齡幼蟲4個淺褐色單眼	三齡幼蟲4個深褐色單眼	成蟲有4個深黑色單眼																	
觸角																					
	一齡幼蟲觸角共分18節	頭部前緣的一對觸角有18節	休息時，觸角呈捲曲	爬行時，觸角不捲曲																	

口器				
	口器具大顎一對及小顎兩對	第一體節附肢特化為鉤顎肢	顎肢的基胸板前緣有齒板	小顎構造類似嘴唇外型

(2) 軀幹—體節、步足、氣門：

◎體節：身體有幾丁質外殼，身體背面呈墨綠色，**背板兩側有框邊緣**，但腹部呈黃色。長足衛蜈蚣具有**21個體節**(步足節)。生殖腺開口於生殖節(隱藏在第21步足節內)，雄性排出精莢，雌性納入體內，屬於體內受精。長足衛蜈蚣的尾部看起來像頭部，可用來迷惑捕食者，使敵人攻擊錯誤位置。尾節的感覺毛可輔助移動並幫助感知環境。

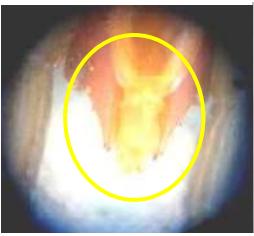
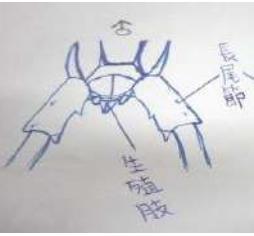
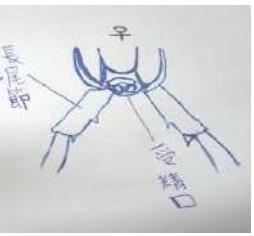
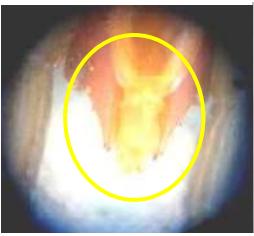
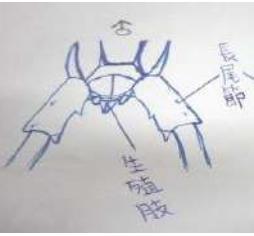
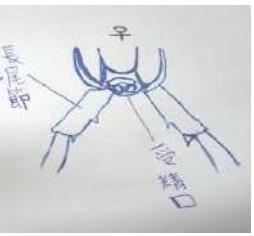
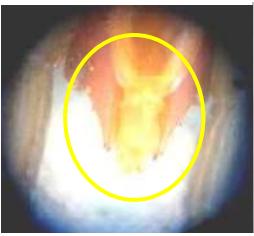
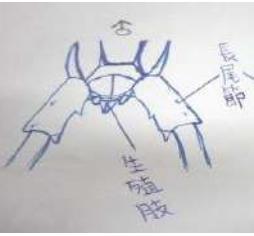
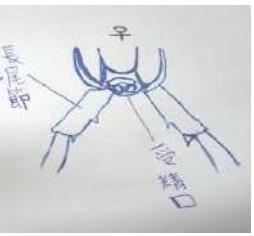
◎步足：長足衛蜈蚣的步足為**透明淡黃色**，有時略帶淡藍色，每個步足節均具有1對步足，共21對步足，可快速運動。步足則由**七個分節**所組成，最後一分節為黑色的勾爪。前幾對步足用來捕捉獵物和探索環境，後面的步足則負責推動身體前進，呈波浪形步態，藉由左右交替的運動方式協調各對步足的動作，達到流暢而快速的爬行效果。軀幹最後體節特化出**拖曳肢**，與步行無關。警戒時會高舉拖曳肢。

◎氣門：用氣管系統呼吸，身體兩側有氣門(卵圓形)交換氣體。**第3、5、7、8、10、12、14、16、18、20步足節都有氣門(共10對氣門)**，氣門內有**指狀突起**。只有長足衛蜈蚣的第七步足節具一對氣門。

體節				
	軀幹為蜈蚣運動中心	成蟲體長全長約8公分	長、短體節呈間隔分布	身體由21個步足節組成
步足				
	成蟲體節腹部呈黃色	成蟲體節背部呈墨綠色	一齡幼蟲的體節呈乳白色	成蟲軀幹明顯大於幼蟲
步足				
	淡黃色的步足	步足由七個分節組成	步足共有21對	每個步足節有一對步足
	步足的末端有黑色勾爪	警戒時會高舉拖曳肢	拖曳肢有棘狀物突起	拖曳肢少一根不影響活動

	氣門			
		身體兩側有卵圓形的氣門	卵圓形的氣門有指狀突起	身體繞成圓形 身體呈 L 型 身體呈 S 型 蜈蚣運動時，身體軀幹外型可呈現多樣化

### (三) 長足衛蜈蚣雌雄的區別：

方法	1.我們利用解剖顯微鏡拍攝，觀察長足衛蜈蚣體節上的生殖器，來分辨公母。 2.我們利用手機拍攝，觀察長足衛蜈蚣體型差異，來分辨公母。另外，將採集來的蜈蚣，做雌雄的分類，並將雌雄的數量紀錄下來。										
結果	1.長足衛蜈蚣沒有雌雄異形態(部分種類有雌雄異形態，如赤蜈蚣 <i>Scolopendra morsitans</i> )，需要從生殖節構造來判斷雄雌。長足衛蜈蚣三齡幼蟲後，開始出現成蟲體色，生殖肢要伸出體外才能判斷雌雄，可用手指輕擠其尾部，利用有無生殖肢來確定雌雄性別。 <b>雌雄異體，雄體有交配器，雌性有產卵器。</b>										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">雄蟲交配器</th> <th style="text-align: center;">雌蟲產卵器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">用手指輕擠其尾部，最後體節有生殖肢</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">用手指輕擠其尾部，最後體節沒有生殖肢</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </tbody> </table>			雄蟲交配器	雌蟲產卵器			用手指輕擠其尾部，最後體節有生殖肢		用手指輕擠其尾部，最後體節沒有生殖肢	
雄蟲交配器	雌蟲產卵器										
											
用手指輕擠其尾部，最後體節有生殖肢											
用手指輕擠其尾部，最後體節沒有生殖肢											

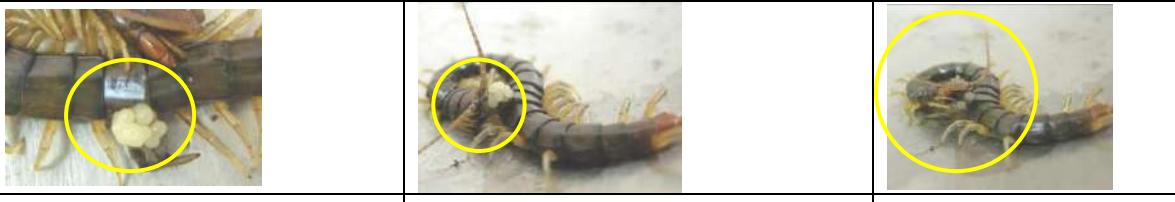
2.長足衛蜈蚣的雄性和雌性在體型、腹部結構和生殖器官上有明顯差異：

- (1)雄性體型較小，腹部平直緊縮，尾部末端的生殖器官明顯，且有明顯的生殖突起用於精子傳遞。體長和步足的長度比例較纖細。
- (2)雌性體型較大，腹部較圓潤肥厚，孕卵期腹部更加膨大，具有隱蔽的卵巢和生殖器官，且尾部呈現鈍圓的形狀。
- (3)我們在野外共採集了 386 隻長足衛蜈蚣。調查統計雌、雄的數量，雄性占 8.3%(32 隻)，雌性占 91.7%(354 隻)。長足衛蜈蚣的族群雄、雌數量比例懸殊。雄性觸角比雌性長，有助於雄性交配時感知環境和雌性存在。

※體長：頭部至生殖節的長度      ※全長：觸角到拖曳肢的長度

	步足長度	拖曳肢長度	頭部背板	體型	體重	體長	全長	軀幹	腹部
♂ 公				較小	較輕 8~9g	55~70 mm	75~90 mm	較窄	平直 緊縮
♀ 母				較大	較重 10~12g	55~75 mm	80~110 mm	較寬	圓潤 肥厚
	短 (6mm)	短 (12mm)	隆起橢圓形						
	長 (8 mm)	長 (17mm)	扁平偏圓形						

#### (四)探討長足衛蜈蚣成蟲的生殖行為：

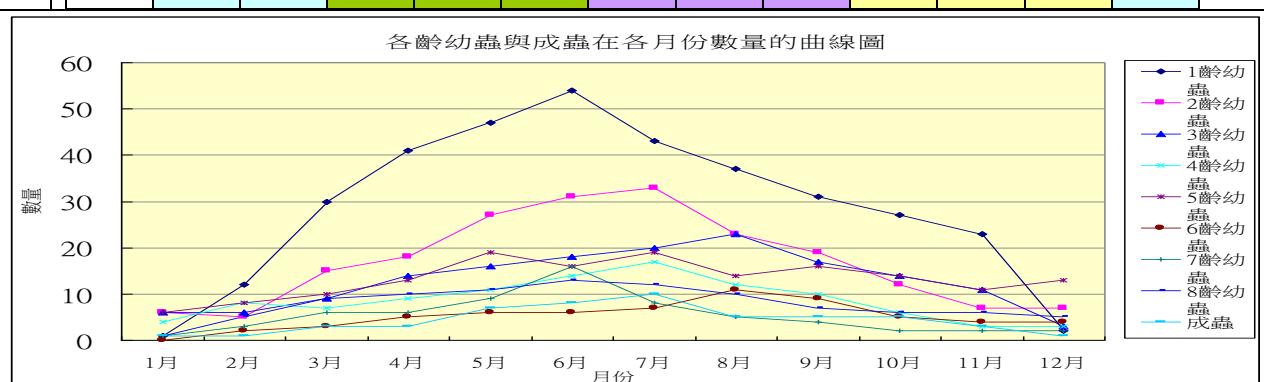
方法	1.野外長期觀察並記錄公母長足衛蜈蚣的生殖季節。 2.在透明飼養箱中，錄影觀察記錄長足衛蜈蚣的交配行為。 3.在透明飼養箱中，錄影觀察記錄長足衛蜈蚣的產卵行為。
實驗結果	<p><b>1.生殖季節：</b>我們一年四季皆有發現交配行為。尤其當環境溫暖潮濕時，交配與產卵情形最頻繁。我們觀察長足衛蜈蚣的交配與產卵常在春季和夏季。6月下旬至7月中旬為產卵高峰期。</p> <p><b>2.交配行為：</b>長足衛蜈蚣行體內受精，生殖腺開口在最後體節(生殖節)，雄體排出精莢，雌體利用尾節接收精液放入體內。雌蜈蚣在受精囊內儲有精子，使發育成熟的卵子在排卵時能與精子結合，成為受精卵而排出。雄性在交配季節會表現出更活躍的行為，頻繁尋找雌性以進行交配。長足衛蜈蚣交配時間約1小時，且交配時具有警覺性。</p>  <p>準備交配時，雄性用觸角與雌性進行接觸探索</p> <p>雄體繞過雌體走動，確認雌體的性成熟度來交配</p> <p>雄體會生殖突起將精子傳遞到雌體體內。雄體用前幾對步足支撐身體，將精子囊放置在雌體的生殖器附近</p>
	<p><b>3.產卵行為：</b></p> <p>(1)準備產卵：雌性成蟲產卵前出現體型臃腫、行動遲緩等情形。因為產卵孵化需要安靜的環境，否則雌性成蟲會吃掉卵粒，甚至吃掉幼體，所以要將產卵的雌蜈蚣分開獨立飼養。</p> <p>(2)產卵方式：雌性成蟲產卵時會先將身體尾部彎向前，勾住身體中段，成S型，觸角斜向上方，呈倒八字型。第1~18體節平貼土表，拖曳肢高高翹起，搭在第8、9體節上，將卵堆產在軀幹背部。卵表面有黏液可相黏成卵團，一次產卵14~16顆卵粒。產卵過程需要2~3小時。</p> <p>(3)產卵環境：雌性成蟲會找安全、植被稀疏、表土層濕潤且溫暖的環境作為產卵場所，通常是腐爛的木塊、石縫或土壤中，其中環境濕度對卵的孵化有其重要性。</p> <p>(4)抱卵方式：雌性成蟲產卵後會巧妙地翻轉身體，以腹部和步足抱卵，並捲曲身體將卵堆纏繞。抱卵需經數十天才會孵化成幼蟲，雌性成蟲在產卵到抱卵這段時間不會進食。</p> <p>(5)孵化：卵孵化期為14~21天，時間會隨環境的溫度和濕度而不同。雌性成蟲會舔舐卵粒，保持卵的清潔，防止黴菌危害，以確保卵能正常孵化出幼蟲。</p>  <p>先產卵在自身的背部</p> <p>一次產卵約20粒，黃白色的卵呈橢圓形</p> <p>卵堆旁的黑色物可能是瀘泡膜</p>  <p>卵表面有黏液，彼此相黏成團</p> <p>產卵完畢，舔食卵上的黏液</p> <p>捲曲身體，以腳將卵抱住，</p>

我們發現雌性成蟲的卵堆旁有黑色不明包覆物，經查詢資料，我們推測黑色包覆物應該是瀘泡膜。持續觀察一陣子，黑色包覆物被蜈蚣吃掉後，才出現完整的黃白色卵形。

### (五) 了解各齡期長足衛蜈蚣在不同月份族群數量的變化：

方法	1.西元 2023 年九月開始，我們進行田野調查，在農田觀察並記錄長足衛蜈蚣的族群數量。 2.在沒有噴農藥的農田中，設定某一個陰暗潮濕的區域（約 1 平方公尺）進行觀察紀錄。 3.分析長足衛蜈蚣各齡期族群數量的月變化。
長足衛蜈蚣各齡期族群數量的月變化：	

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1齡幼蟲	1	12	30	41	47	54	43	37	31	27	23	2
2齡幼蟲	6	5	15	18	27	31	33	23	19	12	7	7
3齡幼蟲	6	6	9	14	16	18	20	23	17	14	11	3
4齡幼蟲	4	8	7	9	11	14	17	12	10	6	3	3
5齡幼蟲	6	8	10	13	19	16	19	14	16	14	11	13
6齡幼蟲	0	2	3	5	6	6	7	11	9	5	4	4
7齡幼蟲	1	3	6	6	9	16	8	5	4	2	2	2
8齡幼蟲	1	5	9	10	11	13	12	10	7	6	6	5
成蟲	1	1	3	3	7	8	10	5	5	5	3	1



結果	1.一年中，長足衛蜈蚣族群變化呈現波動狀態。春季和夏季是成蟲的活動高峰期，溫暖潮濕的環境有助於其繁殖和生長。秋季時，蜈蚣活動開始減緩，冬季蜈蚣活動最少，偶爾會侵入住家，推測與天氣乾燥或尋找潮濕的越冬場所有關。 2.長足衛蜈蚣喜愛棲息在面對陽光的土石堆底下、枯木落葉下，下雨過後大量蜈蚣會出來活動，晴天活動數量較少。晚上8時~12時是蜈蚣活動的高峰。 3.長足衛蜈蚣成蟲喜愛群居，成蟲的環境負荷量約為10隻/平方公尺，若超過負荷量，成蟲可能會出現互相競爭或打鬥的行為。
----	---



夏天蜈蚣轉往枯葉下陰涼處棲息	準備蛻皮的蜈蚣在石頭旁	幼蟲喜歡在潮濕的根部生活
----------------	-------------	--------------

## (六)探討各齡期長足衛蜈蚣的成長情形

方法	將長足衛蜈蚣依照齡期分別飼養在小型透明觀察箱，以便我們觀察各齡期的型態變化與發育天數，並記錄長足衛蜈蚣的生活史：卵→幼蟲（分8齡）→成蟲。		
	圖示	外觀	特點
卵	 	卵直徑：1.5mm 排卵約21天後，卵堆進行孵化，孵化時會變渾濁。具體時間受到環境溫度和濕度的影響。	橢圓形的淡黃色卵，略帶透明，卵膜具有彈性。卵表面富有黏液，卵粒互相黏在一起成卵團。雌長足衛蜈蚣將身體蜷曲起來環抱，以保護並孵化淡黃色的卵堆。
一齡幼蟲		全長：8mm 體寬：0.8mm	剛孵化的一齡幼蟲身體呈乳白色。幼蟲活動力旺盛，喜歡群集，有捕食行為。
二齡幼蟲		全長：29mm 體寬：1.2mm	幼蟲蛻皮後體色漸漸變深，由白色轉變為橘紅色。此時幼蟲死亡率較高。
三齡幼蟲		全長：43mm 體寬：3mm	三齡幼蟲頭部開始呈現鮮紅。三齡幼蟲較膽小敏感，常出現在土壤表淺處。三齡幼蟲和成蟲在外觀上差異不大，只有體型和顏色有一點差異。
四齡幼蟲		全長：55mm 體寬：3.8mm	四齡幼蟲的體長成長到一定的程度，此時幼蟲較容易捕食獵物，食物取得較容易，所以死亡率開始降低。蛻皮後體型會更加龐大，步足也會繼續增加。
五齡幼蟲		全長：63mm 體寬：4.7mm	五齡幼蟲活動力極佳，會在野外棲地的土表上進行活動與捕食。蛻皮後體型會更加龐大，步足也會繼續增加。
六齡幼蟲		全長：69 mm 體寬：5mm	六齡幼蟲的身體重量快速增加，其垂直表面的攀附能力開始減弱。
七齡幼蟲		全長：74 mm 體寬：6.1mm	觀察七齡幼蟲時，剛好是冬天，因為氣溫較低，成長速度開始趨於緩慢。

幼蟲八齡		全長：75mm 體寬：7.2mm	長足衛蜈蚣在8-12個月達到性成熟，幼蟲進行最後一次蛻皮後，準備進入成蟲期。八齡幼蟲的身體表面積大，偶爾會出現脫水而死亡的情形。																																
成蟲		全長：80mm 體寬：8mm	蜈蚣的體型、步足、觸角和生殖器官都已經完全發育成熟，能夠進行交配和繁殖。夏季交配期間，雌蜈蚣的食量變大。成蟲壽命受環境、食物供應和天敵等影響。自然環境下，成蟲壽命可達2~3年。人工飼養環境下，成蟲壽命約1~2年。																																
<table border="1"> <caption>長足衛蜈蚣幼蟲到成蟲體長變化</caption> <thead> <tr> <th>階段</th> <th>體寬 (cm)</th> <th>體長 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>幼</td><td>~2</td><td>~5</td></tr> <tr><td>1齡</td><td>~2</td><td>~10</td></tr> <tr><td>2齡</td><td>~2</td><td>~30</td></tr> <tr><td>3齡</td><td>~3</td><td>~42</td></tr> <tr><td>4齡</td><td>~5</td><td>~55</td></tr> <tr><td>5齡</td><td>~7</td><td>~65</td></tr> <tr><td>6齡</td><td>~8</td><td>~70</td></tr> <tr><td>7齡</td><td>~8</td><td>~75</td></tr> <tr><td>8齡</td><td>~8</td><td>~78</td></tr> <tr><td>成蟲</td><td>~10</td><td>~80</td></tr> </tbody> </table>			階段	體寬 (cm)	體長 (cm)	幼	~2	~5	1齡	~2	~10	2齡	~2	~30	3齡	~3	~42	4齡	~5	~55	5齡	~7	~65	6齡	~8	~70	7齡	~8	~75	8齡	~8	~78	成蟲	~10	~80
階段	體寬 (cm)	體長 (cm)																																	
幼	~2	~5																																	
1齡	~2	~10																																	
2齡	~2	~30																																	
3齡	~3	~42																																	
4齡	~5	~55																																	
5齡	~7	~65																																	
6齡	~8	~70																																	
7齡	~8	~75																																	
8齡	~8	~78																																	
成蟲	~10	~80																																	
結果分析	<p>影響蜈蚣生長發育的因素：</p> <p>(1)溫度與濕度：長足衛蜈蚣的生長速度與環境溫度和濕度相關。高溫高濕的環境有助於蜈蚣的快速成長，而乾旱或寒冷的環境則可能延緩其發育。</p> <p>(2)食物營養的供應：足夠的食物是蜈蚣生長的關鍵，缺乏食物可能導致蜈蚣生長緩慢，甚至無法完成蛻皮。</p>																																		

