

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

080307

地下工程師－黏液對土壤的影響

學校名稱：新北市私立及人國民小學

作者：	指導老師：
小五 張璿云	吳俊良
小六 張紘嫻	賴明煜
小五 張芷瑜	
小五 藍天擎	

關鍵詞：黏液、孔洞隧道、自製硬度計

摘要

蚯蚓是自然界中一種奇妙的生物，牠能將土壤翻鬆，讓植物容易生長與扎根。而資料顯示，蚯蚓在缺水分的環境下，會自行分泌黏液讓體表濕潤，遇到危險時也會大量的分泌黏液來嚇阻敵人。所以我們除了「觀察蚯蚓各部位構造」，並研究「蚯蚓的生態行為」，也針對牠所分泌的黏液進行實驗，利用「自製土壤硬度計」來探究黏液會讓蚯蚓所鑽過的洞穴不易崩塌的原因。我們發現蚯蚓分泌的黏液可有助於挖掘隧道，同時我們也結合生活中地下隧道工程的概念與應用。

壹、研究動機








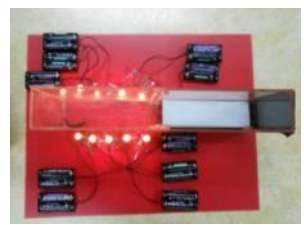
上自然課時，老師帶著全班同學到學校生態教材園找尋各種物質來觀察，當我們在園中發現泥土上有許多一顆顆的小泥球，有濕潤與乾燥不同的泥球，在泥球旁的土壤中還有孔洞，於是我們很好奇的利用手邊的觀察工具來小心翻弄，發現這些孔洞結構比想像中還來的堅固不易破裂，經老師說明原來是蚯蚓所造成的，蚯蚓會一邊挖洞一邊分泌黏液，而造成這些孔洞更加堅固，所以啟發了我們想要觀察蚯蚓的決心。長長軟軟的蚯蚓令我們產生一些疑問，例如蚯蚓是吃什麼的？在土裡如何生活？如何鑽洞？而我們人類是否可以像蚯蚓一樣在地底鑽洞生存，這也是我們好奇想要探究的問題與資訊。

貳、研究目的

為了進一步了解學校蚯蚓其生長情形及對其他生物或植物的影響，所以本研究的研究目的有四點如下：

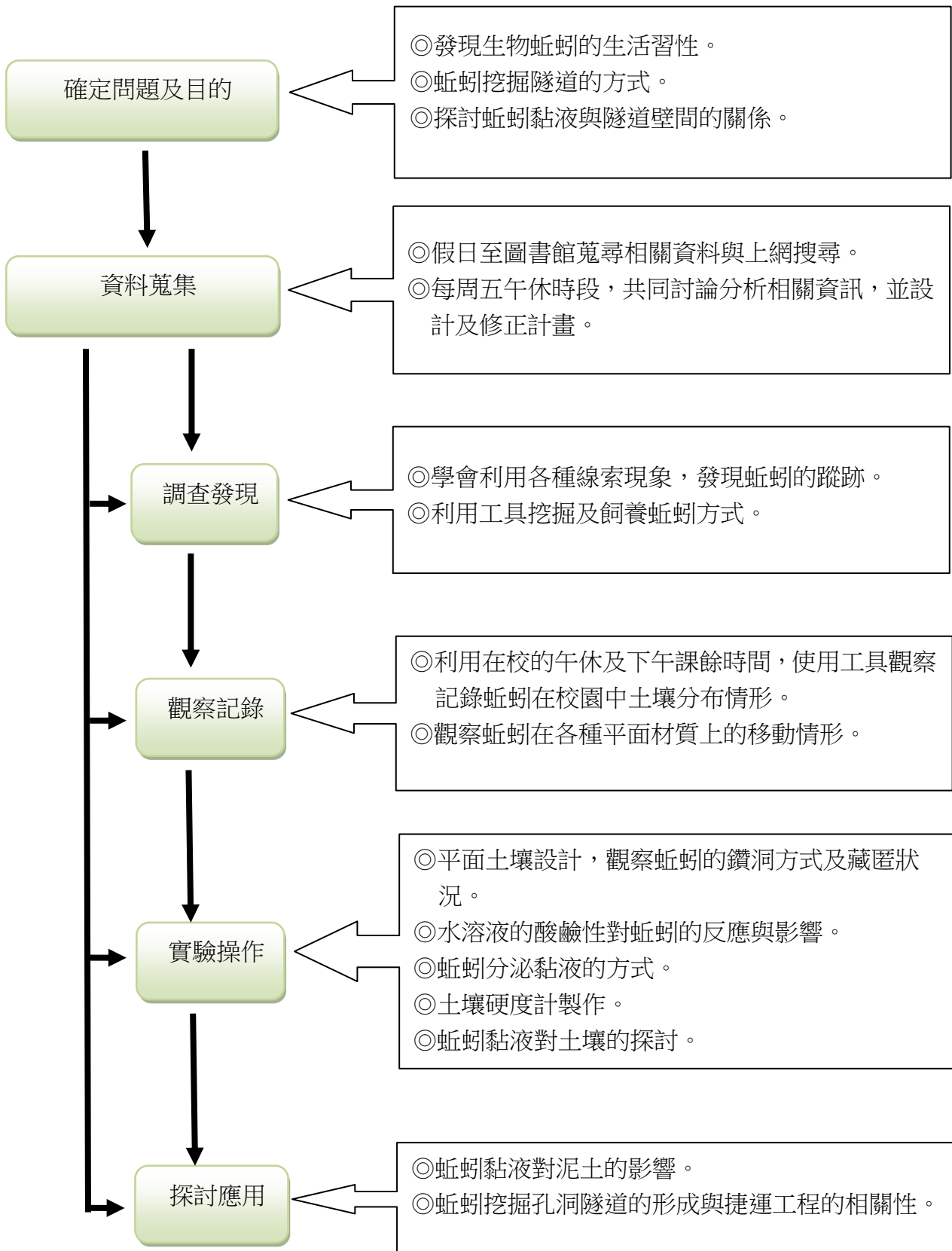
- 一、探討校園蚯蚓分布、外部構造及蹤跡。
- 二、觀察校園中的蚯蚓在土壤中鑽洞模式。
- 三、探討如何自製土壤硬度計，並利用此儀器來檢測土壤硬度。
- 四、探討蚯蚓黏液對土壤硬度的關係。

