

屏東縣第65屆國民中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生物科

組 別：國小組

作品名稱：蚯蚓的反應之謎—觸即發

關 鍵 詞：蚯蚓反應、觸碰刺激、行為模式（最多3個）

編號：A4017

摘要

本研究探討蚯蚓在受到輕觸刺激時的行為反應。研究開始於颱風過後，我們發現學校很多蚯蚓從土裡跑出來，有的縮成一團，有的動得很快，這讓我們很好奇：為什麼蚯蚓會有不同的反應呢？我們將實驗分成三個部分，依長度分組、依部位分組以及觀察成長過後。我們使用吸管套輕觸其頭部、環帶與尾部，觀察並記錄反應。

研究發現，蚯蚓主要以「蜷縮」與「縮短」作為防禦反應，尤其頭部最為敏感，而環帶與尾部的反應則較少。我們還發現，體型大或成長過後的蚯蚓，反應依舊相似，不像小蚯蚓那麼敏感，常會沒有反應。我們認為蚯蚓的行為反應主要是因觸碰部位的影響較大，其餘因素影響較小。這些發現幫助我們初探蚯蚓的感知與防禦機制，也為未來探索蚯蚓提供了重要的基礎。

壹、前言

一、研究動機

去年 10 月，山陀兒颱風帶來了連續 6 天的停課假期。颱風過後，當我們整理校園時，意外發現許多蚯蚓因土壤翻動而爬出地面。滿地蠕動的蚯蚓讓人有些發毛，但當我們好奇地觸碰牠們時，卻發現每條蚯蚓的反應不太一樣——有的立刻縮起來，有的快速爬走，還有的幾乎沒有動作。

這樣的現象讓我們產生了疑問：為什麼蚯蚓會有不同的行為反應？是因為牠們的長度不同，還是被觸碰的部位影響了牠們的反應呢？我們回想起自然課上老師曾經提到，蚯蚓雖然沒有眼睛和耳朵，但牠們的身體對外界刺激非常敏感。如果我們輕輕觸碰蚯蚓的不同部位，牠們的反應會有差異嗎？此外，體型大小是否也會影響牠們的反應？

為了找到答案，我們決定進行這項研究，希望透過觀察蚯蚓在接受輕觸刺激時的行為模式，進一步了解牠們如何適應環境變化。這不僅能讓我們更認識蚯蚓，還能幫助我們理解其他動物對外界刺激的反應。此外，蚯蚓在農業上有很大的幫助，例如改善土壤結構、促進植物生長等。我們希望這項研究只是開端，未來能持續探索蚯蚓對生態環境的影響，為自然保育盡一份心力。

本研究與國民小學教材之相關性

- 自然科學3下第3單元-我是動物解說員。(提到蚯蚓及簡述移動方式)
- 自然科學6上第3單元-動物大解密。(提到蚯蚓的身體構造及詳述運動方式)

二、研究目的

- (一)探討蚯蚓受到輕觸時的行為反應，並統整其反應時間與反應樣態。
- (二)探討不同長度的蚯蚓在受到輕觸刺激時，行為反應是否有所差異。
- (三)研究蚯蚓不同身體部位受到輕觸刺激時，是否會影響其行為模式。
- (四)探討蚯蚓在成長過程中，對輕觸刺激的行為反應是否會發生變化。

三、文獻探討

(一)蚯蚓介紹

蚯蚓（earthworm, potworm, or freshwater ringed worm）屬於環節動物門（Annelida）寡毛綱（Oligochaeta），可以分為陸生的及水生的兩種類型。大多數的種類屬於陸生蚯蚓，體型較大，主要分布於土壤表層；俗稱「紅蟲」的水生絲蚯蚓，主要分布在各種淡水水域，一般體型較小，以水中的有機物質為食物來源；寡毛類也有極少數為海產性的。（臺灣大學數位典藏資源中心，年不詳）

(二) 蚯蚓的常見種類

近年來行政院農業委員會的農業藥物毒物試驗所開始研究臺灣農田裡的蚯蚓種類。統計發現，臺灣的農田裡至少有73種以上的蚯蚓，種類非常多樣化。這些蚯蚓包括全球常見的種類、從其他地方引進的外來種，還有臺灣特有的種類，例如「福爾摩沙腔環蚓」。在臺灣的農田裡，無論是哪種耕作方式，最常見且分佈最廣的蚯蚓有兩種：一種是「土後腔環蚓」（*Metaphire postthuma*），也叫黑蚯蚓，這種蚯蚓常被用來當作釣魚的魚餌；另一種是「黃頸蜷蚓」（*Pontoscolex corethrurus*）。這兩種蚯蚓在農田裡隨處可見，是臺灣農田中的重要成員。（農業部農業藥物試驗所，2023）

台灣近期流行養殖蚯蚓來消化家用廚餘，掀起一陣風潮，最常見的就屬於「太平二號」，其中太平二號又分為三種，分別是安卓愛勝蚓（*Eisenia andrei*）、掘穴環爪蚓（*Perionyx excavatus*）、以及尤金真蚓（*Eudrilus eugeniae*）。安卓愛勝蚓（*Eisenia andrei*）又名歐洲紅蚯蚓。它是1980年前後為了養殖目的而引入的外來種，原產於歐洲；若在台灣野放則不易存活，無法與本地蚯蚓競爭，所以一般家庭、學校、社區等適合養殖這種蚯蚓來處理生鮮廢棄物或是落葉。歐洲紅蚯蚓體型小，身體也不粗，背部看起來就是個深紅或鮮紅。牠們

是表層型的蚯蚓，只要住在地表的枯枝落葉有機質裡頭就可以簡單存活（YTLai，2016；王廷宏，2024）

(三) 人工飼養歐洲紅蚯蚓注意事項

1. 溫度：15~35℃，最佳溫度20~28℃。當溫度低於10℃，蚯蚓食量減低，活動量降低；若高於30度以上，且飼料又發熱時，易造成蚯蚓死亡。
2. 濕度：適當水分應在50~80%間。一般飼養箱的適當水分應在50~80%間，建議約70%，大約是用手擠會出水的程度，蚯蚓本身並不怕過濕，甚至可活在水中，但也不必加太多水。
3. 食物: 細、濕、軟之有機物
4. 通氣：墊床通氣要好，氧氣供給夠，生長越好。
5. 容器放置位置：放置之處應避免日光直接照射、雨淋，以及溫度、濕度與通風等變化最少者，一般場所有陽台、屋頂、廚房、車庫、地下室等皆可。

(DIYGREEN，年不詳)；黃瑞彰等，2015；Ning，2023)

(四) 蚯蚓的身體構造

蚯蚓沒有眼睛，頭的部分有嘴巴，尾巴有肛門，身體兩側還有細細的剛毛，皮膚總是濕濕的。環帶前面有心臟，所以蚯蚓的前半段有很多重要的器官。如果蚯蚓的身體被切成兩段，前半段比較容易長回去。