### (七)探討長足衛蜈蚣的蛻皮行為：蜈蚣藉由蛻皮來適應不斷增長的身體尺寸

1.研究方法：我們架設手機錄影觀察記錄其蛻皮過程。

2.觀察結果：

(1)蛻皮前的預兆：長足衛蜈蚣蛻皮前幾天，身體與步足色素會改變，顏色會變淡，且行動變遲緩並停止進食，尋找隱蔽安全的地方，體內開始積聚水分，為蛻皮過程做準備。

(2)蛻皮的過程：

#### ※長足衛蜈蚣蛻皮過程的流程圖(4齡~5齡)

**A.蛻皮原理：**蜈蚣外骨骼會隨著時間和活動而受到磨損，修覆受損的外骨骼，最好方式就是蛻皮。觸角、步足斷掉後，下次蛻皮時可再生。蛻皮時體內會分泌一種幾丁質酶，將外骨骼中的幾丁質進行溶解，因而使外骨骼破裂，而整個身體從中鑽出，並再形成一個較大的新外骨骼。每次蛻皮後，蜈蚣體型都會增大。

**B.蛻皮方式：**蜈蚣的外骨骼開始變鬆，通常會從頭部開始破裂，並逐漸脫落。蜈蚣用頭頂住土壤，先頂破頭板，然後依靠自身的伸縮運動，每對步足緊靠身軀，逐漸使身體連同步足，由前往後一次剝脫，舊皮最後脫離尾節。並且蜈蚣會將蛻下的舊皮吃掉，以補充營養。

**C.蛻皮時間：**每次蛻皮需要2~3個小時。

**D.蛻皮頻率：**蜈蚣在幼年階段的生長速度較快，因此需要較頻繁的蛻皮。隨著齡數的增加，蛻皮頻率會逐漸減少。

**E.蛻皮後的行為：**蛻皮後新外骨骼是軟的，需要一段時間才能完全硬化，因此蜈蚣通常會選擇安全的地方以躲避捕食者。蛻皮後的蜈蚣需要保持身體的水分，以幫助新外骨骼的硬化，所以會大量攝取水分。等到外骨骼完全硬化，蜈蚣便能夠恢復正常活動，包括捕獵、爬行和繁殖。



**結果分析：**

- (1)若無外界干擾，長足衛蜈蚣的蛻皮成功率很高，有九成以上。
- (2)蜈蚣的蛻皮次數、蛻皮頻率的長短，隨環境條件(溫度、濕度、環境噪音、環境衛生)、族群密度、攝取食物營養與蜈蚣種類不同而有所差異。

### (八) 了解長足衛蜈蚣族群的生存曲線：

方法	<p>1.生存曲線可顯示生物每一齡階段的存活率，曲線的變動分為三型 ( I ) 幼年低死亡型(凸型) ( II ) 平均死亡型(對角線型) ( III ) 幼年高死亡型(凹型)。</p> <p>2.長足衛蜈蚣的卵孵化後，紀錄長足衛蜈蚣生活史各期存活的數量，之後各階段也詳細記錄剩下的個體數和計算存活率。長足衛蜈蚣的齡期取決於其生長和發育過程。</p>								
結果	<p>1.長足衛蜈蚣偏向屬於平均死亡型(對角線型) (如附圖生存曲線)。長足衛蜈蚣的生殖策略是利用產生適量的卵，死亡率無論在何種齡期，都維持差不多的比率。我們推測可能與母成蟲有照顧卵堆與一齡幼蟲的行為有關，但育幼仍不及幼年低死亡型完善。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">討論 種類</th> <th style="text-align: center;">雌蜈蚣產卵的總數量 (族群總產卵數)</th> <th style="text-align: center;">一齡幼蟲存活隻數 (總孵化成功的數目)</th> <th style="text-align: center;">一齡幼蟲存活率 (總孵化成功率)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">長足衛蜈蚣</td> <td style="text-align: center;">68</td> <td style="text-align: center;">42</td> <td style="text-align: center;">61.7%</td> </tr> </tbody> </table>	討論 種類	雌蜈蚣產卵的總數量 (族群總產卵數)	一齡幼蟲存活隻數 (總孵化成功的數目)	一齡幼蟲存活率 (總孵化成功率)	長足衛蜈蚣	68	42	61.7%
討論 種類	雌蜈蚣產卵的總數量 (族群總產卵數)	一齡幼蟲存活隻數 (總孵化成功的數目)	一齡幼蟲存活率 (總孵化成功率)						
長足衛蜈蚣	68	42	61.7%						

齡數	卵	一齡	二齡	三齡	四齡	五齡	六齡	七齡	八齡	成蟲
存活數	68	42	31	25.	22	20	19	18	18	17

長足衛蜈蚣生存曲線

齡數	數目
卵	68
1齡	42
2齡	31
3齡	25
4齡	22
5齡	20
6齡	19
7齡	18
8齡	18
成蟲	17

(1)1~4 歲的曲線顯示幼蟲初期死亡率稍微偏高。  
(2)5~8 歲的曲線顯示四齡後，死亡率稍微下降。  
(3)卵孵化後，幼蟲無論在何種齡期，基本上都維持差不多的死亡率。  
(4)長足衛蜈蚣產卵數量不會過多。孵化出來的幼蟲常不會立刻散開，而是在母體周圍短時間停留，形成小規模聚集。  
(5)幼蟲齡數愈接近成蟲，死亡率幾乎為零，在人為飼養下，成蟲壽命約1~2 年。

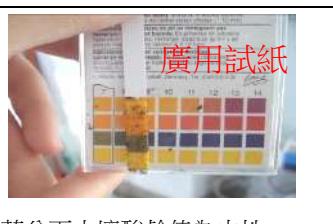
## 二、了解長足衛蜈蚣的棲息環境與飼養方法：

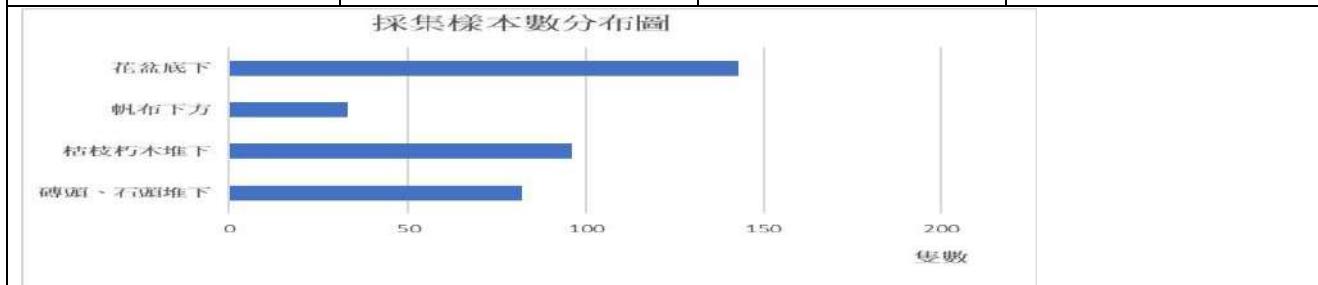
### (一)長足衛蜈蚣的棲息環境與採集方法：

**1.棲息環境：**蜈蚣的族群分布受到氣候、濕度、溫度等因素影響，熱帶和亞熱帶地區是其主要的棲息地。我們發現長足衛蜈蚣族群在野外的分佈很廣，幾乎遍及台灣的平地或低海拔山區。長足衛蜈蚣因為體壁沒有蠟質層，所以無法抵抗乾燥，必須生活在潮濕環境。長足衛蜈蚣喜愛棲息在空氣流通、潮濕、溫暖、避雨、陰暗的隱蔽處。當環境空氣濕度大時，成蟲會出來活動與覓食。我們從2023年9月開始進行田野調查並採集長足衛蜈蚣，選擇以下四種環境：(1)磚頭或石頭堆下(2)枯枝朽木堆下(3)帆布下方(4)花盆底下，進行紀錄並統計長足衛蜈蚣的族群數量與水平分布情形。四種不同環境下，長足衛蜈蚣的採集數量統計結果如下：

(1)磚頭或石頭堆下：82隻(2)枯枝朽木堆下：96隻(3)帆布下方：33隻(4)花盆底下：143隻。

我們推測因為爺爺每天都會將花盆澆水，花盆底下土壤濕度較高，蜈蚣喜愛棲息在花盆下。

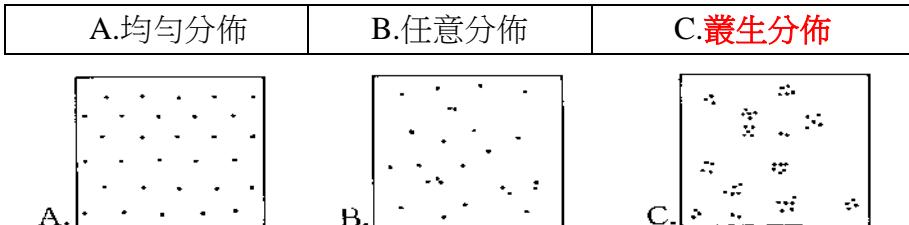
			
農田旁磚頭與石頭堆下	農田的枯枝朽木堆下	農田鋪設的帆布下方	農田的花盆底下
			
花盆下土壤濕度較高	花盆下土壤酸鹼值為中性	花盆植物根部土壤有幼蟲	白色蜈蚣幼蟲聚集成堆



我們在棲地發現其他種蜈蚣，例如地蜈蚣、無棱衛蜈蚣。另外也發現不同物種的生物，例如：白蟻、盲蛇、馬陸、鼠婦、蠟蟻與蚯蚓等。長足衛蜈蚣會捕食昆蟲幼蟲、白蟻，偶爾會捕食蚯蚓，但不會捕食馬陸。※我們在說明書 P27 的討論有探討三者的交互關係與垂直分布情形。



## 2.族群水平分佈：叢生分佈（如 C 圖）



我們推測蜈蚣局部高密度的叢生分佈（聚集性分布）的情形與下列幾項有關：

- (1)季節性群聚：春季或夏季環境濕度高，蜈蚣活動活躍，集中出現在特定的潮濕環境中。冬季或乾旱時也會尋找溫暖的地下環境或朽木下，形成聚集的族群。
  - (2)食物資源：某一區域食物資源豐富，出現高密度聚集現象。
  - (3)環境條件：溫暖、潮濕、隱蔽的土壤環境。
  - (4)繁殖習性：蜈蚣會孵卵和撫育幼體，導致特定區域短時間內出現較高密度的族群。
- 3.採集方式：因為長足衛蜈蚣喜愛棲息在農田附近的花盆底下，加上長足衛蜈蚣移動速度很快，我們兩兩一組，戴上手套，一人負責搬開花盆，一旦發現蜈蚣的蹤跡，另一人則快速將蜈蚣抓取並放入高筒型採集桶內，採集桶內壁屬於光滑表面，可避免蜈蚣從桶子爬出。回到實驗室後，我們將採集桶內的蜈蚣倒入廣口光滑鐵盆，以進行蜈蚣的分類。



## 4.探討遮蔽物的材質是否會影響長足衛蜈蚣對棲地的選擇

(1)實驗目的：探討不同材質的遮蔽物是否影響長足衛蜈蚣的棲地選擇，並分析其偏好趨勢。

(2)實驗方法：

- A. 實驗場地準備：使用一個大透明實驗箱，箱底鋪上厚 10cm 的泥土，分為 6 個區域，每個區域各放置一種遮蔽物(腐木、枯葉層、石塊、塑膠片、帆布袋、金屬片)。6 種遮蔽物應均勻分佈，確保蜈蚣可自由移動選擇。6 種遮蔽物的大小皆約為 15 cm × 15cm。
- B. 蜈蚣放置與觀察：隨機選取 30 隻健康的長足衛蜈蚣。將蜈蚣放在實驗箱中央，讓其自由選擇棲息地。
- C. 觀察時間與次數：早上 6 點到下午 6 點，各取五個一小時的時段，進行五次的實驗，統計每種遮蔽物下棲息的蜈蚣數量。

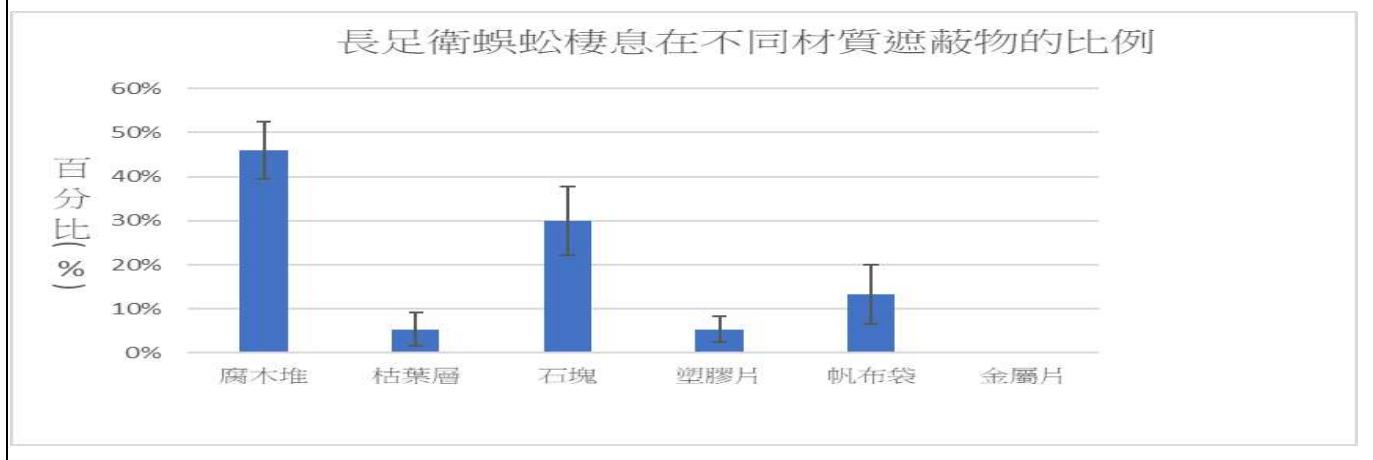
### (3) 實驗結果：

- A.統計發現大部分的蜈蚣喜愛棲息在腐木這種高保濕性的遮蔽物，在腐木下停留的個體數量最多。另外，棲息在石塊與帆布袋下方的蜈蚣也不少，推測石塊能吸收熱量，較能提供溫暖的環境，而帆布袋提供隱蔽性與其物理結構，可供蜈蚣躲藏在下方。較少蜈蚣選擇枯葉層、塑膠片，則其停留比例較低。金屬片堅硬光滑少縫隙，不利蜈蚣藏匿，最少蜈蚣棲息。
- B.我們推論蜈蚣對遮蔽物的選擇受材質的保濕性與結構適合度影響。

材質	腐木堆	枯葉層	石塊	塑膠片	帆布袋	金屬片
第一次	16	1	7	3	3	0
第二次	13	0	13	1	3	0
第三次	15	3	9	1	2	0
第四次	11	2	8	2	7	0
第五次	14	2	8	1	5	0
棲息比例	46%	5.3%	30%	5.3%	13.3%	0%



打造不同棲息環境	石塊能吸收熱	棲息在石塊下方	枯葉層下	帆布袋下	腐木堆下
----------	--------	---------	------	------	------

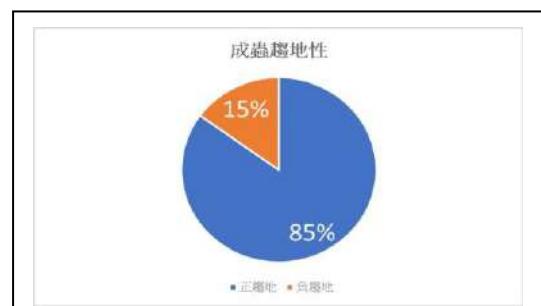


### 5. 探討長足衛蜈蚣的趨地性行為：成蟲實驗樣本數=20隻

- (1) 實驗方法：準備垂直固定的透明圓筒，底部與頂部皆可打開，圓筒中央有挖一個小開口。每次放置一隻成蟲在透明圓筒的中央處，迅速封住圓筒的上下兩端，觀察蜈蚣移動的方向。實驗樣本數為長足衛蜈蚣成蟲20隻。

### (2) 實驗結果：

- A.統計實驗結果發現成蟲往圓筒下方移動隻數的百分率為85%，往圓筒上方移動為15%。
- B.推測長足衛蜈蚣成蟲具有趨地性。



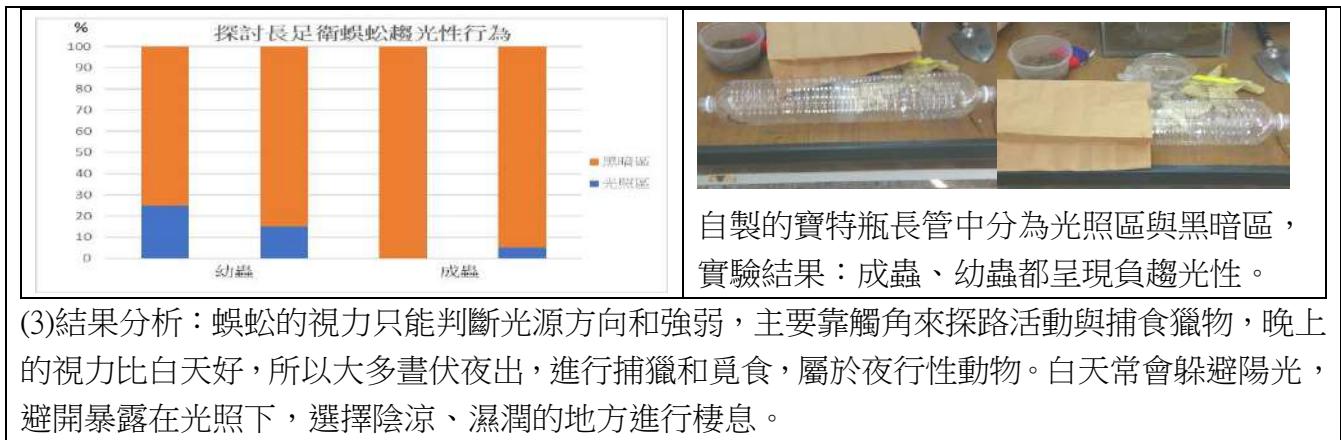
### 6. 探討長足衛蜈蚣的趨光性行為：實驗樣本為幼蟲與成蟲各20隻，每隻蜈蚣進行二次的測試