參、研究設備及器材

			
UPG621 數位顯微鏡	筆記型電腦	觀察箱(盒)	工具箱
			
砝碼	小烤箱	鐵尺與油土	電池燈泡組

肆、研究流程與設計

一、研究流程



二、研究設計

主題設計	方法介紹	重點說明
文獻蒐集	蒐集討論	<ol style="list-style-type: none"> 1. 假日至圖書館蒐尋相關資料與上網搜尋。 2. 每周五午休時段，共同討論分析相關資訊，並設計及修正計畫。
找尋蚯蚓蹤跡	調查找尋	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解如何利用糞土找尋蚯蚓。 2. 如何有效率的挖掘泥土找尋。 3. 了解飼養蚯蚓所需的器材。
外部構造及運動型態	觀察記錄	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用數位顯微鏡觀察記錄之。 2. 了解蚯蚓前進及後退的運動方式。
光對蚯蚓的影響	實驗觀察操作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解光對蚯蚓部位的影響。 2. 利用 LED 燈及手電筒燈照射。
平面材質對蚯蚓的運動方式	實驗觀察操作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不同材質的平面對蚯蚓身體反應觀察。
鑽洞情形	觀察及實驗操作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 戶外挖掘蚯蚓隧道及觀察其情況。 2. 設計垂直平面，蚯蚓鑽洞觀察。
蚯蚓黏液分泌	觀察記錄	<ol style="list-style-type: none"> 1. 觀察蚯蚓受刺激時反應。 2. 黏液分泌的探討。
糞土與黏液對植物的生長	觀察及實驗操作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 收集蚯蚓糞土及蚯蚓黏液並與泥土混合。 2. 各放置 20 顆空心菜種子觀察生長情形。
自製土壤硬度計	實驗操作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解壓力的原理及彈簧應用。 2. 設計可檢驗土壤硬度的儀器。 3. 檢驗土壤硬度計的使用方法及測試。
蚯蚓黏液對土壤影響	實驗操作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蚯蚓黏液的取得。 2. 黏液如何加入土壤中。 3. 利用自製土壤硬度計來測定其硬度及比較。