1. 皮膚：蚯蚓沒有肺，是靠皮膚呼吸的。皮膚會分泌黏液，幫助牠們在土壤中滑動，也能保護身體。
2. 環節: 蚯蚓的身體是由很多一圈一圈的環節組成的，看起來像一個長長的鏈子，不同種類的蚯蚓環節數量不一樣
3. 剛毛：蚯蚓的每個體節都有八對剛毛，可以幫助牠們固定身體，甚至在遇到危險時可以用來自衛。
4. 神經系統：蚯蚓有一個簡單的腦和一條神經索，能夠控制身體的動作。每個體節還有一個神經節，可以獨立控制該體節的活動。
5. 環帶：在靠近頭的地方，有一個比較大的環，叫做「環帶」，也叫做「生殖帶」，用來繁殖。蚯蚓是雌雄同體的動物，也就是說牠同時有雄性和雌性的特徵，但從外表看不出來。

(Sally Coulthard,2022；安安免費教學網，年不詳)

貳、研究設備及器材

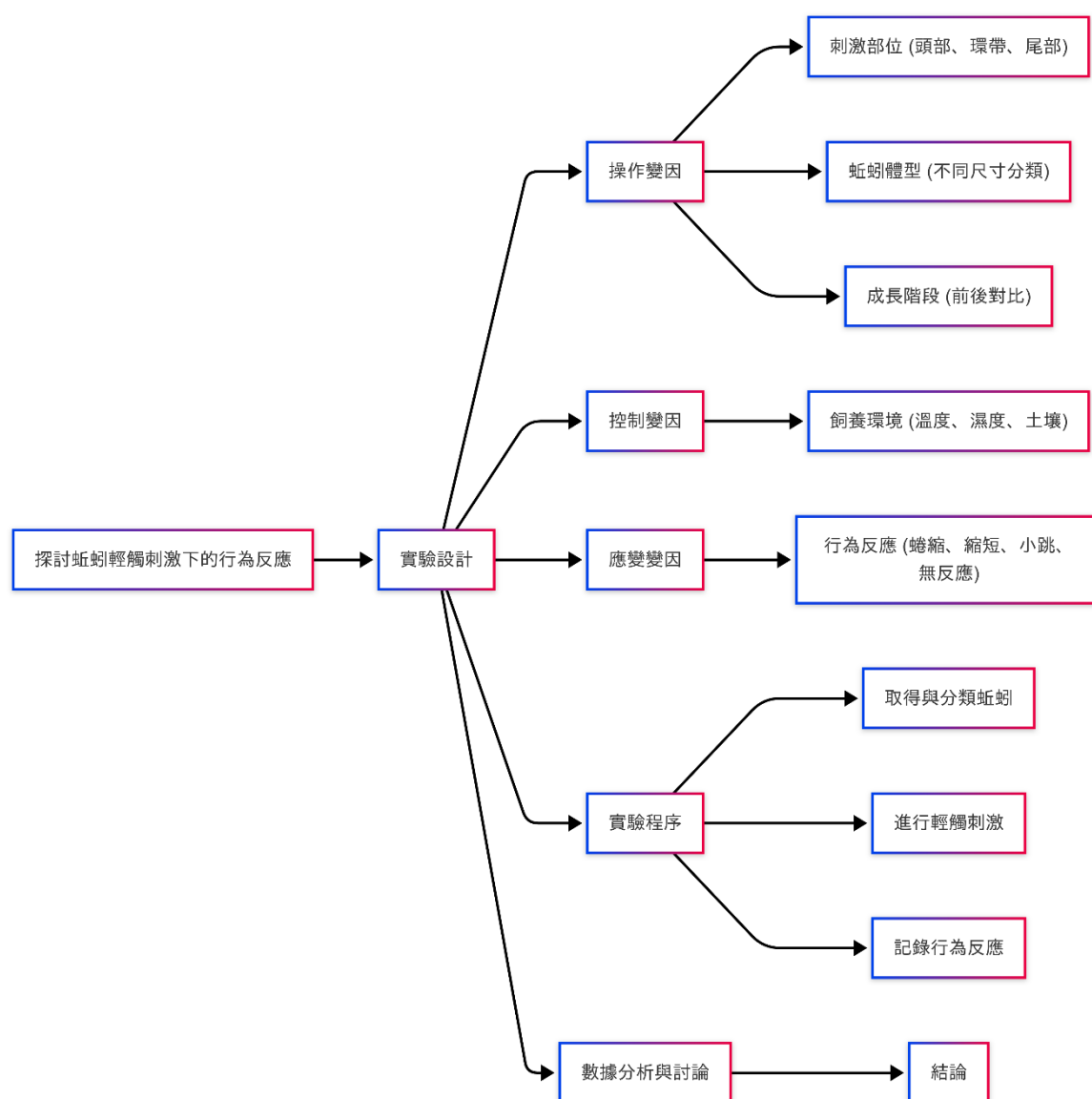
本研究需使用以下器材來進行蚯蚓的觀察與實驗：

- 一、**塑膠盤**——作為觀察蚯蚓行為時的放置容器。
- 二、**尺**——分類蚯蚓長度及觀察。
- 三、**飼養箱**——提供蚯蚓適合生存的環境。
- 四、**吸管套**——柔軟且細小，方便進行觸碰實驗，減少對蚯蚓的影響。
- 五、**保麗龍箱**——用於保溫，確保蚯蚓適應適當的溫度。
- 六、**蔬菜**——作為蚯蚓的食物來源。
- 七、**手套**——具備止滑功能，並防止實驗過程中誤傷蚯蚓。
- 八、**噴霧器**——維持適當的濕度，避免環境過於乾燥。
- 九、**蚯蚓**-安卓愛勝蚓

觀察區(盤子)	尺(長)	飼養箱	吸管套
			
保麗龍箱	蔬菜	木工手套	噴霧器
			
安卓愛勝蚓			
			

參、研究過程或方法

一、研究架構圖

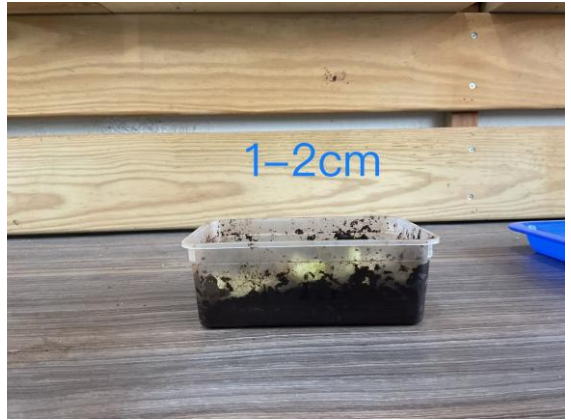


二、取得蚯蚓

由於學校戶外的蚯蚓品種及數量不易掌握，因此本次實驗的蚯蚓我們選擇採購人工養殖的蚯蚓（安卓愛勝蚓）。這樣可以確保蚯蚓的品種一致，並且數量充足，便於後續的實驗操作與觀察。

三、飼養觀察

獲得蚯蚓後，我們先依其體型大小分類，並分別飼養於透明塑膠箱中。每個塑膠箱內放入適量土壤與有機物質（如葉菜類），以模擬自然生存環境。我們每天觀察並記錄蚯蚓的活動與進食狀況，以確保其適應環境。此外，我們定期測量土壤的濕度與溫度，以維持適合蚯蚓生長與活動的條件。