- (1) 實驗方法：黑暗環境中，每次放一隻幼蟲或成蟲進入自製的寶特瓶長管中，手電筒照光在

一側，另一側以紙袋覆蓋，長管分為光照區與黑暗區，30分鐘後觀察其棲息位置。

## (2) 實驗結果：

二次統計結果發現黑暗區停留幼蟲隻數的百分率分別為75%、85%。黑暗區停留成蟲隻數的百分率為100%、95%。觀察發現光線照射到長足衛蜈蚣幼蟲或成蟲的單眼，都會出現畏光現象，表現負趨光性。我們也發現長足衛蜈蚣隨齡數增加，其避光反應程度漸增，推測應該與單眼成熟度有關，直到發育為成蟲，其單眼才完全成熟，避光反應最為明顯。



(3) 結果分析：蜈蚣的視力只能判斷光源方向和強弱，主要靠觸角來探路活動與捕食獵物，晚上的視力比白天好，所以大多晝伏夜出，進行捕獵和覓食，屬於夜行性動物。白天常會躲避陽光，避開暴露在光照下，選擇陰涼、濕潤的地方進行棲息。

## 7. 探討長足衛蜈蚣對不同波長色光的負趨光反應是否表現出不同程度的反應：

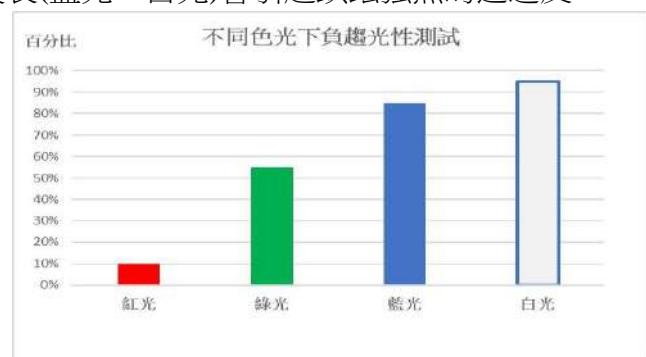
(1) 實驗方法：在暗室設置觀察箱，一側裝設固定光強的LED燈，每次實驗分別採用不同色光的LED燈（紅光、藍光、綠光、白光）照射觀察箱，觀察箱的另一側保持黑暗。隨後將一隻蜈蚣成蟲放在觀察箱中央，實驗計時5分鐘，觀察記錄蜈蚣是否會向遠離光源方向移動、蜈蚣在哪一側停留時間較長、蜈蚣總移動距離等。

※ 實驗樣本為成蟲 20 隻，每隻蜈蚣進行四次不同光源條件的測試（實驗色光的順序採隨機進行），每輪實驗測試之間，讓蜈蚣休息 10 分鐘，避免壓力干擾其行為。

## (2) 實驗結果：

蜈蚣對紅光(長波長)的負趨光性只有 10%。蜈蚣對綠光(中波長)的負趨光性有 55%。蜈蚣對藍光(短波長)較敏感，負趨光性高達 85%。蜈蚣對白光(短波長)最敏感，負趨光性高達 95%。所以蜈蚣對不同色光會有不同程度的負趨光性，短波長(藍光、白光)會引起蜈蚣強烈的逃避反應，而長波長(紅光)則影響較小。

色光	遠離光源者比例	平均停留黑暗區時間(秒)	平均移動距離(cm)
紅光	10%	72	7
綠光	55%	204	19
藍光	85%	268	24
白光	95%	279	28



(3) 結果分析：蜈蚣在紅光或黑暗環境中，可自然活動，無逃避反應，不易感受到色光，可在夜間活動。蜈蚣在藍光與白光下展現出強烈的負趨光性，會明顯遠離光源。我們推測蜈蚣的眼睛有感光細胞，對短波長光有強烈的負趨光性反應。

## 8. 探討長足衛蜈蚣對刺激性氣味的忌避性行為：成蟲實驗樣本數=8隻

(1) 實驗方法：每次放一隻成蟲進入T形管寶特瓶長管中，管子中央分別放入八種化學氣味的物品（檸檬、辣椒、綠油精、鳳梨、酒精、薑、蒜、牙膏），統計其接近或逃離的隻數。

(2) 實驗結果：一個😢表示一隻成蟲的忌避行為

	檸檬		牙膏		鳳梨	<p>(1)長足衛蜈蚣的觸角有嗅覺功能，對具有刺激性氣味的物質(綠油精、酒精、薑、蒜)產生不同程度的忌避性反應。</p> <p>(2)我們從本實驗了解蜈蚣害怕的氣味，我們可噴灑綠油精精油在住家附近，可用在防治蜈蚣入侵家中的方法。</p> <p>(3)檸檬、牙膏、鳳梨、辣椒等具特殊氣味的物質對成蟲並不具忌避性。</p>
	辣椒	<b>忌避性</b>			酒精	
😢😢靠近後遠離				😢😢😢遠離氣味來源		
	薑		綠油精		蒜頭	
😢😢😢遠離氣味來源		😢😢😢遠離氣味來源		😢😢😢遠離氣味來源		
		😢😢😢				

(二)飼養方式：

- 1.飼養環境：我們將抓到的長足衛蜈蚣成蟲、幼蟲分別飼養在不同的透明飼養箱中，飼養箱鋪上一層土壤，以供蜈蚣鑽土之用，飼養箱要有空氣流通的鑽孔，放在陰涼通風處。長足衛蜈蚣是注重溼度的動物，所以每天用噴霧器對土壤噴水並打造潮濕的土壤環境底材來進行飼養，環境溼度 70%~80%，溫度 24~30°C。土壤上可放置枯枝落葉、石頭等遮蔽物供其躲藏。
- 2.飼養食物：長足衛蜈蚣屬於高級消費者，屬於肉食性動物，以昆蟲、小型無脊椎動物為食。人工飼養下，我們常以麵包蟲幼蟲、蟋蟀餵食蜈蚣最為方便，要避免過度餵食，也要準備小水盆提供蜈蚣喝水。

	一齡幼蟲族群呈現群聚性		體型相似幼蟲飼養在一起，避免混養		幼蟲適合生活在潮濕的土壤
	成蟲飼養在飼養箱內腐植土		以麵包蟲幼蟲餵食長足衛蜈蚣		成蟲與幼蟲的分類比較
	利用透明觀察箱觀察蜈蚣行為		放置枯枝落葉等遮蔽物在土壤上		不同齡期蜈蚣的分類比較

### 3. 探討長足衛蜈蚣成蟲對不同類型食物的喜好並分析其進食行為：

實驗方法	<p>1. 實驗對象：長足衛蜈蚣成蟲（實驗樣本數N = 20隻），且需確保蜈蚣健康且無嚴重饑餓狀態（控制飢餓時間為24小時）</p> <p>2. 實驗環境：透明飼養箱（通風良好，避免外部干擾）、溫度控制（適合成蟲活動的溫度24-28 °C）、濕度調整（50-70%避免影響進食行為）、光照控制（模擬夜間環境）。</p> <p>3. 實驗方法：</p> <p>(1) 飢餓控制：所有實驗的成蟲在實驗前皆禁食48小時，確保有足夠的進食動機。</p> <p>(2) 單獨測試：將蜈蚣個別放入測試箱中，且每次提供一種食物。</p> <p>(3) 觀察時間：60分鐘</p> <p>(4) 記錄進食行為：紀錄成蟲是否會接近食物、是否會嘗試攻擊、是否會進食與咀嚼時間</p> <p>(5) 統計成蟲對食物的喜好度 = (進食的蜈蚣數量/總測試的蜈蚣數) × 100%</p> <p>(6) 描述成蟲的進食行為：包含進食的食物比例(吃完、部分食用、完全不吃)</p> <p>※重複測試：每隻蜈蚣在不同時間點接受所有食物測試，進行五次，以降低個體差異影響。</p>																										
	<p>1. 進食行為：成蟲以<b>觸角</b>伸向前方，採取主動捕獵，因視力較差，主要靠<b>嗅覺</b>感應活的獵物，迅速用前兩對特別大的步足進行捕捉獵物，再以毒鉤注射毒液麻痺獵物，利用大顎咬斷獵物並嚼碎吞食，進食中其觸角作鞭狀擺動，捕食後會<b>清潔整理觸角</b>，以保持其嗅覺的敏銳。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>以觸角的嗅覺感應活的麵包蟲</td> <td>以毒鉤殺死獵物，觸角作鞭狀擺動</td> <td>利用大顎咬斷獵物身體嚼碎吞食</td> </tr> </table> <p>2. 食物喜好選擇模式：<b>麵包蟲(蛹) &gt; 麵包蟲(幼蟲) &gt; 蟋蟀 &gt; 蟑螂 &gt; 麵包蟲(成蟲) &gt; 金龜子幼蟲 &gt; 蚯蚓 &gt; 碎肉(非活體蛋白質) &gt; 腐爛的死亡蟋蟀 &gt; 吐司</b>。長足衛蜈蚣對食物的選擇以會動的活體獵物為主，特別偏好小型昆蟲，主要以蛋白質食物為主（<b>麵包蟲、蟋蟀、蟑螂</b>）。在人工飼養條件下，成蟲竟會進食碎肉(非活體蛋白質)，但仍不如活體昆蟲具吸引力。成蟲對腐爛的屍體興趣不大，除非極端飢餓，極少數成蟲會進食糖類食物。</p> <p>※以下是我們統計長足衛蜈蚣成蟲對各種食物的進食率(喜好程度)與描述進食的行為：</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>食物種類</th> <th>進食照片</th> <th>喜好度</th> <th>描述進食行為</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>麵包蟲 (蛹)</td> <td></td> <td>95%</td> <td>成蟲喜愛表皮較軟且體液很多的麵包蟲蛹，九成的成蟲可將蛹完全吃完。</td> </tr> <tr> <td>麵包蟲 (幼蟲)</td> <td></td> <td>80%</td> <td>成蟲的頭板會弓起來，利用口器吃掉部分內臟與肌肉，留下堅硬外骨骼。</td> </tr> <tr> <td>蟋蟀</td> <td></td> <td>70%</td> <td>成蟲喜愛會動的活蟋蟀，進食內臟後，留下外骨骼，無法完全吃完。</td> </tr> <tr> <td>蟑螂</td> <td></td> <td>45%</td> <td>成蟲進食蟑螂內臟後，留下外骨骼，不會完全吃完，對蟑螂的喜愛度較蟋蟀低。</td> </tr> <tr> <td>麵包蟲 (成蟲)</td> <td></td> <td>23%</td> <td>成蟲進食內臟後，留下外骨骼，不會完全吃完，而對麵包蟲成蟲的喜愛度不高。</td> </tr> </tbody> </table>	以觸角的嗅覺感應活的麵包蟲	以毒鉤殺死獵物，觸角作鞭狀擺動	利用大顎咬斷獵物身體嚼碎吞食	食物種類	進食照片	喜好度	描述進食行為	麵包蟲 (蛹)		95%	成蟲喜愛表皮較軟且體液很多的麵包蟲蛹，九成的成蟲可將蛹完全吃完。	麵包蟲 (幼蟲)		80%	成蟲的頭板會弓起來，利用口器吃掉部分內臟與肌肉，留下堅硬外骨骼。	蟋蟀		70%	成蟲喜愛會動的活蟋蟀，進食內臟後，留下外骨骼，無法完全吃完。	蟑螂		45%	成蟲進食蟑螂內臟後，留下外骨骼，不會完全吃完，對蟑螂的喜愛度較蟋蟀低。	麵包蟲 (成蟲)		23%
以觸角的嗅覺感應活的麵包蟲	以毒鉤殺死獵物，觸角作鞭狀擺動	利用大顎咬斷獵物身體嚼碎吞食																									
食物種類	進食照片	喜好度	描述進食行為																								
麵包蟲 (蛹)		95%	成蟲喜愛表皮較軟且體液很多的麵包蟲蛹，九成的成蟲可將蛹完全吃完。																								
麵包蟲 (幼蟲)		80%	成蟲的頭板會弓起來，利用口器吃掉部分內臟與肌肉，留下堅硬外骨骼。																								
蟋蟀		70%	成蟲喜愛會動的活蟋蟀，進食內臟後，留下外骨骼，無法完全吃完。																								
蟑螂		45%	成蟲進食蟑螂內臟後，留下外骨骼，不會完全吃完，對蟑螂的喜愛度較蟋蟀低。																								
麵包蟲 (成蟲)		23%	成蟲進食內臟後，留下外骨骼，不會完全吃完，而對麵包蟲成蟲的喜愛度不高。																								
結果																											

	金龜子幼蟲		14%	金龜子幼蟲體型較大，咬破身體，只會短暫進食，不會完全吃完，喜好程度低。
	蚯蚓		12%	蚯蚓爬行慢，成蟲咬破其身體，流出體液，只會短暫進食，不會完全吃完，喜好程度很低。
	碎肉(非活體蛋白質)		6%	極少數的成蟲會進食碎肉(非活體蛋白質)，碎肉遠不如活體昆蟲具吸引力。
	腐爛的死亡蟋蟀		4%	成蟲對腐爛屍體沒興趣，除非極度飢餓，極少數的成蟲會進食醣類食物。
	吐司		3%	有一天我們竟然發現蜈蚣竟嘗試進食潮濕的吐司，只攝食五分鐘，且沒有完全吃完。
	馬陸		0%	實驗發現全部的成蟲對馬陸完全沒有興趣，沒有出現攝食馬陸的情形。
	<b>結果分析</b>			
<p>1. <b>進食時間</b>：長足衛蜈蚣通常傍晚開始出來覓食，晚上 8~12 點為活動與捕食的高峰期。</p> <p>2. <b>進食頻率</b>：觀察發現長足衛蜈蚣並不一定每天都會捕食，而是根據食物的供應情況和捕食成功率來決定攝食頻率。在食物充足的環境中，可以頻繁捕獵，在較少食物的情況下，可以保持較長時間的饑餓狀態。長足衛蜈蚣很耐飢餓，即使 50 天未進食，也不至於會餓死。長足衛蜈蚣在生態上扮演掠食者的地位，蜈蚣最好 5~7 天餵食一次，每次份量約頭部兩倍的份量，蜈蚣消化系統具高效能，能夠從獵物中獲得大量的營養。蜈蚣可以耐餓，但是不可以吃太飽，如果發現其身軀很肥厚，必須暫停餵食。</p> <p>3. <b>攝取水份</b>：自然環境中，長足衛蜈蚣食用的水多以露水、雨水等乾淨的水為主。人工飼養下，我們會在飼養箱中準備小淺盤，裝乾淨的水，以供其食用。</p> <p>4. <b>捕食的生態意義</b>：長足衛蜈蚣的捕食行為對生態系統具有一定的影響。蜈蚣幫助控制昆蟲和其他小型動物的數量，維持生態平衡。在捕食過程中消耗大量的腐殖質層或有機物，進一步促進土壤的循環和養分的重新分配。</p>				

#### 4. 探討長足衛蜈蚣的清潔行為：

- (1) 長足衛蜈蚣多生活在朽木、枯葉或石頭下的土壤中。因蜈蚣生活在較髒亂的環境中，所以演化出清潔身體各部位構造的行為。
- (2) 我們錄影觀察長足衛蜈蚣的清潔過程與方式：
  - A. 長足衛蜈蚣的清潔行為常發生在進食後、活動後的休息以及受到驚嚇後。清潔行為包括觸角清潔、步足清潔、拖曳肢清潔和身體的清潔擦拭。通常使用口器第一小顎末節及基節突起上的稠密絨毛以及第二小顎末節背面上的刷狀剛毛，來進行清潔。
  - B. 長足衛蜈蚣先將**觸角**拉近口器並以大顎將其抱住，再用第二小顎的前端夾住觸角，接著使用下唇，從觸角的基部開始向前到末端緩慢進行擦拭，以去除灰塵、黏液或食物殘渣。清潔的主要目的是保持嗅覺的敏銳、預防寄生蟲與病菌感染、提高捕獵與逃跑能力。我們曾經發現蜈蚣在 5 分鐘內清潔觸角的次數竟高達 23 次。清潔觸角的行為非常頻繁。
  - C. 長足衛蜈蚣用口器將**步足**拉到口部，用口器啃咬或舔舐步足，以去除步足上污垢和微生物。
  - D. 先將身體捲成圓形，用口器輕輕啃咬或舔舐**拖曳肢**，以去除污垢和微生物。
  - E. 蜈蚣若接觸到外部刺激（如潮濕的泥沙、微生物），可能會利用口器進行額外的身體清潔。

		
用口器清潔觸角	用口器清潔步足	用口器清潔拖曳肢

### 三、探討長足衛蜈蚣的鑽土行為與在土壤中垂直分布的情形。

#### (一) 探討在土壤環境中長足衛蜈蚣的爬行與鑽土行為：

觀察結果	<p>1.【爬行】：我們錄影觀察長足衛蜈蚣在土表上步行，其平均行走速度約2.64cm/sec，步足能抓住粗糙的地表面和軟土，推動身體軀幹而產生波動，保持平衡並進行穩定的爬行。</p> <p>2.【攀爬】：長足衛蜈蚣的步足可以適應不同物體的表面，在垂直表面上也有好的攀附能力，使其在各種環境中進行覓食和躲避天敵。攀附能力主要依賴(1)多足支撐：身體兩側的大量步足可同時接觸多個表面，提升攀爬的穩定性，可根據地形調整步足的角度與施力方式，以適應環境。(2)附肢結構與抓地力：蜈蚣的每個步足末端帶有小型的爪或鉤狀結構，可增加抓地力，幫助其攀爬粗糙表面，如樹皮、岩石、土壤裂縫、牆壁的表面上。(3)波動運動：蜈蚣透過波動式的運動來調整重心，使其能沿著垂直表面甚至倒掛移動。飼養發現：蜈蚣在光滑的玻璃與壓克力表面上，較不易爬出。所以飼養箱我們大多使用玻璃箱或壓克力箱，並在箱口周圍塗上沙拉油，以避免蜈蚣爬出箱外。</p>				
					
2.【鑽土】：我們錄影觀察在透明觀察箱中蜈蚣的鑽土行為：蜈蚣先以觸角探測土壤環境，再決定是否要鑽土。鑽土時使用前幾對步足前進，產生較強的推力，身體與土表約呈45度，以頭部撞開前方的土，推動身體進入土壤中的空隙，身體會隨著運動而彎曲，以適應土壤的不同密度。蜈蚣的步足能土中推動身體所用步足的數目比爬行時還多，所以能在土中進行鑽洞。在土中移動的速度較慢，約0.82 cm/sec。	地面上爬行速度快	在塑膠表面可以攀爬	飼養在玻璃箱內	壓克力盒	壓克力飼養箱
					
	觸角擺動以探測土壤	觀察地形進行鑽土	步足產生較強的推力	鑽土速度較慢	
					
	土壤表層上有放遮蔽物→成蟲選擇躲在遮蔽物下方		鑽土所用步足數比爬行還多	側面觀察蜈蚣鑽土	

	<p>1. 飼養過程發現，若土壤表層無任何遮蔽物，長足衛蜈蚣會進行鑽土。推測鑽土的目的是為了尋找適宜的棲息環境，避開極端的環境條件（如高溫或乾燥），以及避免天敵的捕食。鑽土也是蜈蚣尋找食物的方式。地下土壤通常富含有機物質，能夠為蜈蚣提供豐富的昆蟲和其他小型動物。另外，土壤中較潮濕的環境有助於蜈蚣保持體內水分。</p> <p>2. 蜈蚣爬行方式靈活，可以在各種地形中迅速移動，但鑽土能力使蜈蚣能在地下找到棲息地、食物和避難所，能適應多樣化的棲息環境，並成功捕獵或逃避天敵。</p> <p>3. 蜈蚣外骨骼堅硬但有彈性，能抵抗土壤中石塊和障礙物的壓力，又不會僵硬妨礙運動。</p>
--	---