伍、文獻討論

一、蚯蚓簡介

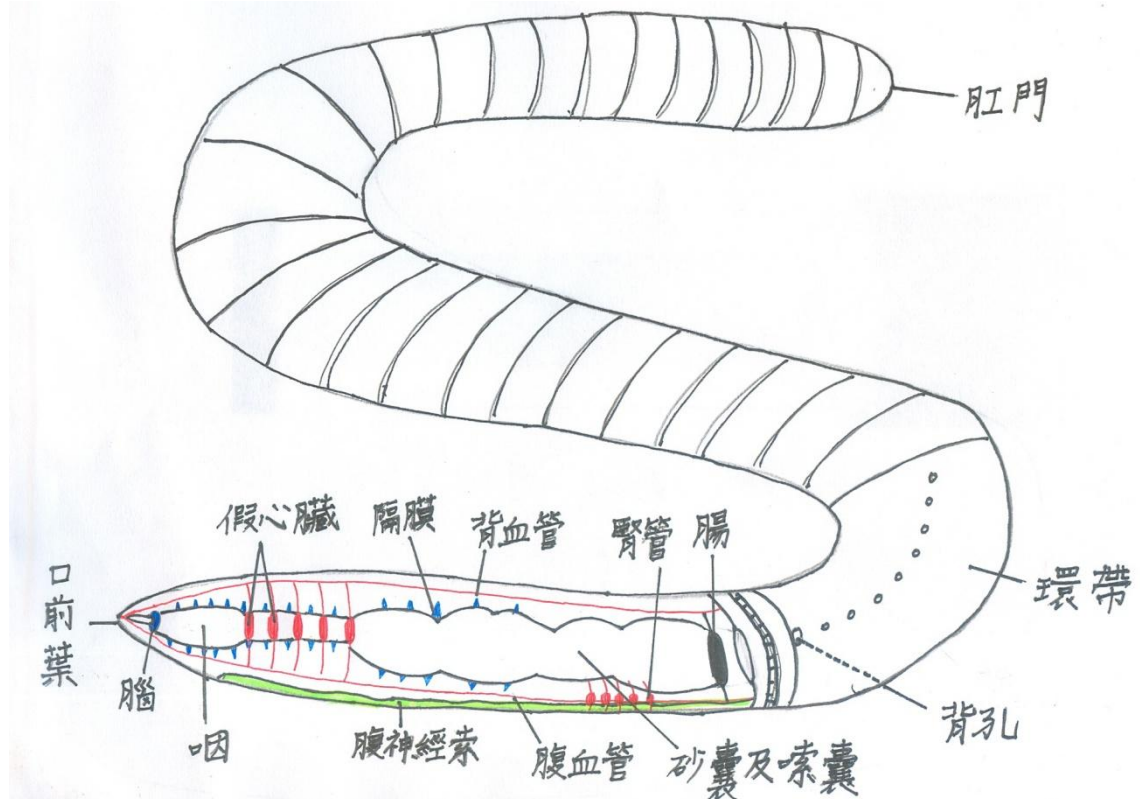
在科學分類中，蚯蚓是環節動物門環帶綱單向蚓目身體兩側對稱，具有分節現象且沒有骨骼。目前臺灣蚯蚓動物的研究尚未完整，但依照台灣大學動物研究所無脊椎研究室的資料已有記錄共有 13 屬 73 種(其中包括 42 種特有種)。大多屬於環毛蚓類(Pheretima group) 居多，也是世界上種類最多的一類蚯蚓，正式記錄已有七百多種。且在西元 1837 年被生物學家達爾文稱之為地球上最有價值的動物之一。蚯蚓在中藥裡叫地龍（開邊地龍、廣地龍），《本草綱目》稱之為具有通經活絡、活血化瘀、預防治療心腦血管疾病作用。

二、蚯蚓外型特徵

體長約 60mm-120mm，喜歡生活在潮濕、疏鬆肥沃的土壤中，身體呈現長圓筒型，體色偏褐色，約有 100 多個體節分明所組成。前段稍尖，後端稍圓，在前端有一個分節明顯的環帶。體表有一層很薄且透明的角質層，它的用途是防止體內的水分散失。身體前端沒有發達的感覺器官，但是表皮具有接受光、機械、化學物質等刺激的感覺細胞。





三、生態習性

蚯蚓在土中大部分的時間在吞食泥土，並將糞便排至地面，其糞便中含有很多量的泥土，故稱為糞土(高中生物第二冊 1994)。牠的活動狀態是晝伏夜出，不常離開自己的洞穴，只將身體前部伸出洞口外。在天氣潮濕或下雨天時，蚯蚓會棲息在接近地表的土壤中，當氣溫下降變冷時，蚯蚓會將洞口用泥土堵塞，再向下鑽到土中較深處棲息，也會有時發現數條蚯蚓聚集且捲曲在一起。若在炎熱的天氣，蚯蚓為了防止體內的水分大量流失而危及生存，會選擇在土中較深的棲息場所生活。