	
(一)1-2cm 組	(二) 3-4cm 組
	
(三) 4-5cm 組	(四) 5-6cm 組
	
(五) 6cm 以上組	分類時照片
圖(一):蚯蚓長度分類表	

四、觀察蚯蚓受刺激時的行為反應

（一）初步觀察蚯蚓受輕觸刺激時的行為

由於我們對蚯蚓受輕觸刺激時的反應缺乏明確概念，且相關文獻較少提及常見行為，因此我們首先進行簡單的探索性實驗，以觀察並記錄蚯蚓的行為類型。實驗步驟如下：

- 1.將蚯蚓放置於觀察區。
2. 使用吸管套輕觸蚯蚓，觀察其行為反應。
3. 歸納並統整蚯蚓的常見反應模式。
4. 製作「蚯蚓行為觀察紀錄表」，用於後續實驗記錄。

（二）觀察蚯蚓在不同體長與觸碰不同部位下的行為反應

為提高實驗的精確度，我們同時探討蚯蚓的體長與不同觸碰部位對行為反應的影響。實驗針對不同體長組別的蚯蚓，分別對其 頭部、環帶及尾部 進行刺激並記錄反應。實驗步驟如下：

1. 將蚯蚓放置於觀察區。
2. 使用吸管套尖端輕觸 蚯蚓頭部，觀察反應。
3. 使用吸管套尖端輕觸 蚯蚓環帶，觀察反應。
4. 使用吸管套尖端輕觸 蚯蚓尾部，觀察反應。
5. 將觀察結果記錄於「蚯蚓行為觀察紀錄表」。

五、觀察成長後蚯蚓受刺激時的行為反應

蚯蚓經過寒假兩個月的生長，我們想進一步探討成長後的蚯蚓在受刺激時的行為是否與原實驗結果相符，或是否出現變化。由於先前的實驗已發現蚯蚓對 頭部 刺激最為敏感，因此本次實驗僅針對頭部進行輕觸刺激。實驗步驟如下：

- 1.將原本 1-2cm 組的蚯蚓取出，依照成長後的長度重新分類。
- 2.將蚯蚓放置於觀察區。
- 3.使用吸管套尖端輕觸 蚯蚓頭部，觀察反應。
- 4.將觀察結果記錄於「蚯蚓行為觀察紀錄表」



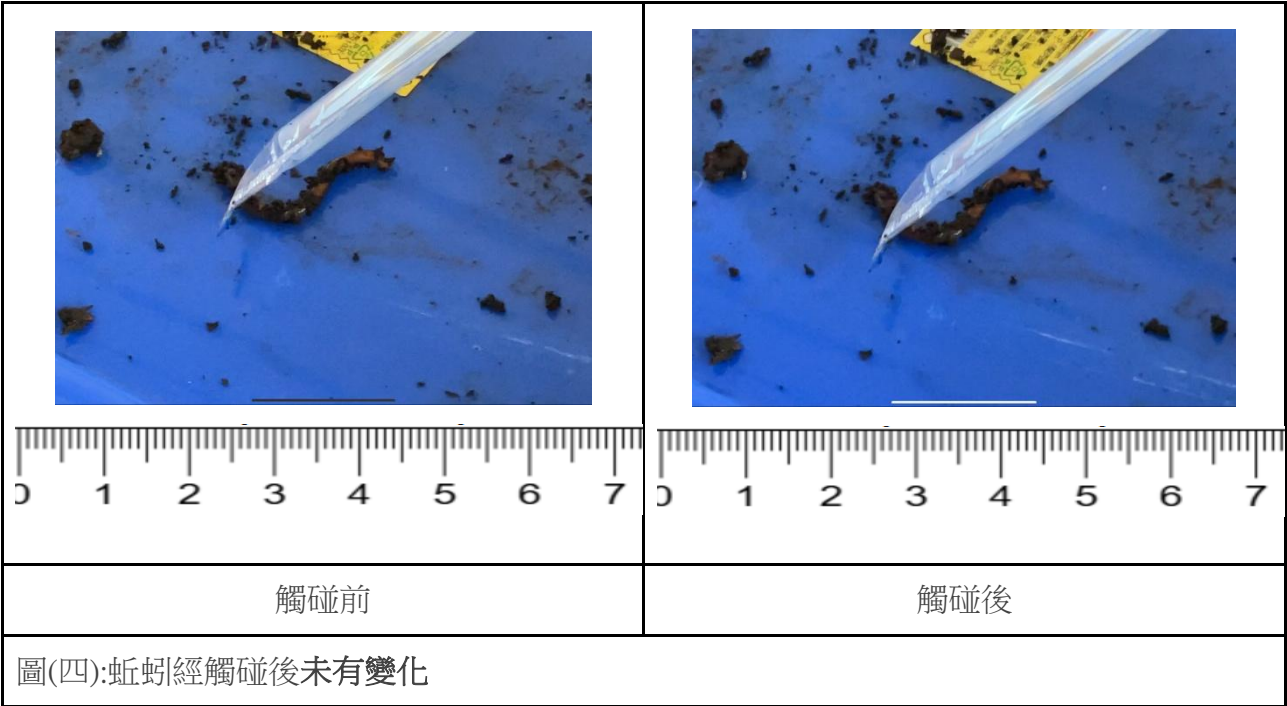
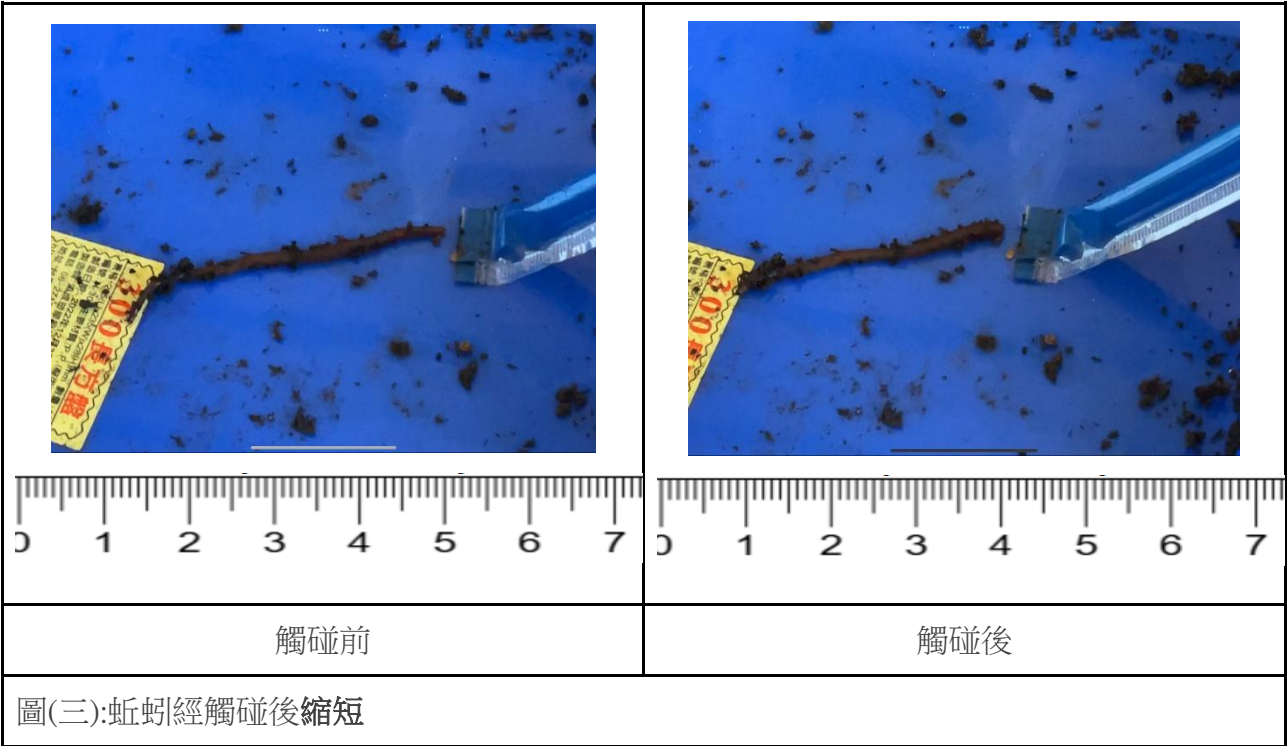
肆、研究結果:

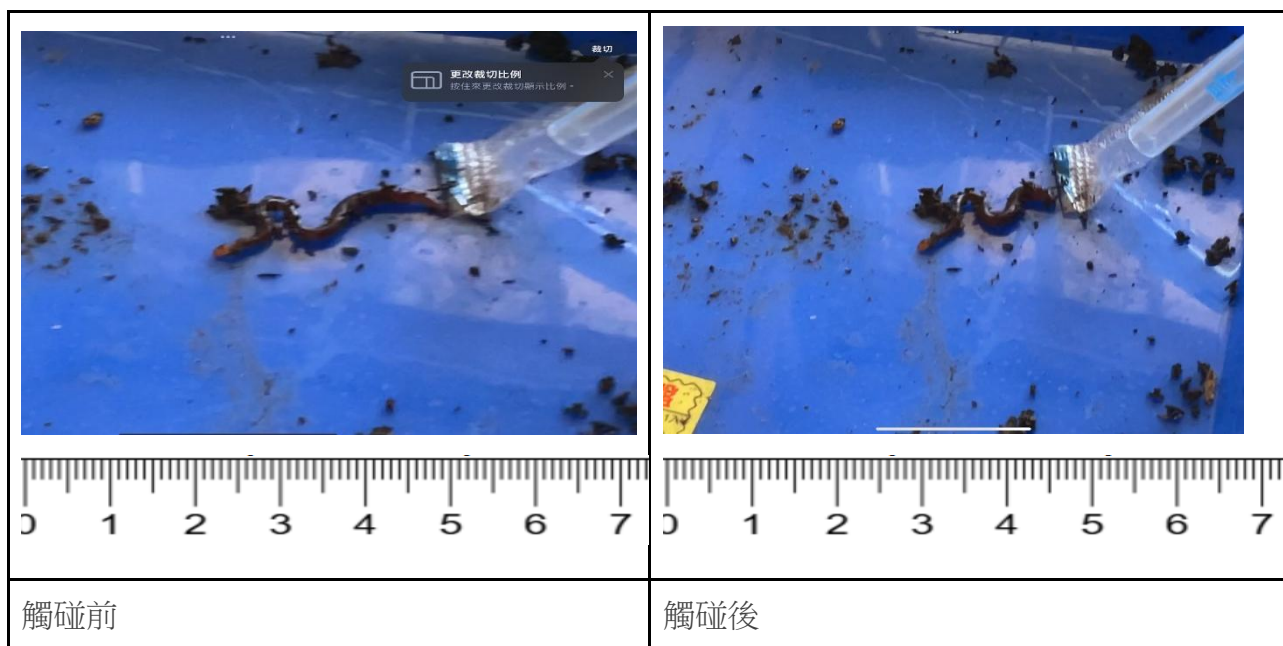
在實驗中，我們首先輕輕觸碰蚯蚓，觀察並記錄牠們的反應，將結果整理成觀察紀錄表。接著，我們進一步研究不同長度的蚯蚓，並分別刺激牠們的頭部、環帶和尾部，觀察這些部位受刺激時的行為反應有何差異。實驗結束後，經過一段時間的飼養，原本的蚯蚓都長大了，於是我們再次對這些成長後的蚯蚓進行相同的刺激測試，並將新的數據與之前的結果進行比較，以驗證蚯蚓在不同成長階段對刺激的反應是否有所變化。

一、蚯蚓受到輕觸時的行為反應與反應樣態

我們隨機選了35隻蚯蚓，(7個組距，每組5隻) 輕輕觸碰牠們，並記錄牠們的行為。結果發現，蚯蚓最常見的反應是「蜷縮」和「縮短」，也就是把身體捲起來或變短。大部分時

候，蚯蚓被觸碰後並沒有明顯的反應，只有少數會有較大的動作。根據觀察結果，我們製作了 EXCEL 紀錄表來方便之後進行實驗。





圖(五):蚯蚓經觸碰後蜷縮

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
長度	敏感部位	反應	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
1cm以下	頭部					環帶							尾巴					其他						
1-2cm	頭部					環帶							尾巴					其他						
2-3cm	頭部					環帶							尾巴					其他						
3-4cm	頭部					環帶							尾巴					其他						
4-5cm	頭部					環帶							尾巴					其他						
5-6cm	頭部					環帶							尾巴					其他						
6cm以上	頭部					環帶							尾巴					其他						
其他反應說明																								
其他反應說明																								
其他反應說明																								
其他反應說明																								
反應		1沒反應	2伸長	3蜷縮	4逃跑(前)	5逃跑(後)	6亂動	7縮短	8小跳	9大跳	10其他	11說明	12說明	13說明	14說明									