結果分析	<p>1. 【促進土壤通氣】：通過在土壤中活動，蜈蚣能夠幫助鬆動土壤，促進土壤的通氣和水分滲透。這對土壤的健康和植物的生長有益。</p> <p>2. 【食物鏈中的角色】：蜈蚣在土壤中覓食時會捕捉到土壤中的昆蟲、蜘蛛和小型動物，幫助控制這些動物的數量，維持生態平衡。</p> <p>3. 【避免過度競爭】：蜈蚣通過鑽土可以避開與其他掠食性昆蟲的競爭，尤其是那些生活在地面或表層的捕食者。鑽土為蜈蚣提供了一個相對安靜且富有食物資源的棲息空間。</p>
------	---

## （二）探討長足衛蜈蚣在不同土壤條件下的行為表現：（土質條件不同）

我們想了解在土壤表面沒有放置任何遮蔽物的情況下。土壤種類與土壤顆粒大小是否會影響長足衛蜈蚣在土壤中的族群分布，於是我們設計了以下的實驗來進行探索：

方法	<p>1. 觀察箱以隔板區隔出四個空間，分別放入四種顆粒大小不同土壤：(1)顆粒最細的黏土 (2)顆粒較小的沙土(3)顆粒較大的泥土(4)含枯葉的鬆軟腐植土。土壤深度都是25cm。</p> <p>2. 抽離分隔板後，表土上均勻地放入長足衛蜈蚣成蟲20隻。樣本數=20，實驗共進行4次。</p> <p>3. 一天後，觀察其喜歡躲入何種土質中並紀錄其分佈狀況。</p>																																											
結果																																												
	利用分隔板區隔出四種土壤環境	成蟲在腐植土上進行鑽土	含枯葉腐植土中發現成蟲																																									
	鑽土時身體與土表約呈45度角度	鑽土時身體呈現彎曲型態	成蟲往空隙較大的泥土鑽洞																																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>黏土</th> <th>沙土</th> <th>泥土</th> <th>腐植土</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第一次</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>14</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>第二次</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>13</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>第三次</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>11</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>第四次</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>13</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>總比例</td> <td>5%</td> <td>8.75%</td> <td><b>63.75%</b></td> <td>22.5%</td> </tr> </tbody> </table>		黏土	沙土	泥土	腐植土	第一次	1	2	14	3	第二次	0	1	13	6	第三次	2	3	11	4	第四次	1	1	13	5	總比例	5%	8.75%	<b>63.75%</b>	22.5%	<p>長足衛蜈蚣對於不同土壤的選擇行為</p> <table border="1"> <caption>長足衛蜈蚣對於不同土壤的選擇行為</caption> <thead> <tr> <th>土壤種類</th> <th>百分比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>黏土</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>沙土</td> <td>8.75%</td> </tr> <tr> <td>泥土</td> <td><b>63.75%</b></td> </tr> <tr> <td>腐植土</td> <td>22.5%</td> </tr> </tbody> </table>			土壤種類	百分比	黏土	5%	沙土	8.75%	泥土	<b>63.75%</b>	腐植土	22.5%
	黏土	沙土	泥土	腐植土																																								
第一次	1	2	14	3																																								
第二次	0	1	13	6																																								
第三次	2	3	11	4																																								
第四次	1	1	13	5																																								
總比例	5%	8.75%	<b>63.75%</b>	22.5%																																								
土壤種類	百分比																																											
黏土	5%																																											
沙土	8.75%																																											
泥土	<b>63.75%</b>																																											
腐植土	22.5%																																											

	<p>結果分析：</p> <p>(1) 長足衛蜈蚣一開始先在表土四處爬行，約五分鐘後會進行鑽洞。我們一天後觀察實驗結果，大部分的長足衛蜈蚣成蟲會生活在空隙較大的泥土。長足衛蜈蚣潛伏在泥土下的縫隙中，可以防止水分過快散失，並方便躲藏與移動，會在溫度與空氣溼度適宜的時候，才會移動到地表來捕食或活動。</p> <p>(2) 因為沙土、腐殖土、泥土在土壤結構上屬於疏鬆土壤，蜈蚣容易鑽入而棲息。沙土比黏土或腐殖土更疏鬆，利於空氣流通，但也容易讓蜈蚣失去水分。沙土相比泥土或落葉層，沙土環境較少提供天然遮蔽，隱蔽性較差，使蜈蚣更容易暴露在天敵的視野下。沙土的小型昆蟲數量較少，蜈蚣難以長時間維持生存。我們發現大部分蜈蚣棲息在土表下 0-8 cm 深度處，較不會棲息在深度超過 8 cm 的土壤深處，我們推測蜈蚣主要捕食小型昆蟲、白蟻，這些獵物通常在地表或淺層土壤活動，因此長足衛蜈蚣不會進行太深入的鑽土。</p> <p>(3) 因為黏土在土壤結構上屬於緊實土壤，蜈蚣通常停留在土壤表層 (0-4cm)。我們推測若土壤環境偏緊實，蜈蚣會選擇棲息在地表覆蓋物如落葉、石塊下方。</p>
--	--

### (三) 探討不同體長的長足衛蜈蚣是否影響其棲地深度：

我們從長足衛蜈蚣對各種土壤喜好的實驗中發現，幼蟲在土壤中棲息的位置較成蟲靠近地表。所以設計以下實驗：

方法	<p>1. 在透明觀察箱中放入泥土，土表上不放任何遮蔽物，將現有飼養的蜈蚣依不同體長分為17組，均勻分布在表土中進行實驗，選用扁形柱狀的觀察箱，以利觀察蜈蚣的鑽土深度。</p> <p>2. 一天後，觀察不同體長的長足衛蜈蚣在土壤的垂直分布情形。</p>																														
結果	<p>長足衛蜈蚣不同體長在土壤垂直分布的深度：</p> <p>※淺層土壤(0-4cm)、中層土壤(4-8cm)、深層土壤(&gt;8cm)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <table border="1"> <caption>長足衛蜈蚣不同體長在土壤垂直分布的深度(cm)</caption> <thead> <tr> <th>長足衛蜈蚣體長(cm)</th> <th>深度(cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.5</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>3.0</td></tr> <tr><td>0.8</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>3.0</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>4.0</td><td>3.5</td></tr> <tr><td>4.5</td><td>3.5</td></tr> <tr><td>5.0</td><td>4.0</td></tr> <tr><td>5.5</td><td>4.5</td></tr> <tr><td>6.0</td><td>5.0</td></tr> <tr><td>6.5</td><td>5.5</td></tr> <tr><td>7.0</td><td>5.5</td></tr> <tr><td>7.5</td><td>5.5</td></tr> <tr><td>8.0</td><td>8.5</td></tr> <tr><td>8.0</td><td>9.5</td></tr> </tbody> </table> </div> <div style="width: 45%;"> <p>結論：</p> <p>低齡幼蟲(體長&lt;5cm)主要棲息在土壤表面下2~4公分，高齡幼蟲(體長5~8cm)主要棲息在土壤表面下4~8公分，成蟲則在土壤表面下8~11cm處活動。個體齡數愈接近成蟲，體長愈長，其棲息土壤的位置愈深。<u>體長的長度與棲息土壤深度呈現正相關</u>。</p> </div> </div> <p>結果分析：</p> <p>(1) 長足衛蜈蚣屬於偏地表棲息的蜈蚣種類，主要棲息在落葉層、腐殖土、隙縫、枯木下或土壤表層及土壤淺中層(8cm內)，不會像穴居動物深層挖土。因為蜈蚣的體表容易失水，所以喜愛濕潤的表土或有遮蔽的陰涼區域，偏好濕潤、鬆軟、有機質豐富的環境。</p> <p>(2) 平時飼養發現，土表上若有落葉層與、腐木或石頭等遮蔽物，蜈蚣會選擇棲息在遮蔽物下方，較不會鑽土而棲息在土壤中。</p>	長足衛蜈蚣體長(cm)	深度(cm)	0.5	2.5	0.5	3.0	0.8	2.5	3.0	2.5	4.0	3.5	4.5	3.5	5.0	4.0	5.5	4.5	6.0	5.0	6.5	5.5	7.0	5.5	7.5	5.5	8.0	8.5	8.0	9.5
長足衛蜈蚣體長(cm)	深度(cm)																														
0.5	2.5																														
0.5	3.0																														
0.8	2.5																														
3.0	2.5																														
4.0	3.5																														
4.5	3.5																														
5.0	4.0																														
5.5	4.5																														
6.0	5.0																														
6.5	5.5																														
7.0	5.5																														
7.5	5.5																														
8.0	8.5																														
8.0	9.5																														

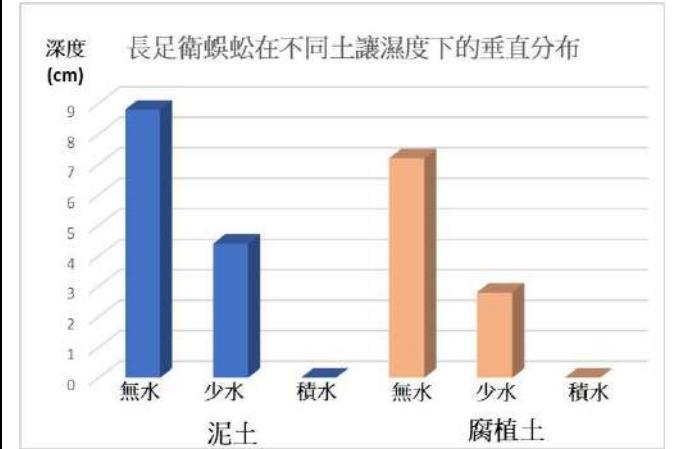
				
	以頭部撞開前方的土	鑽土時，身體呈彎曲狀	成蟲在土表下8~10cm	五齡幼蟲在土表下4~5cm

#### (四)探討土壤溼度是否會影響長足衛蜈蚣在土壤中的垂直分布：

實驗目的：長足衛蜈蚣會在土壤中鑽洞，我們想進一步了解鑽洞行為與土壤濕度的關係。

方法	1.在泥質土與腐質土的飼養環境，分別以土壤表面無水、少水(潮濕)、多水(積水)三種情況來打造環境。我們選用扁形柱狀的觀察箱，以利觀察成蟲的鑽土深度。 2.每組放入1隻成蟲觀察其鑽洞的環境位置，重複5次的實驗。實驗樣本共30隻成蟲。。 3.一天後，觀察記錄各組長足衛蜈蚣在土壤的垂直分布情形。
----	---

結果	泥土(單位：cm)			腐質土(單位：cm)			長足衛蜈蚣在不同土壤濕度下的垂直分布
	無水	少水	積水	無水	少水	積水	
第一次	9	5	0	8	3	0	
第二次	8	6	0	6	2	0	
第三次	8	3	0	7	2	0	
第四次	9	4	0	7	3	0	
第五次	10	4	0	8	4	0	
平均	8.8	4.4	0	7.2	2.8	0	



土壤	無水	少水	積水
泥土	8.8	4.4	0
腐植土	7.2	2.8	0







扁形柱狀的觀察箱，以利觀察成蟲鑽土

將泥土在太陽下曬乾變無水

無水乾燥的泥土加水變潮濕

結果分析	1. 我們發現土中的含水量對長足衛蜈蚣族群垂直分布是有相關的。在泥質土與腐質土環境下，成蟲在少水潮濕土壤環境下，會鑽入土壤較淺的表土層中。土壤濕度較大可以提供充足的水分，有助於保留身體的水分。蜈蚣在潮濕土壤中可以減少體內水分從軀幹兩側的氣門散失的速度。而蜈蚣常在溼度較高的夜間活動，可以減少水分散失。 2. 在土壤乾燥無水的環境下，成蟲會選擇鑽入土壤較深層，以減少水分流失。 3. 在土壤多水(積水)的環境下，成蟲不會選擇鑽入土壤，而是選擇停留在積水較淺處。
------	---

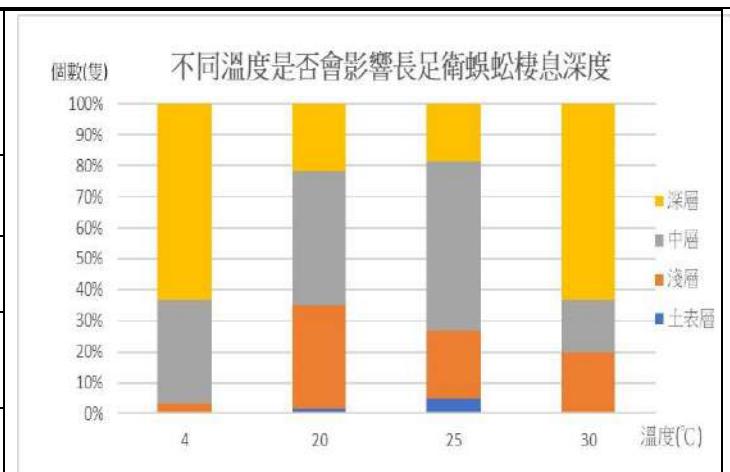
#### (五)長足衛蜈蚣對水的耐受度：因為在土壤積水時，成蟲不會鑽入土壤，我們進一步想探討其對水的耐受度。

方法	1.我們常在下雨後，看到土壤表面出現很多長足衛蜈蚣。所以我們想進一步了解長足衛蜈蚣對水的耐受度。 <b>動物倫理考量：我們會確保實驗不會對蜈蚣造成不必要的傷害。</b> 2.我們將5隻長足衛蜈蚣成蟲、五齡幼蟲放入水中觀察其保持清醒的時間，取平均值。
----	---

結果		第一隻	第二隻	第三隻	第四隻	第五隻	清醒的平均時間	
	幼蟲	2' 30"	2' 42 "	2' 37"	2' 39"	2' 32"	2分36秒	
	成蟲	3' 10"	3' 21"	3' 17"	3' 22"	3' 25"	3分19秒	
	1. 實驗結果發現成蟲對水的耐受度比五齡幼蟲高。 2. 蜈蚣要避免長時間處於過於潮濕或長期浸水的環境，過多的水分會影響其呼吸系統和活動能力。因此下大雨時，我們才會常看到蜈蚣從土壤中爬出。							
								氣門內具有橙色指狀突起
	將成蟲放入水中實驗	在水中蜈蚣身體會扭轉	成蟲對水的耐受度較高					
								第3、5、7、8、10、12、14、16、18、20節有成對的氣門
	腹部兩側有大量小氣泡	氣門附近形成許多氣泡	成蟲腹部出現大的氣泡					

結果分析	1.【氣管系統呼吸】：蜈蚣利用氣管呼吸，身體兩側與外側相通的氣門可交換氣體。氣門有開關裝置，開啟時氣體可以進出，閉合時可防止體內水分散失及外物入侵。長足衛蜈蚣共有氣門10對，分別在第3、5、7、8、10、12、14、16、18、20節。
	2.【短期浸泡】：長足衛蜈蚣短時間暴露在水中（例如暴雨後地面積水），通常可以迅速找到避難所來恢復正常生理狀態。所以下雨時長足衛蜈蚣並不常出現在土壤表面。通常等到下雨過後，空氣濕度大時，長足衛蜈蚣成蟲的活動力最旺盛。
	3.【長期浸水】：若蜈蚣長期處於水中可能導致溺水或缺氧而死亡，因此蜈蚣掉入積水中會迅速尋找乾燥隱蔽的地方，以逃避過量的水分進入體內。

#### (六) 探討氣溫是否會影響長足衛蜈蚣在土壤中的垂直分布：

方法	1. 實驗分為四組不同氣溫(4°C、20°C、25°C、30°C)下，進行蜈蚣垂直分布的調查。																									
	2. 每組放入5隻成蟲觀察其族群分布，每組共做3次的實驗。實驗樣本共60隻成蟲。我們選用扁形柱狀的觀察箱(土壤表面無遮蔽物)，以利觀察成蟲的鑽土深度。																									
3. 一天後，統計四種不同氣溫下，成蟲在泥土中垂直分布的隻數。																										
結果	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>土表</th> <th>淺層 (0-4cm 深度)</th> <th>中層 (4-8 cm 深度)</th> <th>深層 (&gt;8cm 深度)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4°C</td><td>0</td><td>2</td><td>20</td><td>38</td></tr> <tr> <td>20°C</td><td>1</td><td>20</td><td>26</td><td>13</td></tr> <tr> <td>25°C</td><td>3</td><td>13</td><td>33</td><td>11</td></tr> <tr> <td>30°C</td><td>0</td><td>12</td><td>10</td><td>38</td></tr> </tbody> </table>		土表	淺層 (0-4cm 深度)	中層 (4-8 cm 深度)	深層 (>8cm 深度)	4°C	0	2	20	38	20°C	1	20	26	13	25°C	3	13	33	11	30°C	0	12	10	38
	土表	淺層 (0-4cm 深度)	中層 (4-8 cm 深度)	深層 (>8cm 深度)																						
4°C	0	2	20	38																						
20°C	1	20	26	13																						
25°C	3	13	33	11																						
30°C	0	12	10	38																						
																										

					
	蜈蚣出現在淺層	成蟲棲息在中層土壤	成蟲在角落往下鑽土	蜈蚣棲息在土表	成蟲棲息在深層土壤中
結果分析	<p>1.30°C的高溫(如夏季或中午時段)或土壤表層乾燥，蜈蚣會向深層土壤(&gt;8cm深度)移動，以避免過熱與水分流失。</p> <p>2.氣溫過低(4°C)時，大部分成蟲則會選擇棲息在深層土壤中，冬季時躲避地面低溫的方式。</p> <p>3.在氣溫適中25°C或氣溫較冷20°C時，蜈蚣會出現在土表層、淺層或中層土壤。</p> <p>4.氣溫變化會改變獵物在土壤深度的分布，長足衛蜈蚣會相應地改變垂直分布，以獲取食物。</p> <p>5.我們驚奇地發現若土壤下層有裂隙或有蚯蚓挖好的管道，蜈蚣會直接利用土壤裂隙或蚯蚓已挖掘好的管道進行移動，進入更深(&gt;15 cm)的土壤層棲息。※詳見說明書P28的討論。</p>				

#### 四、探討長足衛蜈蚣的打鬥行為。

##### (一)探討棲地面積大小是否會影響長足衛蜈蚣的打鬥行為：

我們觀察長足衛蜈蚣鑽土時，在土壤內部並沒有出現明顯的競爭行為，但是我們卻有時會看到蜈蚣在土表上出現競爭或打鬥的行為。

1.實驗目的：探討棲地面積大小是否會影響長足衛蜈蚣的打鬥行為

2.實驗方法：

(1)蜈蚣個體準備：選取大小相近、性別隨機的長足衛蜈蚣成蟲數隻。

(2)準備三組鋪上薄土的透明實驗箱(小型、中型、大型)中，分別放入2隻蜈蚣(避免群聚效應)。小型棲地(20 cm × 20 cm)、中型棲地(40 cm × 40 cm)、大型棲地(60 cm × 60 cm)。