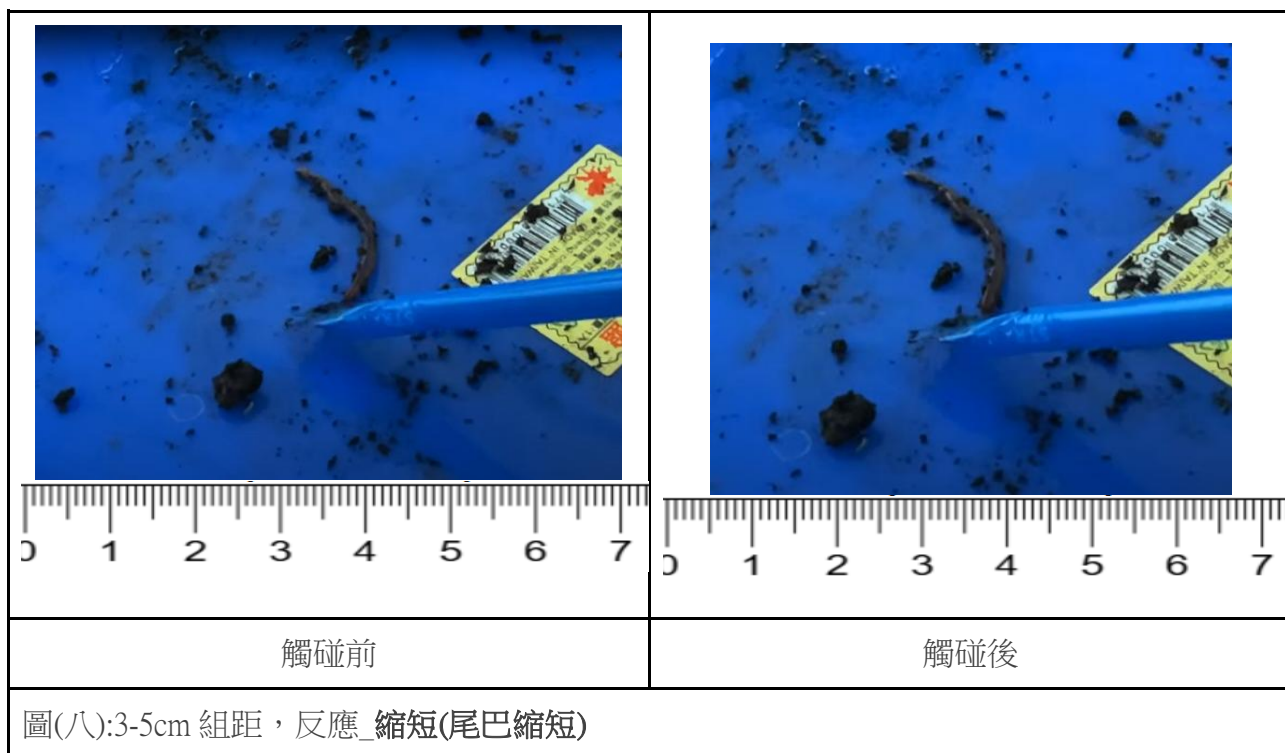
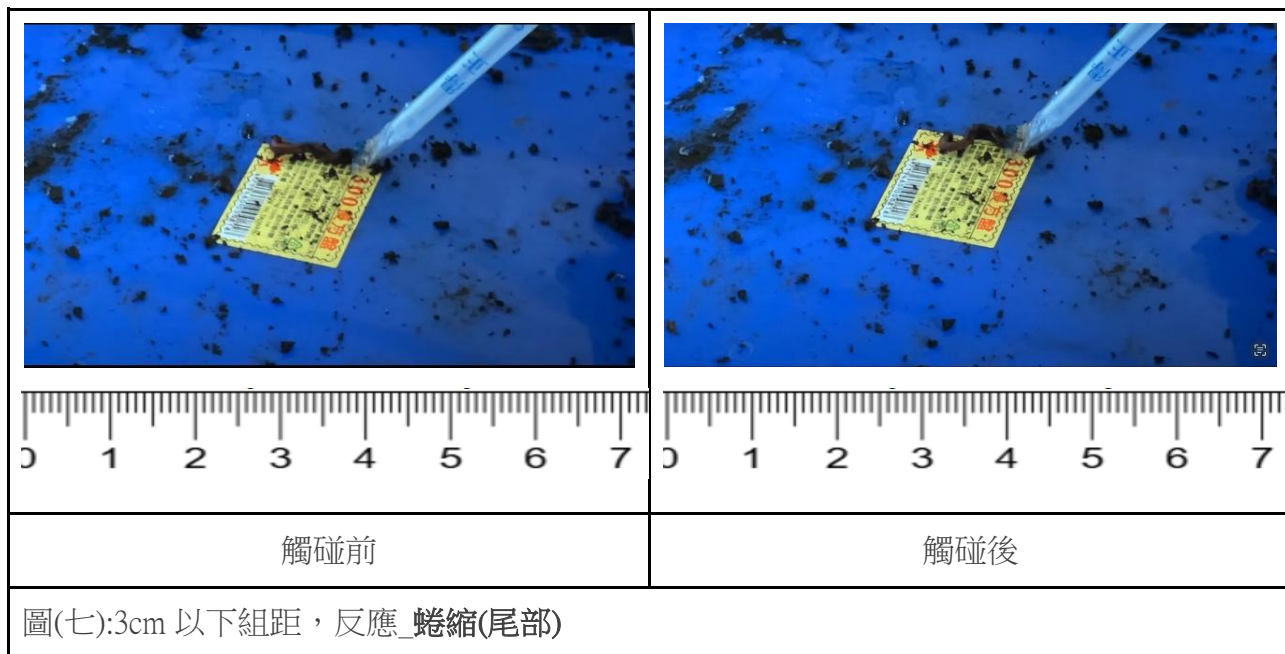
圖(六):實驗記錄觀察表