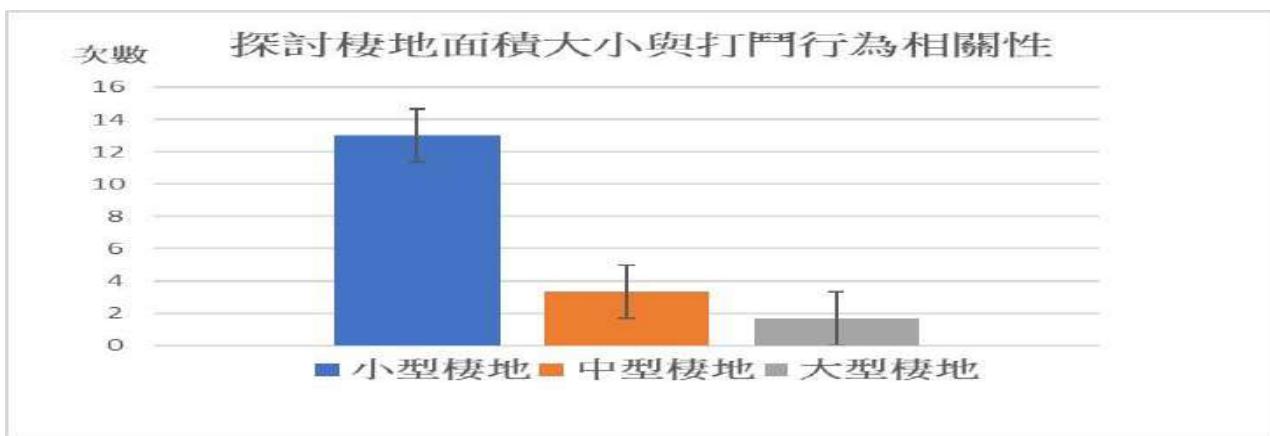
(3)透過錄影設備記錄每組個體的打鬥行為(如追逐、啃咬、推擠等)與統計單位時間內的打鬥次數，觀察時間為6小時，共進行三次實驗。

3.實驗結果：

(1)小型棲地空間最小，彼此領域重疊度高，蜈蚣容易接觸並發生衝突，打鬥頻率最高。

(2)中型或大型棲地中打鬥行為顯著減少，顯示較大空間有助於個體保持距離，降低衝突。

	小型棲地	中型棲地	大型棲地
6小時內打鬥的次數	13	4	2
6小時內打鬥的次數	11	3	2
6小時內打鬥的次數	15	3	1
平均(次)	13	3.33	1.67
			
大顎咬合住對方身體	蜈蚣啃咬對方身體	追逐行為	推擠行為



## (二)探討主場蜈蚣與客場蜈蚣的打鬥行為的勝負：

1.研究目的：探討長足衛蜈蚣在自身棲地內（主場蜈蚣）是否更具攻擊性，並分析其對外來蜈蚣（客場蜈蚣）的攻擊頻率與行為模式。

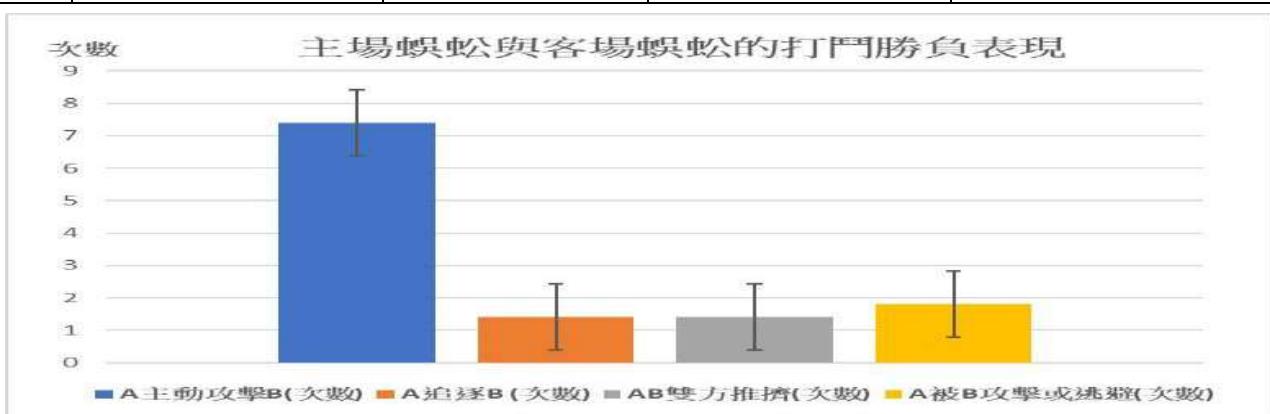
### 2. 實驗方法：

- (1) 蜈蚣個體要挑選體型大小相似、隨機性別的健康蜈蚣。蜈蚣分為主場與客場：主場蜈蚣(A) 提前放入實驗箱適應 24 小時。客場蜈蚣(B) 為外來個體，做實驗時才放入主場蜈蚣的棲地(無遮蔽物環境)。
- (2) 將 1 隻客場蜈蚣(B) 放入有 1 隻主場蜈蚣(A) 已適應的棲地內(棲地面積 30 cm × 30 cm)。觀察六小時，記錄主場蜈蚣(A) 的行為（主動攻擊對方、追逐對方、被對方攻擊逃避、雙方推擠、爬行後停留原地）與行為表現次數。
- (3) 共分五組，進行 5 次實驗。

### 3. 實驗結果：

- (1) 主場蜈蚣較容易攻擊客場蜈蚣，推測其對該棲地較熟悉，並將入侵者視為競爭對象。客場蜈蚣較少主動發起攻擊，可能因環境陌生而表現較為謹慎或逃避。
- (2) 主場蜈蚣的主動攻擊比例較高，主場蜈蚣對環境更具掌控力，有較高的領域防衛行為。所以主場優勢會影響攻擊行為。

組別	A 主動攻擊 B(次數)	A 追逐 B (次數)	AB 雙方推擠(次數)	A 被 B 攻擊或逃避(次數)
一	8	2	1	2
二	7	0	3	1
三	9	1	1	1
四	7	1	2	2
五	6	3	0	3
平均	7.4	1.4	1.4	1.8



			
主場蜈蚣的主動攻擊	雙方扭打在一起	雙方身體重疊	主場蜈蚣翻身咬客場
			
客場蜈蚣掙脫中	主場蜈蚣繼續攻擊	客場蜈蚣試圖脫逃	客場蜈蚣脫逃成功

4.結果分析：主場蜈蚣較具攻擊性，可應用於了解蜈蚣的領域行為與競爭策略，這可為人工飼養提供參考依據，例如如何減少蜈蚣之間的攻擊行為，提高存活率。

### (三)探討蜈蚣的體型大小對於打鬥行為的勝負關係：

1.研究目的：探討長足衛蜈蚣體型大小對於打鬥行為的勝負關係，並分析勝利者蜈蚣的攻擊頻率與行為模式。

#### 2.實驗方法：

(1)測量性別隨機的健康長足衛蜈蚣的體長，分為大型蜈蚣(A)、小型蜈蚣(B)兩種，兩者體長的差距達 30%以上。實驗用蜈蚣要預先禁食 48 小時，將大型蜈蚣(A)與小型蜈蚣(B)同時放入無遮蔽物環境的小型棲地 (20 cm × 20 cm)。

(2)觀察六小時，記錄蜈蚣的各種行為（如主動攻擊對方、追逐對方、雙方推擠、被對方攻擊或逃避、爬行後停留原地）與行為表現次數。

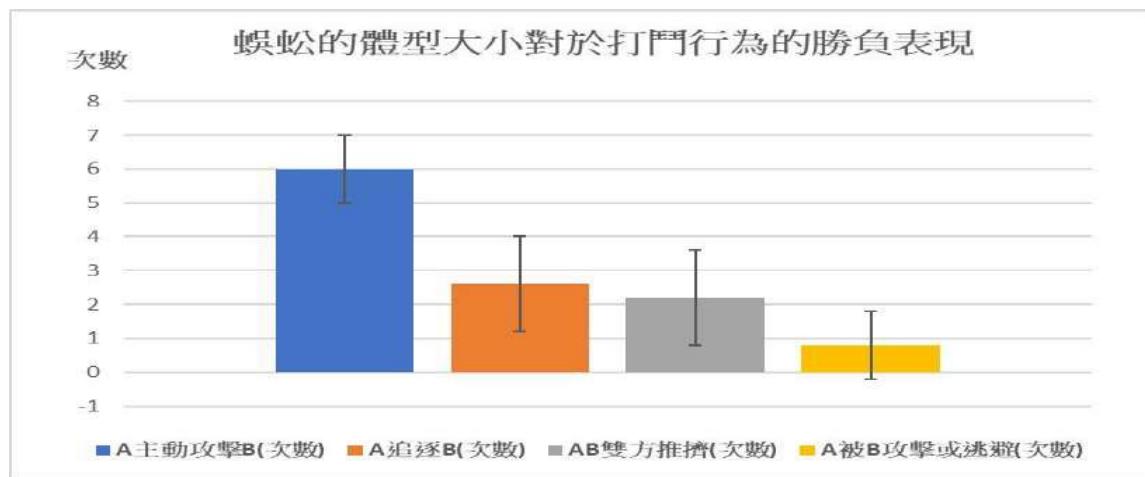
(3)共分五組，進行 5 次實驗。

#### 3.實驗結果：

(1)大型蜈蚣攻擊小型蜈蚣的次數較多。我們推測大型蜈蚣肌肉力量較強與有較長的毒鉤，常會朝向對方的頭部或中段攻擊，所以大型蜈蚣在咬合與攻擊對方時較佔有優勢。

(2)大型蜈蚣被小型蜈蚣的推擠與攻擊的次數較少。我們推測大型蜈蚣的身體軀殼與外骨骼較厚實，能承受更多攻擊而較不會失去行動能力。

組別	A 主動攻擊 B(次數)	A 追逐 B(次數)	AB 雙方推擠(次數)	A 被 B 攻擊或逃避(次數)
一	5	2	4	1
二	7	4	2	0
三	4	2	2	2
四	8	3	1	1
五	6	2	2	0
平均	6	2.6	2.2	0.8



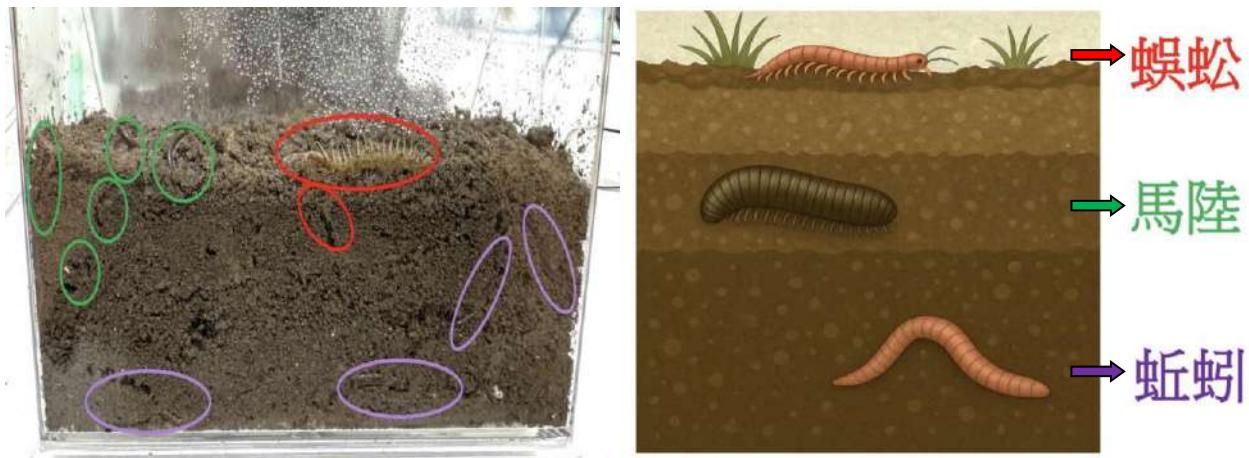
4.結果分析：大型蜈蚣成功攻擊小型蜈蚣的次數較多，雖然體型大小在蜈蚣打鬥行為是勝負的重要關鍵，但其實勝負結果還受到個體的靈活度、攻擊策略、健康狀況與環境因素等影響。

## 伍、討論

一、長足衛蜈蚣的棲地中常發現馬陸、蚯蚓的族群，三種生物的生態棲位不同，族群的水平分布相同，都喜愛棲息在潮濕、含腐植質的土壤，但是三者在土壤中的垂直分布卻不同。我們在同棲地的土壤剖面圖中(如下圖)，發現長足衛蜈蚣、馬陸、蚯蚓的垂直分布關係：

**蜈蚣（土表上或表層） → 馬陸（表層、腐植層） → 蚯蚓（較下層）**

- (1) 蜈蚣為掠食者，捕食其他小型昆蟲，較喜愛棲息在土表上或土壤表層。
- (2) 馬陸為清除者，攝食落葉或腐植層，較喜愛棲息在土壤的腐植層。
- (3) 蚯蚓為清除者：較喜愛棲息在土壤下層。可挖洞改善土壤通氣與排水並可促進有機質分解。



我們從食性的實驗中發現：長足衛蜈蚣雖然是掠食者，但對蚯蚓的捕食喜愛程度不大。蜈蚣與蚯蚓的交互作用仍以**捕食—被捕食**關係為主，所以蜈蚣可能會對蚯蚓的行為與分佈產生影響。長足衛蜈蚣不會攝食馬陸，加上蜈蚣與馬陸的食性不同，在資源上沒有直接競爭，所以競爭的壓力不大。蜈蚣與馬陸常在同棲地出現，不是因為捕食關係造成，而是因為兩者都偏好相同的棲息環境條件。馬陸攝食並分解枯葉，加快有機物的分解速度，也有助於土壤養分的循環。蚯蚓主要攝食並分解植物殘體與有機物。馬陸偏好較大塊、未分解完全的植物殘體，蚯蚓則偏好腐爛較徹底的有機質，兩者食物來源有部分重疊但非強烈競爭。

我們未來想進一步更深入研究蜈蚣、馬陸、蚯蚓三種生物的其中一種生物族群數量的增減是否會對其他二種生物族群的分布與數量造成影響？

二、在探討氣溫是否會影響長足衛蜈蚣在土壤中的垂直分布的實驗中，實驗結果顯示氣溫過高或過低，蜈蚣會向深層土壤(>8cm深度)移動。我們在實驗過程中驚奇的發現長足衛蜈蚣向土壤深處移動時，有時會沿著土壤的裂隙或直接利用蚯蚓已挖掘好的現成管道，來進行移動。這種「重複利用資源」的行為是高效率的生存策略。



長足衛蜈蚣沿著土壤的裂隙向下移動，不用挖土 蜈蚣利用蚯蚓已挖掘好的土壤管道移動

長足衛蜈蚣直接利用蚯蚓已挖掘好的現成管道，來進行移動的原因：

- (1) **節省力氣**：蜈蚣不像蚯蚓擅長挖土，蜈蚣可利用天然裂縫、土壤隙縫、腐木或其他動物挖好的通道（如蚯蚓、甲蟲幼蟲等留下的洞穴）來移動或躲藏。
- (2) **方便覓食與藏身**：蜈蚣是肉食性掠食者，常以昆蟲、小型節肢動物、甚至蚯蚓為食。蜈蚣可利用蚯蚓通道尋找獵物，或是躲避掠食者與乾燥環境。
- (3) **避開乾燥與高溫**：蜈蚣喜歡陰暗潮濕的環境，蚯蚓挖好的通道提供理想的濕度與溫度，是蜈蚣的天然庇護所。

**三、蜈蚣為生態指標生物**：蜈蚣對於環境變化、污染程度以及棲地健康狀況相當敏感。蜈蚣的數量與多樣性能夠反映環境品質，特別是在土壤健康、生物多樣性、污染程度及生態系統穩定性等方面。因此，蜈蚣可以作為監測環境變遷的生物指標，對於生態保育與環境管理具有重要意義。以下是蜈蚣作為環境指標的項目：

- 1.土壤健康指標**：蜈蚣多生活在潮濕、富含有機質的土壤或落葉層中，因此蜈蚣的數量與多樣性可以反映土壤的養分含量與結構。在農地或森林中，蜈蚣的消失可能表示土壤品質下降，可能是農藥污染、重金屬累積或土壤汙染所造成的。
- 2.生物多樣性指標**：蜈蚣主要捕食昆蟲及小型無脊椎動物，因此其存在可間接反映該地區昆蟲及其他土壤底棲生物的豐富度。在棲地遭受破壞後，蜈蚣的多樣性與數量可能大幅減少。
- 3.環境污染指標**：蜈蚣對於重金屬（如鉛、汞、砷）污染較敏感，因此在受污染地區，其族群數量可能減少或體內重金屬含量升高。研究發現，某些蜈蚣體內會累積環境中的毒素，因此可以作為監測環境污染的生物累積指標。
- 4.森林與生態系統健康指標**：在原始森林或較完整的生態系統中，蜈蚣的種類與數量通常較高，顯示該地區擁有穩定的食物鏈與適合的生態條件。如果蜈蚣數量減少，可能顯示森林生態系統已經受到干擾，如過度伐木、棲地破壞。
- 5.城市與農田生態指標**：蜈蚣的存在表示城市或農田仍有適合的小型無脊椎動物生存的環境（如潮濕的公園、花園或未受污染的土地）。

## 陸、結論

### 一、蜈蚣的型態與分類以及長足衛蜈蚣的生活史與成長情形：

1. **種類與分類**：動物界→節肢動物門→唇足綱→蜈蚣目→蜈蚣科→衛蜈蚣屬→長足衛蜈蚣。
2. **形態構造**：頭部兩側各有 4 個成叢的單眼。觸角分為 18 節，口器由大顎一對（內有毒腺）、小顎二對所組成。有 21 個體節，21 對步足，最後的體節有拖曳肢。第 3、5、7、8、10、12、14、16、18、20 體節都有氣門。
3. **雌雄的區別**：用手指輕擠其尾部，有生殖肢為雄體。雄體有交配器，雌性有產卵器。雌體體型較大，腹部較圓潤肥厚；雄體體型較小，腹部平直緊縮。野外調查雌雄的數量比例，雄性占 8.3%，雌性占 91.7%。
4. **生殖行為**：春季與夏季交配與產卵情形最頻繁。雄體排出精莢，雌體利用尾節接收精液放入體內，間接體內受精。雌體將卵堆產在軀幹背部，接著會以腹部和步足抱卵，並捲曲身體將卵堆纏繞。
5. **不同月份族群數量的變化**：春季和夏季是成蟲的活動高峰期，溫暖潮濕的環境有助於其繁殖和生長。秋季時，蜈蚣活動開始減緩，冬季蜈蚣活動最少，處於低代謝狀態。一年中，長足衛蜈蚣族群變化呈現波動狀態。成蟲的環境負荷量約為 10 隻/平方公尺。
6. **成長情形**：幼蟲通常蛻皮八次成為具有生殖能力的成蟲。卵的孵化及幼蟲生長發育的速度均與溫度有關係。台灣南部冬天氣溫偏高，南部整年皆可發現長足衛蜈蚣。自然環境下成蟲壽命 2~3 年，人工飼養的成蟲壽命 1~2 年。
7. **蛻皮行為**：蛻皮前，身體與步足顏色變淡，行動變遲緩，蛻皮時先頂破頭板，從頭部往身體末端蛻皮，蛻皮後須等外骨骼硬化。
8. **生存曲線**：長足衛蜈蚣偏向屬於平均死亡型(對角線型)。長足衛蜈蚣的生殖策略是利用產生適量的卵，死亡率無論在何種齡期，都維持差不多的比率。我們推測可能與母成蟲有照顧卵堆與一齡幼蟲的行為有關，但育幼仍不及幼年低死亡型完善。