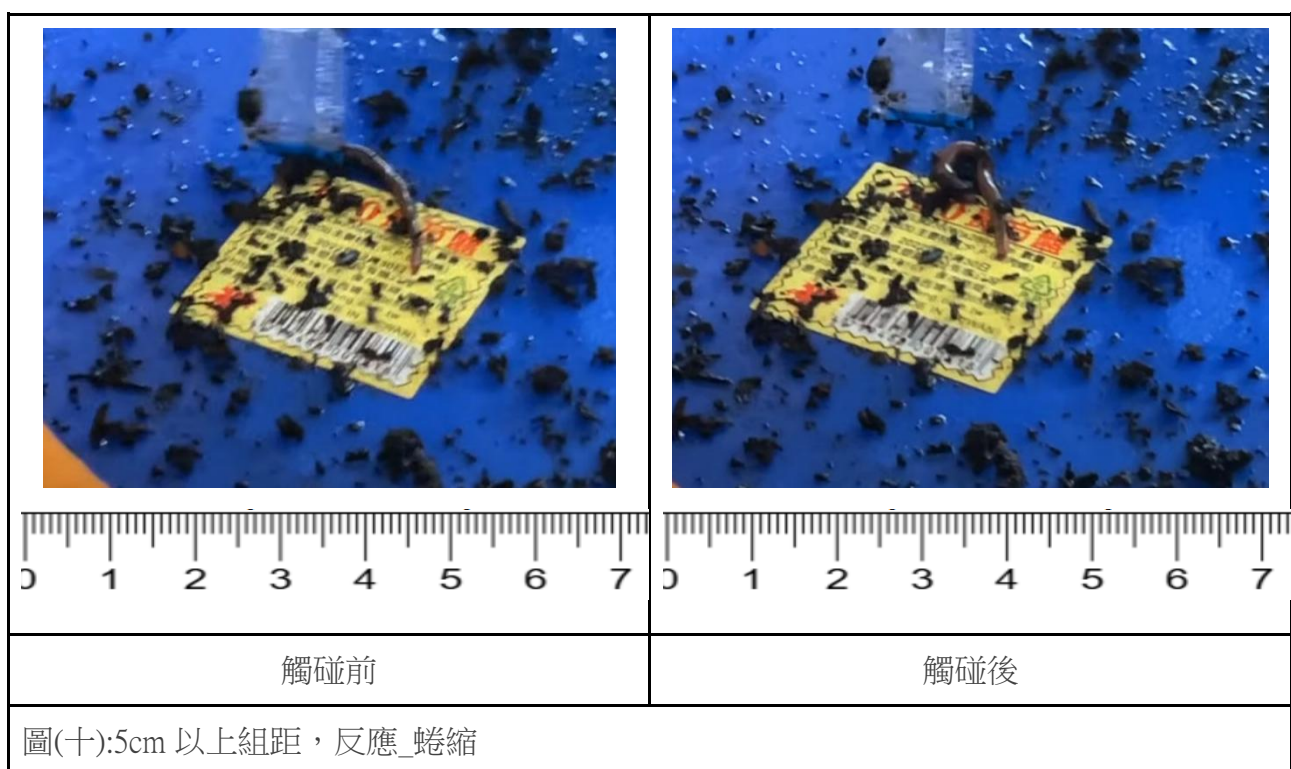
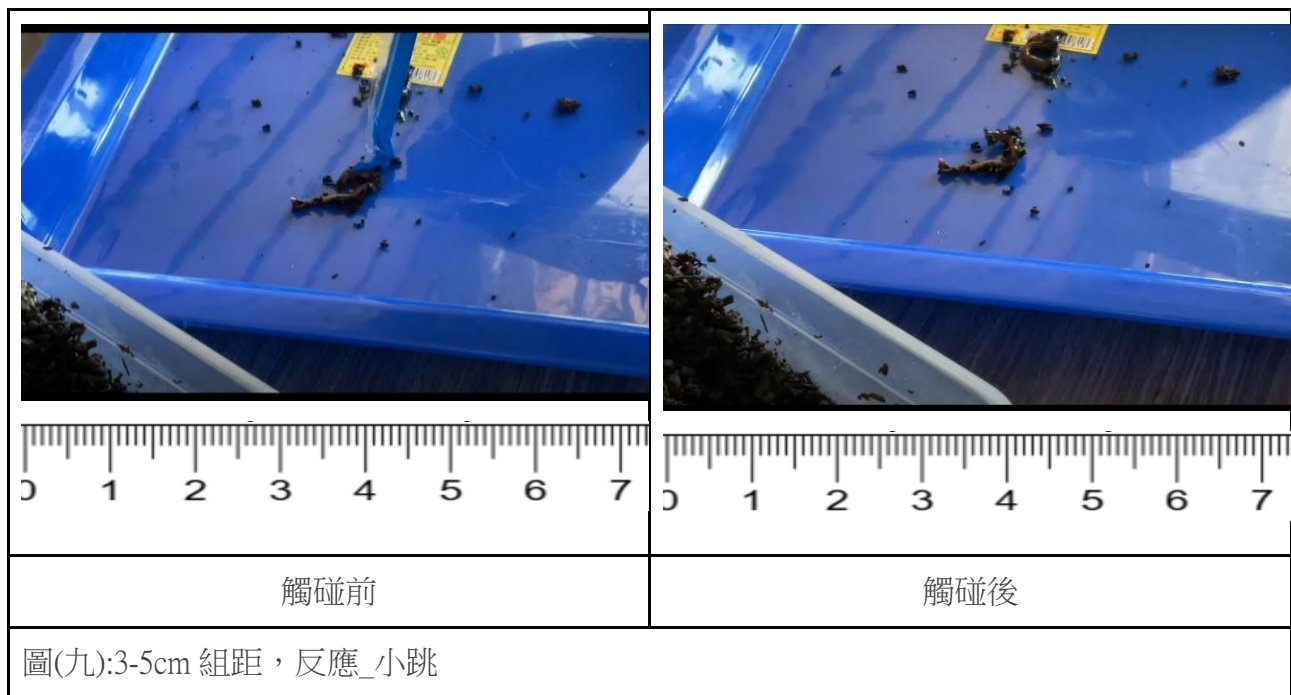
二、不同長度蚯蚓被觸碰時的反應

我們把蚯蚓按照長度分成7組，分別是，1公分以下、1-2公分、2-3公分、3-4公分、4-5公分、5-6公分、6公分以上，然後分別輕輕觸碰牠們的頭部、環帶和尾部，每組都用5隻蚯蚓來記錄數據。結果發現：

1. 蚯蚓體型小於3cm 的組距中，蚯蚓反應最為多樣，呈現出多種行為，如「蜷縮」與「縮短」等。
2. 蚯蚓體型介於於3cm-5cm 的組距中，反應較相似，頭部尾部以「縮短」為主。
3. 蚯蚓體型介於於5cm 以上的組距中，反應最為一致，環帶與尾部幾乎無反應。
4. 相同長度的蚯蚓反應很相似。例如，1公分以下的蚯蚓被觸碰時，比較容易出現「蜷縮」或「縮短」的反應。

5. 體長增加，環帶及尾部的敏感度下降。





三、蚯蚓不同部位被觸碰時的反應

（一）刺激頭部的影響

1. 蚯蚓在頭部受到刺激時反應強烈，無論體長如何，主要呈現「縮短」與「蜷縮」的行為。
2. 較小體型（1 – 2cm）的蚯蚓偶爾會出現「小跳」反應，而較大體型（6cm 以上）的蚯蚓則更傾向於「蜷縮」。

（二）刺激環帶的影響

1. 絕大多數蚯蚓（超過90%）在環帶受到刺激時，均無明顯反應。
2. 唯有在4 – 5cm 體型的蚯蚓中曾觀察到一次「大跳」現象。

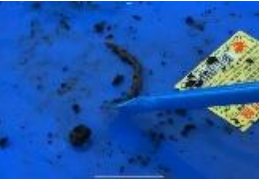
（三）刺激尾部的影響

1. 大部分蚯蚓在尾部受刺激時無顯著反應。
2. 但在3 – 4cm 體型的蚯蚓中，尾部刺激較常引起「縮短」的反應。

（四）觸碰方向的影響

本實驗原計畫僅針對蚯蚓頭部進行輕觸刺激，但在檢視實驗結果的過程中，我們發現不同方向（上方、右側、左側、前面）進行刺激時，蚯蚓的反應呈現出明顯的規律性。根據下表的記錄，我們整理出以下幾點主要發現：

1. 當從上方觸碰時，多數蚯蚓傾向於蜷縮或小跳，體型較大的個體也可能出現甩頭的行為。
2. 當從左方、右方觸碰時類似的反應模式（沒反應、逃跑、蜷縮、小跳、亂動、甩頭）出現，但從側邊觸碰時，蚯蚓較少出現逃跑行為，反而更常呈現蜷縮或甩頭的反應。
3. 當從前方觸碰時，記錄中明顯看到較頻繁的逃跑行為（4B 逃跑(前)或4D 逃跑（後）），這提示來自前方的刺激可能對蚯蚓構成更直接的威脅感受，從而觸發快速的逃避反應。

3-4cm	1	2	3	4	5
1.頭					
	縮短	縮短	小跳	蜷縮	縮短
2.環帶					
	縮短	沒反應	沒反應	沒反應	沒反應
3.尾巴					
	沒反應	沒反應	沒反應	沒反應	縮短

圖(十一):3-4公分組，不同部位刺激後反應

長度	敏感部位	反應號碼	2	3	4	5	1
1cm以下	頭部						
1-2cm	頭部						
2-3cm	頭部	1C1E	1E3C	1C1G	1A4C	1A4C	
3-4cm	頭部	1A	1F4C	1A4A	1G4A	1C4A	
4-5cm	頭部	1C4A	1C4A	1A4C	1E4C	1C1G	
5-6cm	頭部	1E	1A	1C4C	1C	4E1C	
6cm以上	頭部	1A4A	1A4C	1A4E	1C1G	1C4A	
角度	右0度						
1.上方	反應	1A.沒反應 1B.逃跑(前) 1C.蜷縮 1D. 逃跑 (後) 1E小跳 1F亂動 1G甩頭					
2.右邊	反應	2A.沒反應 2B.逃跑(前) 2C.蜷縮 2D. 逃跑 (後) 2E小跳 2F亂動 2G甩頭					
3.左邊	反應	3A.沒反應 3B.逃跑(前) 3C.蜷縮 3D. 逃跑 (後) 3E小跳 3F亂動 3G甩頭					
4.前面	反應	4A.沒反應 4B.逃跑(前) 4C.蜷縮 4D. 逃跑 (後) 4E小跳 4F亂動 4G甩頭					