### 二、長足衛蜈蚣的棲息環境與飼養方法：

1. **棲息環境**：台灣的平地或低海拔山區有長足衛蜈蚣的族群。喜愛棲息在潮濕、陰暗的隱蔽處，調查族群數量為花盆底下 > 枯枝朽木堆下 > 磚頭或石頭下 > 帆布下方。因每天澆水，花盆底下土壤環境較為潮濕，所以長足衛蜈蚣喜愛棲息在花盆底下的環境。
2. **族群分布**：局部高密度的叢生分佈
3. **採集方式**：快速將花盆下的蜈蚣抓取並放入高筒型採集桶內，以避免蜈蚣從桶子爬出。
4. **遮蔽物的材質**：長足衛蜈蚣最喜愛棲息在腐木這種高保濕性的遮蔽物，其次分別為石塊與帆布袋下方，最不喜歡棲息在金屬下方。
5. **趨性**：長足衛蜈蚣具有趨地性、負趨光性行為。隨齡數增加，避光反應程度漸增，成蟲單眼完全成熟避光最為明顯。蜈蚣對不同色光會有不同程度的負趨光性，短波長(藍光、白光)會引起蜈蚣強烈的逃避反應，而長波長(紅光)則影響較小。負趨化性方面，我們可噴灑綠油精精油在住家附近，以用在防治蜈蚣入侵家中。
6. **飼養方式**：飼養環境定期噴水打造潮濕的土壤環境，維持相對溼度 70%~80%，溫度 24~30 °C。土壤上可放置枯枝落葉、石頭等遮蔽物供其躲藏。以蛋白質小昆蟲進行餵食。
7. **對不同食物的喜好與進食行為**：長足衛蜈蚣觸角伸向前方，採取主動捕獵，主要靠嗅覺感應活的獵物。晚上 8~12 點為捕食高峰期。對食物的選擇以會動的活體為主，偏好小型昆蟲

(麵包蟲、蟋蟀、蟑螂)，主要以蛋白質食物為主，耐餓程度高。

8.清潔行為：使用第一小顎的絨毛、第二小顎的剛毛，來進行其步足、拖曳肢、觸角。

### 三、長足衛蜈蚣的鑽土行為與在土壤中垂直分布的情形：

#### 1.爬行與鑽土行為：

(1)蜈蚣爬行時有多足支撐，步足末端有小型爪或鉤狀結構，可增加抓地力，透過波動式的運動來調整重心。爬行速度約 2.64cm/sec。蜈蚣適合養在表面摩擦力較小的玻璃箱或壓克力箱，並在箱口周圍塗上沙拉油，以避免蜈蚣爬出箱外。

(2)蜈蚣先以觸角探測土壤，再決定是否要鑽土。鑽土時使用前幾對步足前進，身體與土表約呈 45 度，以頭部撞開前方的土，推動身體進入土壤空隙。土中移動速度較慢，約 0.82 cm/sec。

2.不同土壤條件下的行為表現：大部分的長足衛蜈蚣成蟲會喜愛生活在空隙較大的泥土，其次是腐植土。而沙土太疏鬆；黏土太緊密，成蟲在這兩種土壤鑽土的比例很低。

3.不同體長的長足衛蜈蚣的棲地深度：個體齡數愈接近成蟲，體長愈長，其棲息土壤的位置愈深。體長的長度與棲息土壤深度呈現正相關。

4.土壤溼度影響蜈蚣在土壤中的垂直分布：在泥質土與腐質土下，成蟲在少水潮濕土壤，會鑽入土壤較淺的表土層中。土壤乾燥無水，鑽入土壤較深層。土壤積水，成蟲不會選擇鑽入土壤，而是選擇停留在積水較淺處。

5.對水的耐受度：成蟲對水的耐受度比五齡幼蟲高。

6.氣溫影響蜈蚣在土壤中的垂直分布：30°C 氣溫，蜈蚣會向深層土壤(>8cm 深度)移動，25°C 或氣溫較冷 20°C 時，蜈蚣出現在土表層、淺層或中層土壤。氣溫過低(4°C)時，大部分成蟲則會選擇棲息在深層土壤中。

### 四、長足衛蜈蚣的打鬥行為：

1.棲地面積大小：小型棲地空間最小，蜈蚣領域重疊度高，容易接觸並發生衝突，打鬥頻率最高。中型或大型棲地中打鬥行為顯著減少，顯示較大空間有助於個體保持距離，降低衝突。

2.主場蜈蚣與客場蜈蚣的互動關係：主場蜈蚣較容易攻擊客場蜈蚣，推測其對該棲地較熟悉，並將入侵者視為競爭對象，有較高的領域防衛行為。客場蜈蚣較少主動發起攻擊，可能因環境陌生而表現較為謹慎或逃避。

3.蜈蚣體型大小對於打鬥行為的勝負關係：大型蜈蚣攻擊小型蜈蚣的次數較多。我們推測大型蜈蚣肌肉力量較強與有較長的毒鉤，常會朝向對方的頭部或中段攻擊，所以大型蜈蚣在咬合與攻擊對方時較佔有優勢。

## 柒、參考文獻資料

一、朱靜波、羅繼虎 怎樣辦好一個螞蟻、土元、蜈蚣養殖場 中國出版社 2004

二、龔泉福 蜈蚣、蠍子、螞蟻、蚯蚓、螞蟻、蛤蚧、地鱉蟲 上海科學技術文獻出版社 2001

三、張崇洲、曹云、王利忠、黃祝堅 蜈蚣養殖技術 金盾出版社 2000

四、趙瑞隆 古籍中的唇足動物 中華科技史學會會刊第七期 2004

五、倪文娟等十六名 作品名稱：蜈蚣簡介 全國中小學科展作品第 20 屆--民國 69 年

六、趙瑞隆、張學文 從台灣唇足動物的生物多樣性與系統分類論文

七、趙瑞隆 台灣蜈蚣的概論 鳥語 252 期 2003

## 【評語】030302

1. 此研究選題具創意且貼近生活，針對長足衛蜈蚣進行多面向觀察，包括形態、生活史、行為、生殖與環境偏好等，觀察細緻且內容豐富，顯示出高度的觀察力與資料蒐集能力，尤其在行為紀錄方面展現系統性與深度，值得肯定。
2. 研究中雖提出多項假說並搭配野外與人工飼養實驗進行驗證，但部分推論如溫濕度對生長影響、蛻皮失敗原因及垂直分布現象等，缺乏實際數據支持，建議補充對環境變因如氣溫、土壤溫濕度等之實測紀錄，以提升論述的科學性。
3. 行為觀察設計具潛力，但部分術語定義尚不明確，如對「推擠」、「攻擊」等行為的分類標準不夠清楚，建議未來可加入明確操作性定義，使後續資料分析與行為判別更具一致性與可重複性。
4. 討論內容以觀察為主，與既有文獻的比較略顯薄弱，部分推論也缺乏引用來源，如死亡原因、蠟質層缺乏導致乾燥敏感等敘述，建議強化文獻支持，並聚焦於蜈蚣本身的生態特性，避免跨物種如蚯蚓、馬陸比較過度擴散主題。
5. 數據整理相當詳實，樣本數亦充足，但目前尚未進行統計顯著性分析，圖表亦未附誤差範圍，建議可補充簡單的統計方法如  $t$  檢定與標準差，提升數據呈現的說服力與科學性。

6. 成果呈現方式尚可改善，部分圖文混排於表格內顯得擁擠，不利閱讀，建議未來可將圖片、表格與文字適當分離與排版，提升整體版面清晰度與可讀性。

作品海報

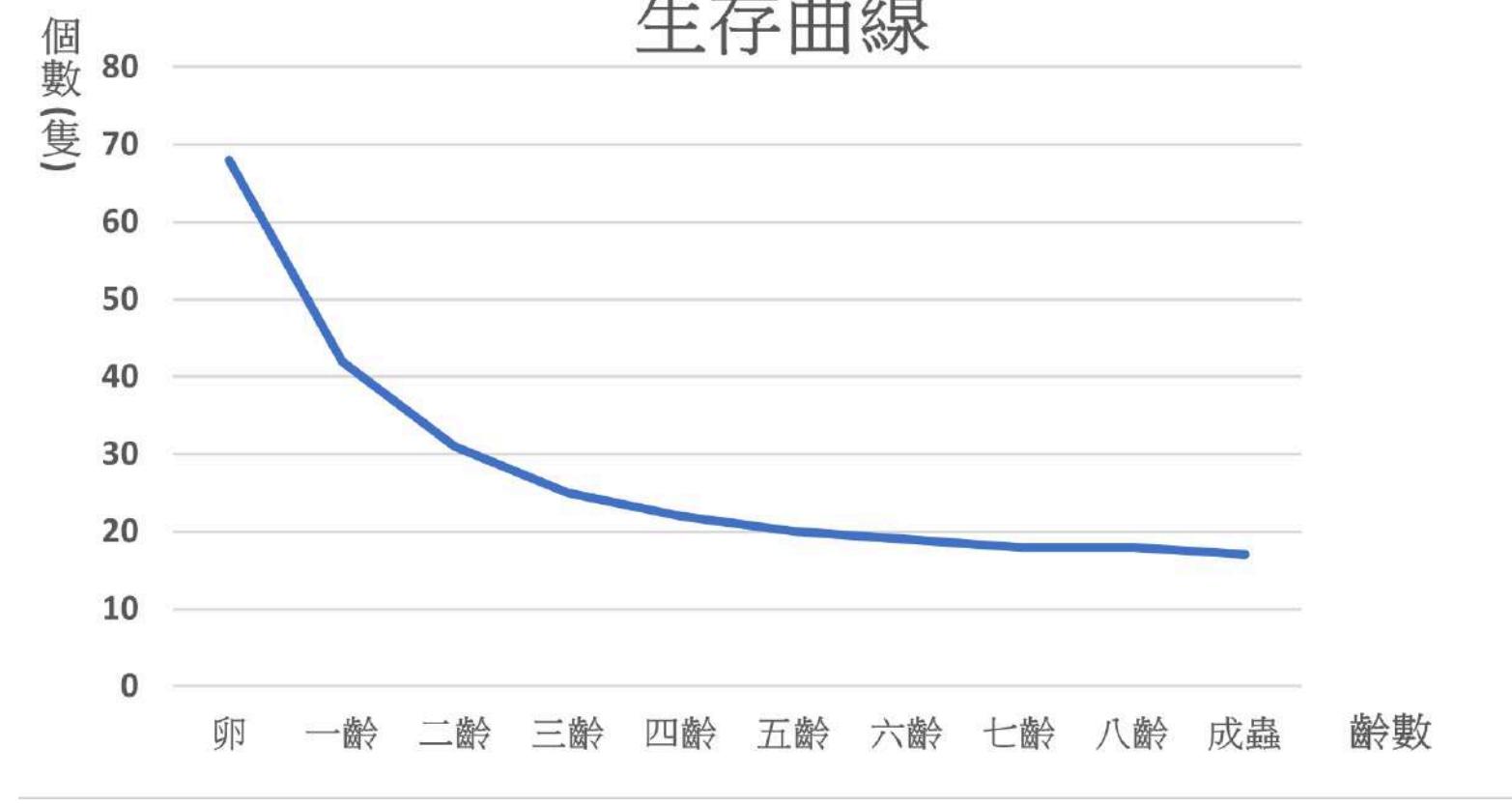
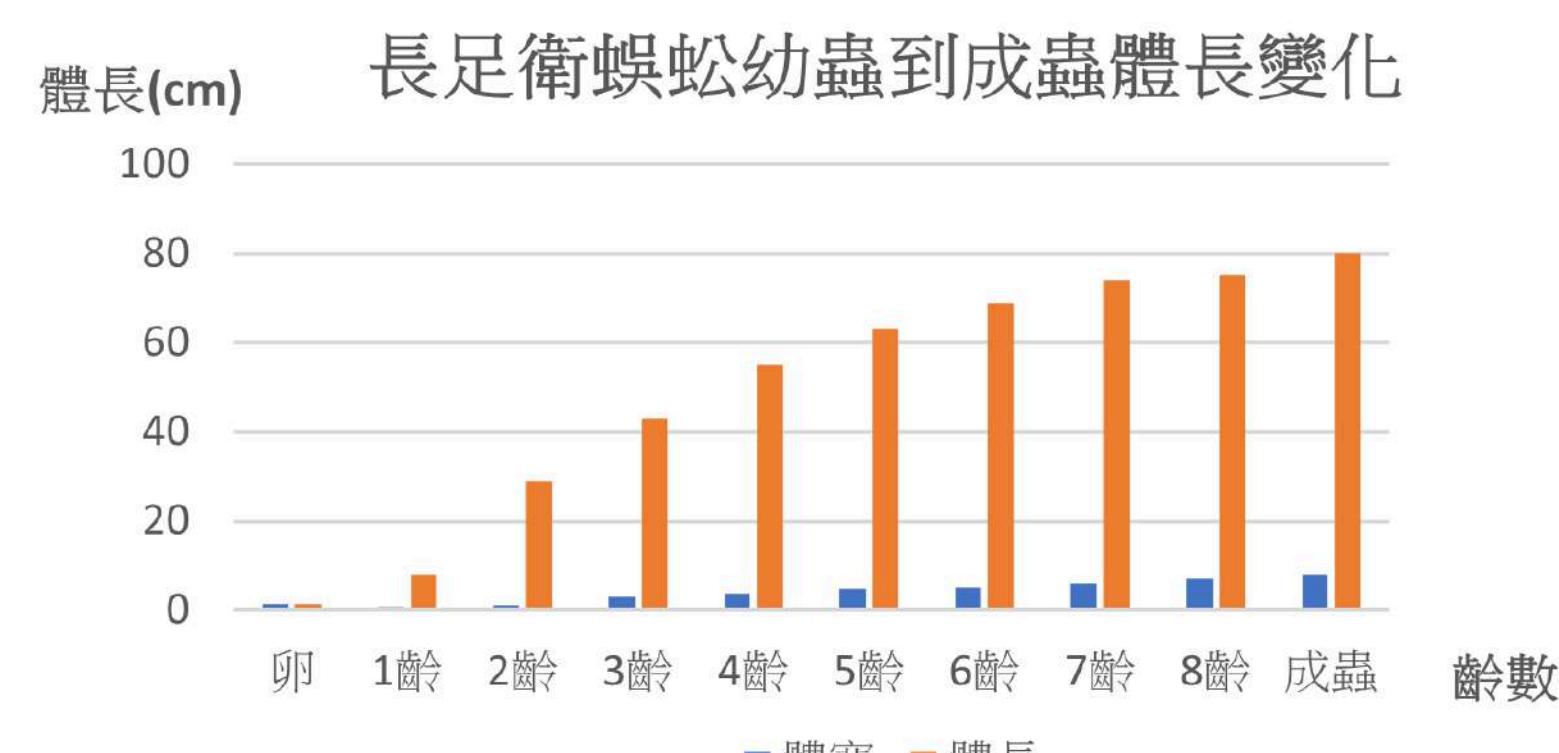
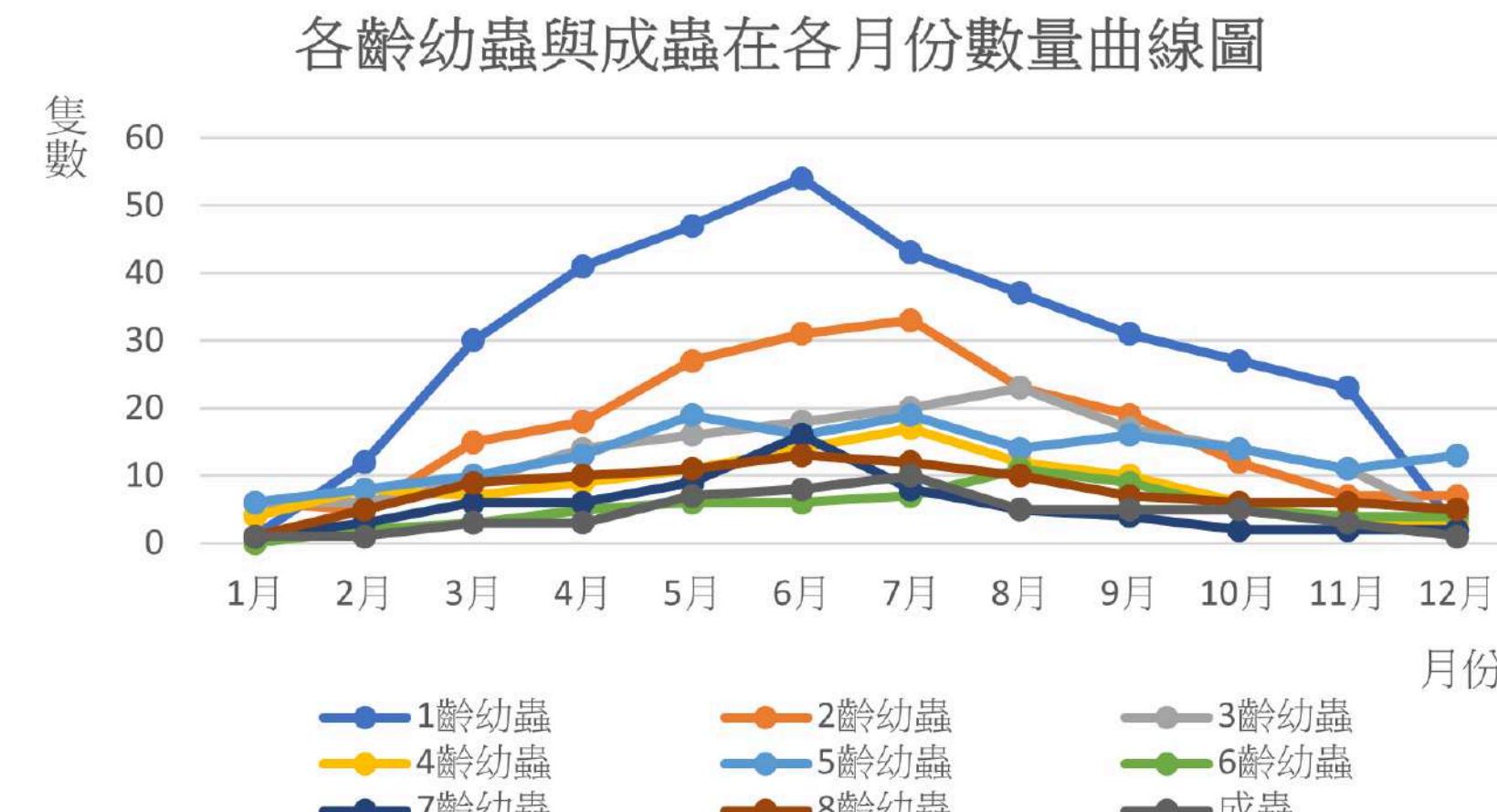
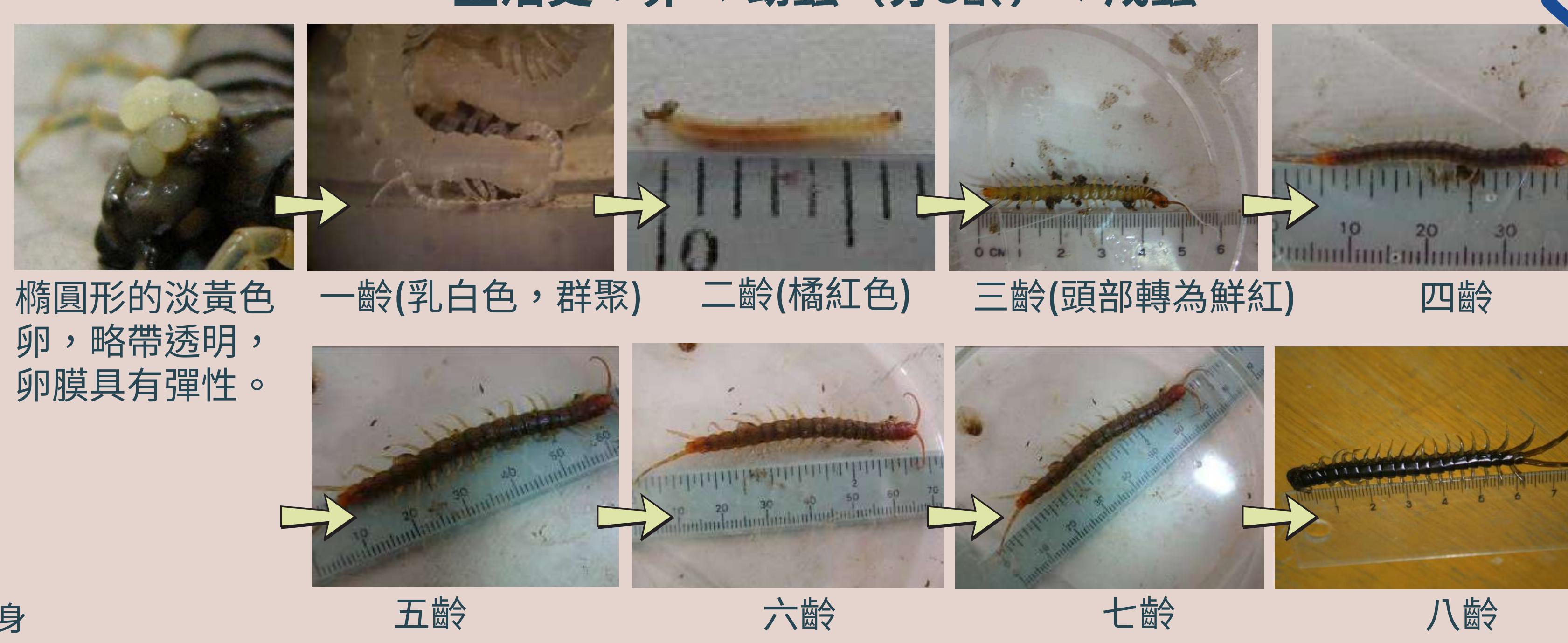
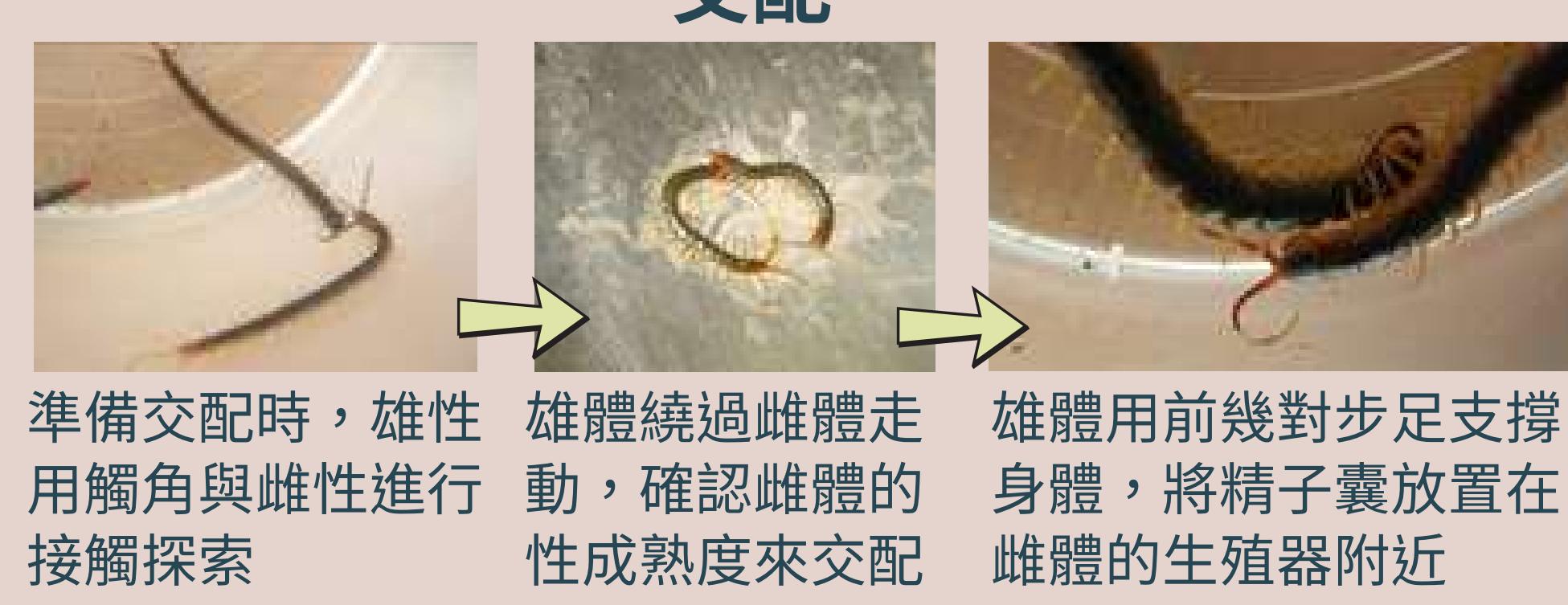
# 探討長足衛蜈蚣的 型態與生態行為

多腳魔王





## 生活史&生殖



## 行為&趨性

### 一、探討遮蔽物的材質是否會影響長足衛蜈蚣對棲地的選擇

實驗方法：

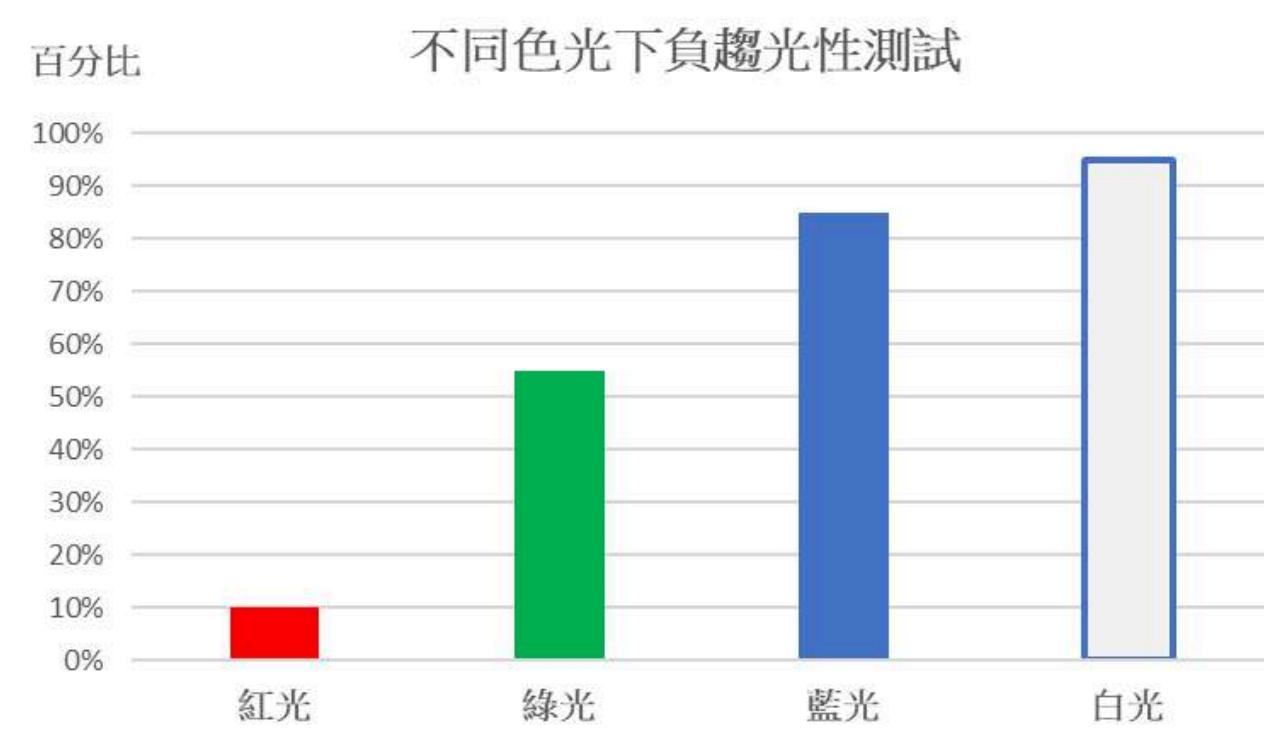
1. 使用超大透明實驗箱，鋪上厚10cm的泥土，分為6個區域放置不同遮蔽物
2. 置入30隻健康的長足衛蜈蚣，觀察12小時並記錄。



### 三、探討長足衛蜈蚣對不同波長色光的負趨光反應是否表現出不同程度的反應

實驗方法：

在暗室設置觀察箱，一側裝設固定光強的LED燈，照射觀察箱，觀察箱的另一側保持黑暗。測試蜈蚣成蟲是否會向遠離光源方向移動或停留時間較長。



### 六、探討在土壤環境中長足衛蜈蚣的爬行與鑽土行為

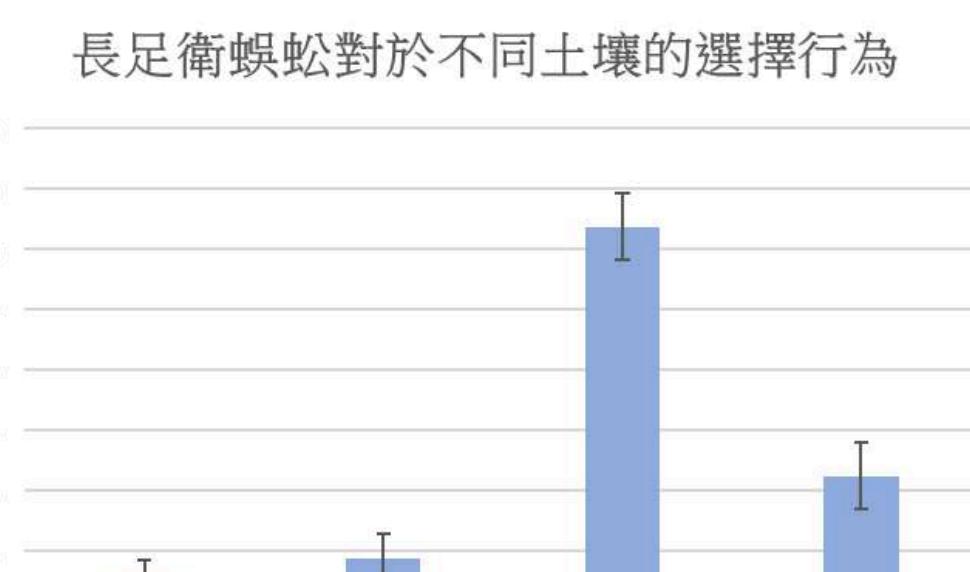
【爬行】在土表上步行，其平均行走速度約2.64cm/sec  
【鑽土】若土壤表層無任何遮蔽物，長足衛蜈蚣會進行鑽土



### 七、探討長足衛蜈蚣在不同土壤條件下的行為表現：(土質條件不同)

實驗方法：

1. 區隔出四個空間(如圖)，深度皆為25cm。抽離分隔板後，放入長足衛蜈蚣成蟲20隻。
2. 一天後，觀察其喜歡躲入何種土質中並紀錄其分佈狀況 (樣本數=20，實驗共進行4次)

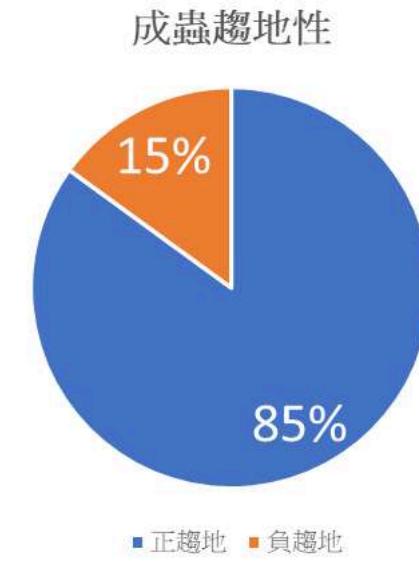


### 二、探討長足衛蜈蚣的趨地性行為&趨光性行為

#### 趨地性(正趨地性)



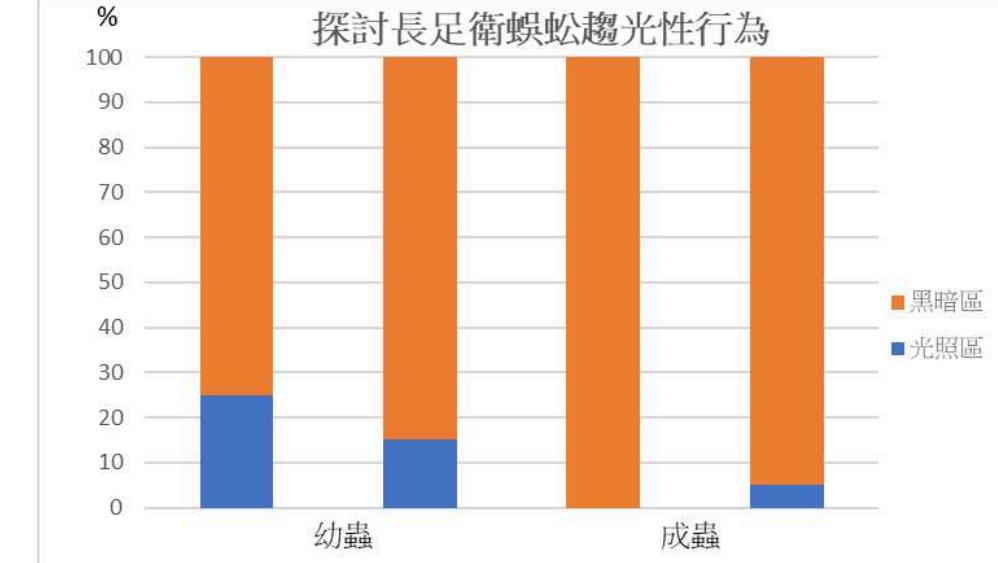
成蟲趨地性



#### 趨光性(負趨光性)



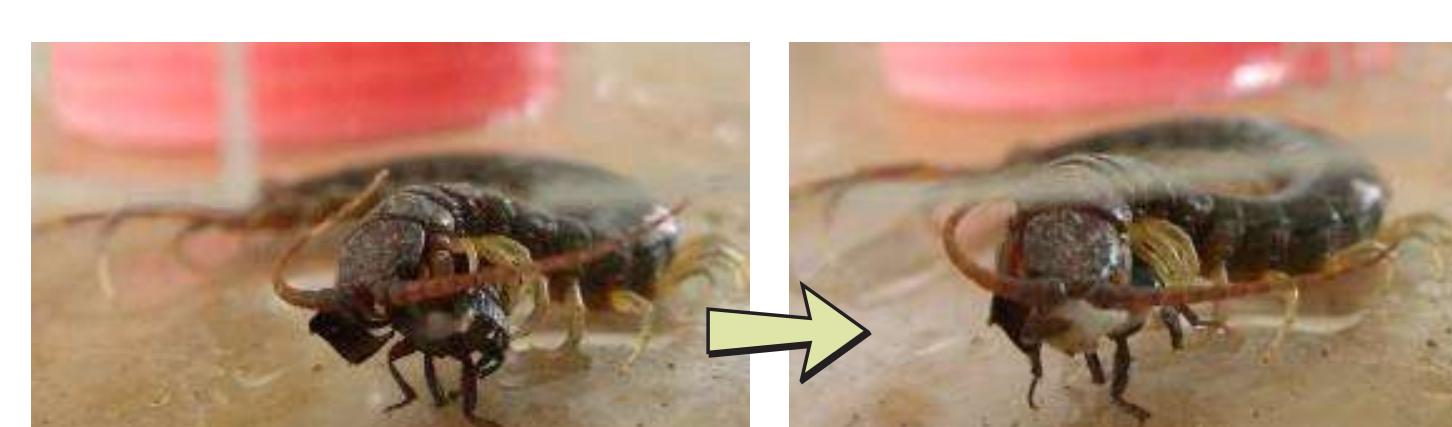
光照區與黑暗區



### 四、探討長足衛蜈蚣對刺激性氣味的忌避性行為



### 五、探討長足衛蜈蚣成蟲對不同類型食物的喜好並分析其進食行為



以毒鉤殺死獵物，鞭狀擺動。再用大顎咬斷

結論：

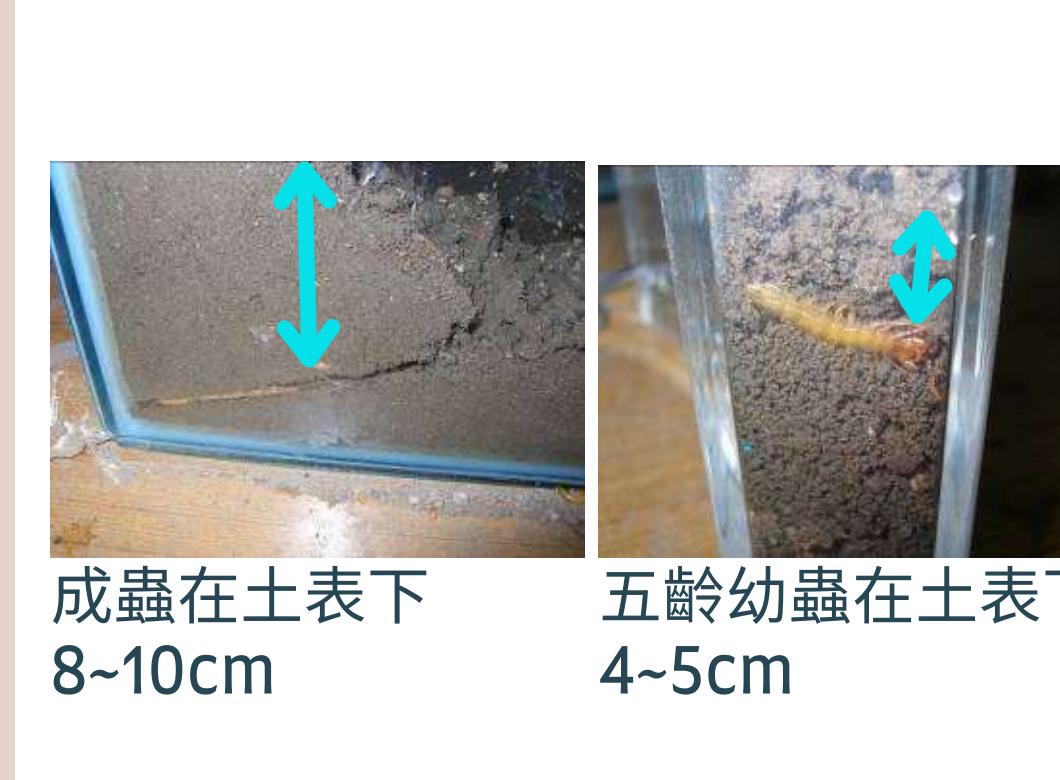
- 食物喜好選擇模式：麵包蟲(蛹) > 麵包蟲(幼蟲) > 蟑蟀 > 麵包蟲(成蟲) > 金龜子幼蟲 > 蚯蚓 > 碎肉(非活體蛋白質) > 腐爛的死亡蟋蟀 > 吐司
- 晚上8~12點為活動與捕食的高峰期
- 長足衛蜈蚣很耐飢餓，即使50天未進食，也不至於會餓死