圖(十二):刺激方向影響_實驗紀錄表

圖(十三):完整實驗紀錄表

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
長度	敏感部位反應號碼	2	3	3	4	5	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1
1cm以下頸部	7,3	7,3	7,3	7,3,7		3環帶		1	3	1	1	1	1尾巴	7,3		3	1	3	4其他		
1-2cm 頸部	8,3	3	3	7	5	7環帶		1	1	12	1	1	1尾巴		1	1	1	1	1其他		
2-3cm 頸部	7,8	7,3	3	3	11	8環帶		1	1	1	11	1	1尾巴		1	1	1	11	1其他		
3-4cm 頸部		7	7	8,7,3		7環帶		7	1	1	1	1	1尾巴		7	7	7	7	1其他		
4-5cm 頸部		7	7	1,7,3		7環帶		1	1,3,9		1	1	1尾巴		1	1	1	1	7其他		
5-6cm 頸部		5	7	7	7,7,3	環帶		1	1	1	1	1	1尾巴		1	1	1	1	1其他		
6cm以上頸部		3,7,3		7	7	7環帶		1	1	1	1	1	1尾巴		1	1	1	3	1其他		
其他反應說明		無法分辨,找不到頸環帶和尾巴																			
其他反應說明		有時沒事,有時縮短																			
其他反應說明		無																			
其他反應說明		無																			
其他反應說明		無																			
反應		1沒反應	2伸長	3蜷縮	4逃跑前	5逃跑(後)	6震動	7縮短	8小跳	9大跳	10其他	11說明	12說明	13說明	14說明						

四、成長後的蚯蚓，被觸碰時的反應與原先有何差異

本次實驗使用的是去年 11 月實驗時，從 1-2cm 組取得的蚯蚓，經過飼養後（至今年 2 月），依據目前的體型進行分類，分成以下五個體型組：2-3cm、3-4cm、4-5cm、5-6cm 及 6cm 以上。針對各組進行頭部輕觸刺激後，記錄到的主要反應。

由實驗結果得知，

(一)4 公分以下組

1. 數據來源包括原本 2 - 3 公分與 3 - 4 公分的記錄。
2. 主要防禦反應以「縮短」與「蜷縮」為主

(二)4 - 6 公分組

1. 數據來源包括原本 4 - 5 公分與 5 - 6 公分的記錄。
2. 基本反應仍以「蜷縮」與「縮短」為主，但出現其他類型反應的次數(亂動)也比 4 公分以下組多
3. 整體來看，4 - 6 公分組的蚯蚓防禦反應呈現更多樣化，可能表明中等體型的蚯蚓在神經或肌肉調控上已出現微妙變化。

(三)6 公分以上組

1. 數據顯示該組主要反應仍以「縮短」與「蜷縮」為主，但「沒反應」(1)的比例顯著增加。
2. 這暗示著較大體型的蚯蚓對輕觸刺激的敏感性下降，反應趨向穩定或保守。

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	敏感部位	反應號碼	2	3	4	5	6	7	8	9
	頭部									
	頭部									
2-3cm	頭部	7 8,7								
3-4cm	頭部	3	7 3,7	3,7						
4-5cm	頭部	3	6 7,3		6	3				
5-6cm	頭部	7	3	7	3	1	9	7		
6cm以上	頭部	7	3	7	3	1	1	1		
反應	1沒反應	2伸長	3蜷縮	4逃跑(前)	5逃跑(後)	6亂動	7縮短	8小跳	9大跳	10其他

圖(十四):成長後蚯蚓_實驗紀錄表。

伍、討論:

一、探討蚯蚓被輕輕觸碰時的整體反應

原先預期蚯蚓無論從哪個部位受到觸碰都會呈現明顯反應，但實際上，無反應的次數遠高於有反應的次數，僅在特定敏感區（如頭部）能觀察到明顯的蜷縮或縮短行為。可能未來在實驗設計上，應適度調整刺激的強度與方式，以達到穩定觸發蚯蚓防禦反應的機制。關於蚯蚓感覺受器的分布及其防禦策略的內容，可能還需要多查詢蚯蚓神經系統的相關資料。

(一)體型與行為反應的關係

雖然原先預期小體型（可能代表年齡較輕）的蚯蚓會較為敏感，不過數據顯示，雖然不同體型組在反應的細節上有微小差異，例如，較小體型的蚯蚓有時會呈現較多樣的行為（偶爾出現小跳），而較大體型的蚯蚓則較常出現無反應的情形。但整體來看，各組均展現出一致的防禦反應模式，主要以蜷縮與縮短為主。這表示，雖然在反應的細節上有所差異，但體型並非決定其基本防禦行為的主要因素，其他因素（如年齡、品種或神經發育狀況）可能也在發揮作用。

1. 可能原因與未來方向：

體型並不必然代表年齡或神經發育水平。蚯蚓的體型可能不完全代表年齡（部分種類天生體型較小），未來可進一步探討年齡與體型之間的關係，以及它們對行為模式的影響。

(二) 部位及方向對行為反應的關係

1. 頭部敏感性：實驗數據顯示，當輕觸蚯蚓頭部時，反應最為明顯，常見行為包括蜷縮、縮短及甩頭。這與頭部集中了較多感覺受器有關，意味著頭部是蚯蚓主要的感知區域，也是最需要防禦的部分。
2. 環帶與尾部反應：與頭部相比，對環帶和尾部的刺激大部分情況下無明顯反應，這表明這些部位的感知能力較低，或蚯蚓認為該部位的刺激並不構成實質威脅。數據中極少出現異常反應（如 4 – 5cm 組中偶見的大跳），進一步支持了此推論。

(三) 方向對行為反應的關係

數據表明，不僅刺激部位（頭部、環帶、尾部）影響蚯蚓的反應，刺激方向也起到關鍵作用。可能是頭部因感覺受器密集而反應最強；而來自上方的刺激可以模擬空中威脅，誘發蜷縮與縮短；側面與前方刺激則分別呈現不同防禦策略。這些結果顯示，蚯蚓在防禦反應上具備精細的感知能力，能根據刺激來源採取相應的行為模式。未來可進一步探討刺激強度與受器分布的關係，以深入了解其神經機制與防禦策略。

實驗中我們發現，不同觸碰方向會產生不同的行為模式：

1. 上方觸碰：多數蚯蚓呈現捲曲或縮短，這可能模擬了空中掠食者（如鳥類）的攻擊威脅；
2. 側面觸碰：蚯蚓則呈現複合反應（如甩頭與部分逃避），並非單純向受力方向迅速閃避，顯示牠們能辨識刺激來源，但採取的策略較多元；
3. 意外發現——方向偏好現象：觸碰蚯蚓後，大多數蚯蚓傾向於往右邊捲曲，像是有分左右撇子一樣，有一個固定的行為模式，我們猜測這可能與其肌肉結構、肌肉收縮的機制有相關，這部分值得進一步探討，是否所有蚯蚓都具有類似的方向偏好，或者是否與個體特性（如左右對稱性）有關。