### 八、探討不同體長的長足衛蜈蚣是否影響其棲地深度

實驗方法：

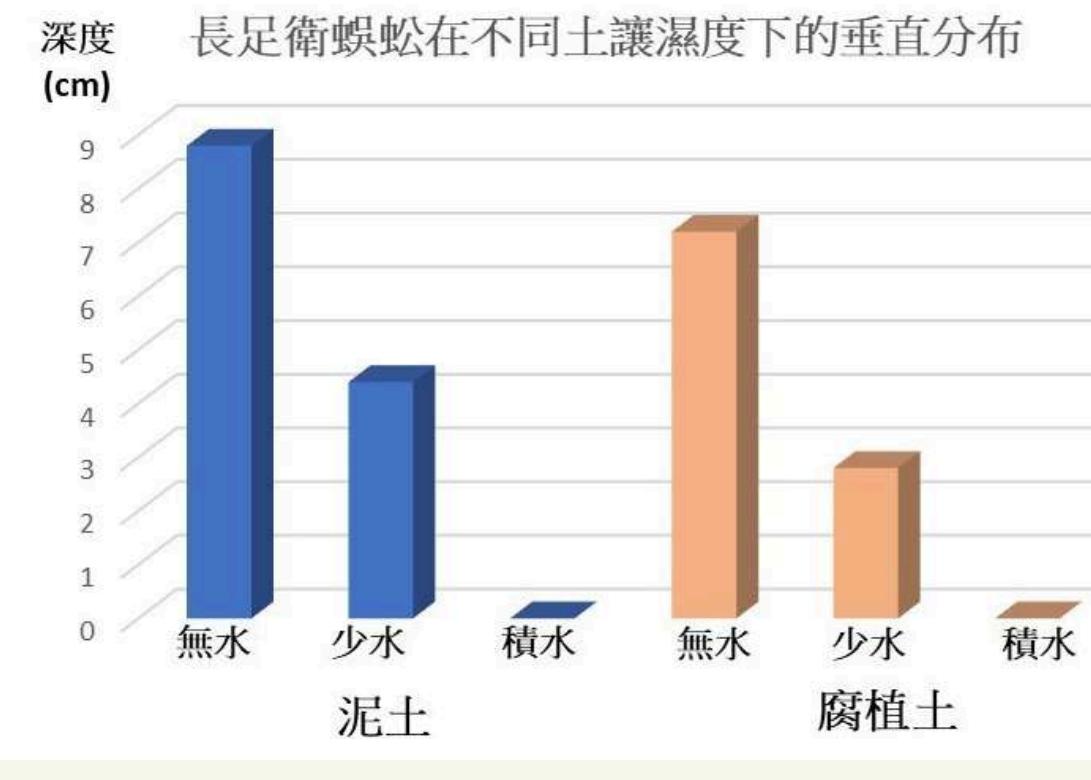
1. 在透明觀察箱中放入泥土，土表上無任何遮蔽物，將現有飼養的蜈蚣依不同體長分為17組，均勻分布在表土中進行實驗
2. 一天後，觀察不同體長的長足衛蜈蚣在土壤的垂直分布情形。



## 九、探討土壤溼度是否會影響長足衛蜈蚣在土壤中的垂直分布

### 實驗方法：

- 在泥質土與腐質土的飼養環境，分別以土壤表面無水、少水(潮濕)、多水(積水)三種環境
- 每組放入1隻成蟲觀察其鑽洞的環境位置，重複5次的實驗。實驗樣本共30隻成蟲
- 一天後，觀察記錄各組長足衛蜈蚣在土壤的垂直分布情形。

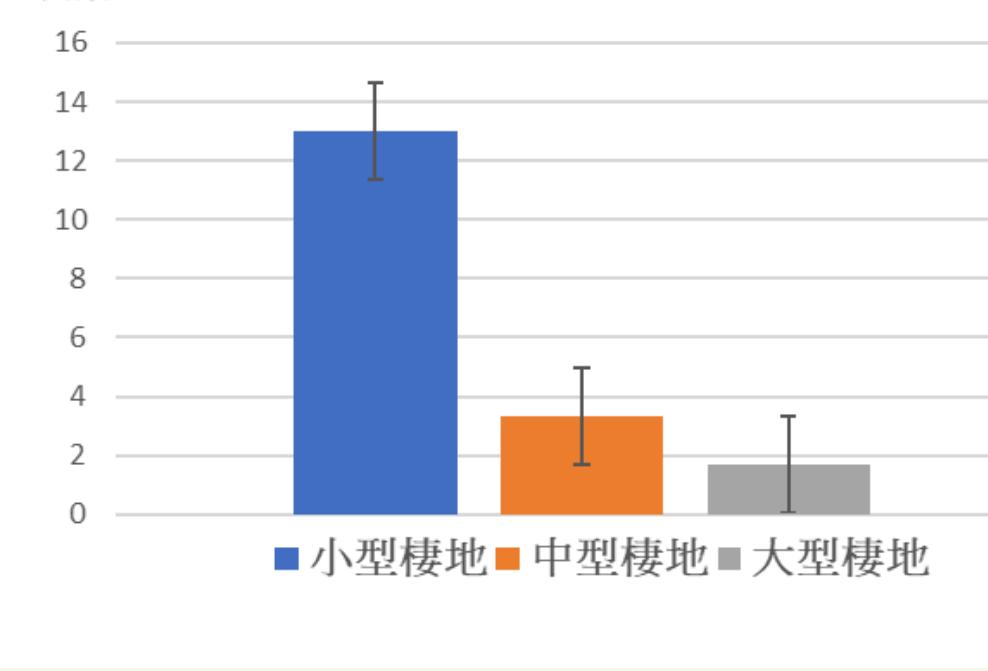


## 長足衛蜈蚣族群打鬥行為

### 一、探討棲地面積大小是否會影響長足衛蜈蚣的打鬥行為

#### 實驗方法：

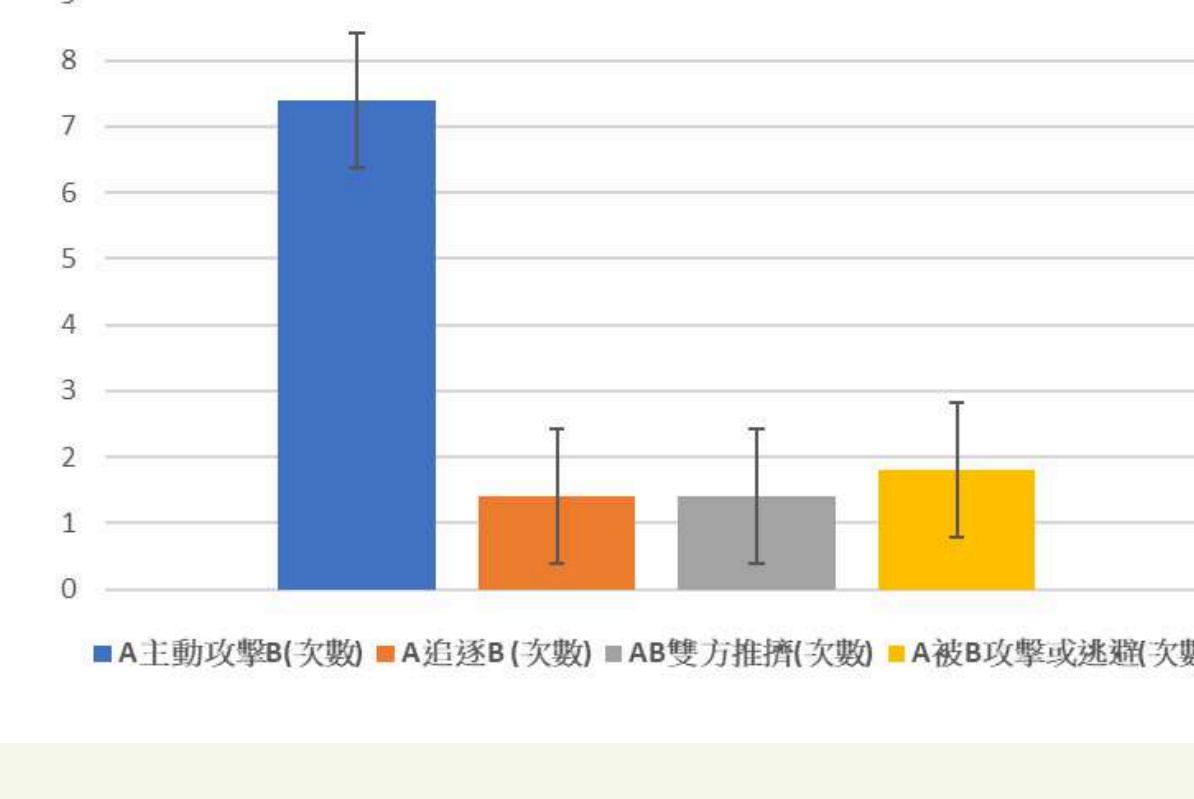
準備三組鋪上薄土的透明實驗箱(小、中、大)，分別放入2隻蜈蚣(避免群聚效應)，錄影紀錄6小時。



#### 實驗方法：

蜈蚣分為主場與客場：

主場蜈蚣(A)提前放入實驗箱適應24小時。客場蜈蚣(B)為外來個體，做實驗時才放入主場蜈蚣的棲地(無遮蔽物環境)，記錄主場蜈蚣(A)的行為。



## 討論



一、長足衛蜈蚣的棲地中常發現馬陸、蚯蚓的族群，三種生物的生態棲位不同，族群的水平分布相同，都喜愛棲息在潮濕、含腐植質的土壤，但是三者在土壤中的垂直分布卻不同。

蜈蚣為掠食者，捕食其他小型昆蟲，較喜愛棲息在土表上或土壤表層。

馬陸為清除者，攝食落葉或腐植層，較喜愛棲息在土壤的腐植層。

蚯蚓為清除者：較喜愛棲息在土壤下層。可挖洞改善土壤通氣與排水並可促進有機質分解。

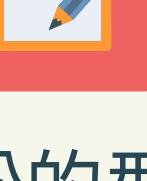
未來想進一步更深入研究蜈蚣、馬陸、蚯蚓三種生物的其中一種生物族群數量的增減對其他二種生物族群的分布與數量造成影響



二、實驗結果顯示氣溫過高或過低，蜈蚣會向深層土壤(>8cm深度)移動。實驗過程中驚奇的發現長足衛蜈蚣向土壤深處移動時，有時會沿著土壤的裂隙或直接利用蚯蚓已挖掘好的現成管道，來進行移動。這種「重複利用資源」的行為是高效率的生存策略。其原因可能是(1)節省力氣(2)方便覓食與藏身(3)避開乾燥與高溫

三、蜈蚣為生態指標生物：蜈蚣對於環境變化、污染程度以及棲地健康狀況相當敏感。蜈蚣的數量與多樣性能夠反映環境品質，特別是在土壤健康、生物多樣性、污染程度及生態系統穩定性等方面。

## 結論



一、長足衛蜈蚣的型態與分類以及長足衛蜈蚣的生活史與成長情形：

- 形態構造：頭部兩側各有4個成叢的單眼。觸角分為18節，口器由大顎一對(內有毒腺)、小顎二對所組成。有21個體節，21對步足。雄體有交配器，雌性有產卵器。雌體體型較大，腹部較圓潤肥厚，野外調查雌雄的數量比例，雄性占8.3%，雌性占91.7%。在春季與夏季交配與產卵情形最頻繁。
- 成長情形：幼蟲通常蛻皮八次成為具有生殖能力的成蟲。卵的孵化及幼蟲生長發育的速度均與溫度有關係。
- 蛻皮行為：蛻皮前身體與步足顏色變淡，行動變遲緩。蛻皮時先頂破頭板，從頭部往身體末端蛻皮。
- 生存曲線：長足衛蜈蚣偏向屬於平均死亡型(對角線型)。

二、長足衛蜈蚣的棲息環境與飼養方法

- 棲息環境：喜愛棲息在潮濕、陰暗的隱蔽處，調查族群數量為花盆底下>枯枝朽木堆下>磚頭或石頭下>帆布下方。
- 長足衛蜈蚣最喜愛棲息在腐木這種高保濕性的遮蔽物，其次分別為石塊與帆布袋下方，最不喜歡棲息在金屬下方。
- 趨性：具有趨地性、負趨光性行為。短波長(藍光、白光)會引起蜈蚣強烈的逃避反應，而長波長(紅光)則影響較小。季必行部份，可噴灑綠油精精油在住家附近，以用在防治蜈蚣入侵家中。
- 對不同食物的喜好與進食行為：長足衛蜈蚣觸角伸向前方，採取主動捕獵，主要靠嗅覺感應活的獵物。晚上8~12點為捕食高峰期。對食物的選擇以會動的活體為主，偏好小型昆蟲(麵包蟲、蟋蟀、蟑螂)，主要以蛋白質食物為主，耐餓程度高。

三、長足衛蜈蚣的鑽土行為與在土壤中垂直分布的情形：

• 爬行與鑽土行為：

- 蜈蚣爬行時有多足支撐，步足末端有小型爪或鉤狀結構，透過波動式的運動來調整重心。爬行速度約2.64cm/s。
- 鑽土時使用前幾對步足前進，身體與土表約呈45度，以頭部撞開前方的土，推動身體進入土壤空隙。土中移動速度較慢，約0.82cm/s。
  - 大部分的長足衛蜈蚣成蟲會喜愛生活在空隙較大的泥土，其次是腐植土。在泥質土與腐質土下，成蟲在少水潮濕土壤，會鑽入土壤較淺的表土層中。
  - 個體齡數愈接近成蟲，體長愈長，其棲息土壤的位置愈深。體長的長度與棲息土壤深度呈現正相關。

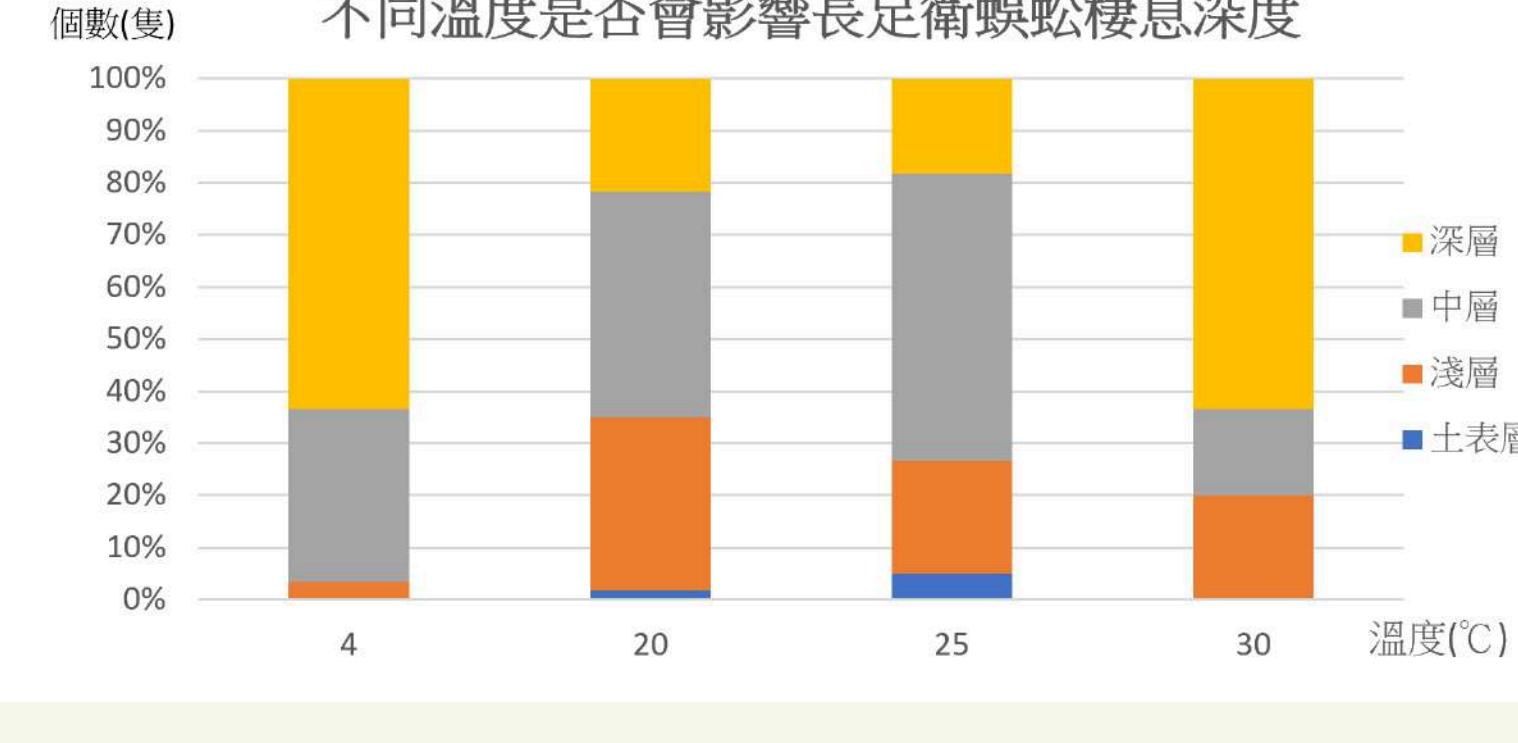
四、長足衛蜈蚣的打鬥行為：

- 小型棲地因蜈蚣領域重疊度高，打鬥頻率最高。中型或大型棲地中打鬥行為顯著減少。
- 主場蜈蚣較容易攻擊客場蜈蚣，推測其對該棲地較熟悉，並將入侵者視為競爭對象，有較高的領域防衛行為。
- 蜈蚣體型有大小差異時，大型蜈蚣攻擊小型蜈蚣的次數較多。推測大型蜈蚣肌肉力量較強與有較長的毒鉤，常會朝向對方的頭部或中段攻擊，所以大型蜈蚣在咬合與攻擊對方時較佔有優勢。

## 十、探討氣溫是否會影響長足衛蜈蚣在土壤中的垂直分布

### 實驗方法：

- 實驗分為四組不同氣溫(4°C、20°C、25°C、30°C)下，進行蜈蚣垂直分布的調查
- 每組放入5隻成蟲觀察其族群分布，每組共做3次的實驗。實驗樣本共60隻成蟲
- 一天後，統計四種不同氣溫下，成蟲在泥土中垂直分布的隻數。



## 參考文獻

- 朱靜波、羅繼虎，怎樣辦好一個螻蟻、土元、蜈蚣養殖場，中國出版社 2004
- 龔泉福，蜈蚣、蠍子、螞蟻、蚯蚓、螞蟻、蛤蚧、地鱉蟲，上海科學技術文獻出版社 2001
- 張崇隆，曹云、王利忠、黃祝堅，蜈蚣養殖技術，金盾出版社 2000
- 趙瑞隆，古籍中的唇足動物中華科技史學會會刊第七期 2004
- 倪文娟等十六名作品名稱：蜈蚣簡介 全國中小學科展作品第20屆--民國69年
- 趙瑞隆，張學文從台灣唇足動物的生物多樣性與系統分類論文
- 趙瑞隆，台灣蜈蚣的概論，鳥語252期 2003

本作品所有圖表和照片皆是由作者自行拍攝和製作