(四) 成長後的蚯蚓，被觸碰時的反應與原先有何差異

本研究針對原本1-2公分組的蚯蚓進行飼養，並在其成長後重新進行輕觸刺激實驗，以比較成長前後的反應模式。實驗數據顯示，雖然蚯蚓在整體防禦反應上仍以「蜷縮」和「縮短」為主，但隨著體型增長，其反應模式出現了一些細微調整：

1. 當原本1-2公分的蚯蚓成長至3-4公分後，其新數據明顯與原始3-4公分組的反應模式更為接近，而不是完全保留1-2公分時的反應特徵。也就是說，蚯蚓隨著體型增大，其防禦反應會逐漸調整到適應新體型的模式。
2. 隨著體型增大，除了基本的蜷縮與縮短外，反應的多樣性有所增加，出現了更多“無反應”或異常反應的記錄。
3. 我們推測蚯蚓的防禦行為會隨著生長而調整，這可能與其神經系統或肌肉結構的變化有關。

陸、結論:

本研究證實了蚯蚓在輕觸刺激下具有穩定的基本防禦行為，但其反應模式會隨著體型、刺激部位與方向而產生細微差異；此外，蚯蚓在成長過程中會調整其防禦反應，使其更符合當前生理狀態。這些發現不僅增加了我們對蚯蚓感知與防禦機制的理解，也為未來探討蚯蚓神經等基礎提供了初步依據。

(一)探討蚯蚓受到輕觸時的行為反應，並統整其反應時間與反應樣態。

蚯蚓面對輕觸刺激時，主要採取「蜷縮」與「縮短」的防禦動作，這一反應在不同體型的實驗中均可觀察到，顯示其基本防禦行為較為穩定。

(二)探討不同體型的蚯蚓在受到輕觸刺激時，行為反應是否有所差異。

綜合本研究結果，可得出以下結論：

1. 蚯蚓在受到輕觸刺激時，無論體型大小，都有一致的防禦行為，主要表現為蜷縮與縮短。
2. 雖然在較小與較大體型的蚯蚓中，反應細節（如行為多樣性與無反應比例）存在細微差異，但這些差異不足以改變其基本防禦反應模式。
3. 因此，體型並非影響蚯蚓防禦反應的決定性因素，未來研究應進一步探討年齡、品種及神經發育等其他可能影響因素，以全面了解蚯蚓的防禦機制。

(三)研究蚯蚓不同身體部位受到輕觸刺激時，是否會影響其行為模式。

實驗結果顯示，蚯蚓對輕觸刺激主要採用蜷縮與縮短作為防禦反應，這一基本行為在各組實驗中均得到驗證。雖然我們原先預期所有部位均會產生明顯反應，但實際上只有特定敏感區（如頭部）會觸發明顯的防禦行為，而大部分部位輕觸並未引起顯著反應。

1. 頭部最敏感：觸碰頭部時反應最明顯（如蜷縮、縮短），可能因頭部是感覺器官集中的區域。
2. 環帶與尾部反應較少：這些部位被觸碰時，蚯蚓通常無反應，顯示牠們可能不認為這些刺激是威脅。

3. 方向性反應：從上方觸碰時，蚯蚓多蜷縮或縮短，可能是模仿躲避鳥類攻擊的自然行為。從側面觸碰時，蚯蚓會往反方向閃避，顯示牠們能感知刺激來源並試圖逃離。
4. 意外發現：蚯蚓受刺激後傾向「往右捲曲」，可能與肌肉收縮的慣性方向有關。

(四)探討蚯蚓在成長過程中，對輕觸刺激的行為反應是否會發生變化。

1. 蚯蚓無論在成長前後，其基本防禦反應（蜷縮與縮短）均保持一致，證明防禦策略已成熟。
2. 長大後的蚯蚓在一些細節上會有些不同，但大部分的反應還是跟原來一樣。
3. 因此，雖然蚯蚓長大後可能會有小小的變化，但牠們基本上還是用同樣的方法來防禦，未來可以再進一步探討這些小變化是怎麼產生的。

柒、未來展望

本次實驗主要是受到輕觸刺激時行為反應，其中，影響蚯蚓行為反應的可能仍然很多，像是蚯蚓的年齡，例如年齡、飼養環境與自然環境之間的差異等，這些都有可能是影響行為反應的變因之一。未來，我們也希望繼續利用這些蚯蚓，驗證其化解廚餘的方式，甚至希望可以發現更多蚯蚓可以分解的人為產物，看看能否幫助地球環境盡一份心力。

捌、參考資料及其他:

Coulthard, S. (2022) *土壤下的迷你工程師：如果少了蚯蚓，人類還能生存嗎？* (周沛郁譯)。本事出版社。

DIY Green. (n.d.) *蚯蚓飼養：環境、食物挑選及飼養*。DIY Green。

<https://diygreen.tw/%E8%9A%AF%E8%9A%93%E9%A3%BC%E9%A4%8A-%E7%92%B0%E5%A2%83%E3%80%81%E9%A3%9F%E7%89%A9%E6%8C%91%E9%81%B8%E5%8F%8A%E9%A4%B5%E9%A3%9F/>

Lai, Y. T.(2016，11月24日)。蚯蚓的秘密生活。泛科學。https://pansci.asia/archives/107996

Ning[陽台小小農出品 Ning's Balcony] (2023，2月24日)。簡單飼養紅蚯蚓的辦法，輕鬆從30條養到上百條，香蕉皮、雞蛋殼、菜渣跟咖啡渣都可以拿來餵蚯蚓唷！。YouTube。
https://www.youtube.com/watch?v=SAsqhwjHRb8

王廷宏.(2024，6月6日)。自然快易通「認識蚯蚓」。聯合學苑。
https://udncollege.udn.com/25885/

行政院農業委員會.(2023)。農田底下的迷你部落客蚯蚓：種類多樣性令人驚艷。
https://www.acri.gov.tw/Item/Detail/%E8%BE%B2%E7%94%B0%E5%BA%95%E4%B8%8B%E7%9A%84%E8%BF%B7%E4%BD%A0%E9%83%A8%E8%90%BD%E5%AE%A2%E8%9A%AF%E8%9A%93-%E7%A8%AE%E9%A1%9E%E5%A4%9A%E6%A8%A3%E6%80%A7%E4%BB%A4%E4%BA%BA

臺灣大學數位典藏資源中心 (n.d.) 蚯蚓. 臺灣大學數位典藏資源中心
http://www.darc.ntu.edu.tw/newdarc/darc-frameset.jsp?c1=%E8%87%BA%E7%81%A3%E5%A4%A7%E5%AD%B8%E5%8B%95%E7%89%A9%E5%8D%9A%E7%89%A9%E9%A4%A8&c2=%E8%9A%AF%E8%9A%93&doTreeView=true

黃瑞彰、江汶錦、潘佳辰、王瓊慧.(2015)。點糞成金：蚓糞堆肥介紹。台南區農業專訊。
https://book.tndais.gov.tw/Magazine/mag91/91-4.pdf