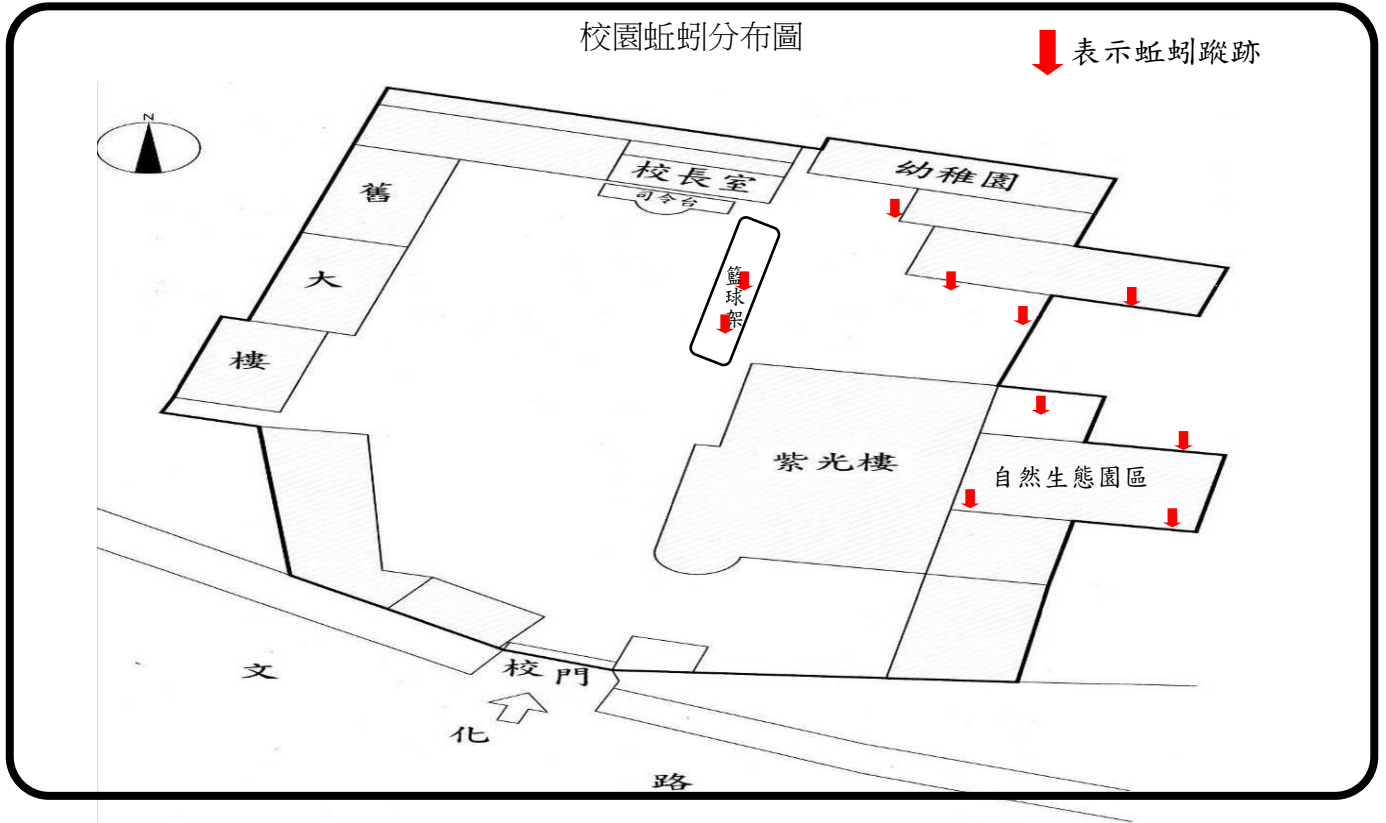
陸、研究結果

一、發現校園蚯蚓的蹤跡

位 置	圖 像 記 錄	描 述 說 明
自然生態園區(西)		<p>由於教材園有設計自動灑水的系統，泥土保持長期潮濕狀態。發現泥土表面有大量的蚯蚓糞土一粒粒的堆疊。在這裡是發現蚯蚓數量最多的地點。是我們為常挖掘蚯蚓的最佳地點。</p>
自然生態園區水池旁		<p>我們今天為了尋找更多有蚯蚓存在的地方也就是蚯蚓的棲息地，我們發現祕密花園除了東邊跟西邊以外，水池旁也有一些像蚯蚓洞的地方，我們仔細觀察後，好像也有一些蚯蚓的排泄物在其中。</p>
幼兒園花園		<p>在落葉底下發現許多蚯蚓糞土的蹤跡，主要分布植物體旁。當挖掘下去後，發現到土塊中有許多大小不一的孔洞。</p>
幼兒園桂花區		<p>在幼兒園的桂花區，我們意外的發現了一隻死掉的蚯蚓，它漸漸地變成了白色中帶著紫色的顏色，連續觀察幾天後一天比一天白。</p>
校園籃球架下		<p>校園籃球架旁有栽種芒果樹及橄欖樹，當把石頭翻開後發現蚯蚓正在快速亂竄！在石頭下的泥土有許多的孔洞，但無發現蚯蚓的糞土蹤跡。</p>

分析歸納：

經過校園踏察發現除了校園陽台上的武竹盆栽裡沒有蚯蚓蹤跡外，歸納出有泥土和植物生長的地方都可以發現蚯蚓糞土蹤跡。且從校園蚯蚓分布圖得知，校園中蚯蚓分布主要在偏東方區域及有栽種植物區域分布居多。



二、蚯蚓外部構造與運動型態

(一) 蚯蚓外部構造描述說明

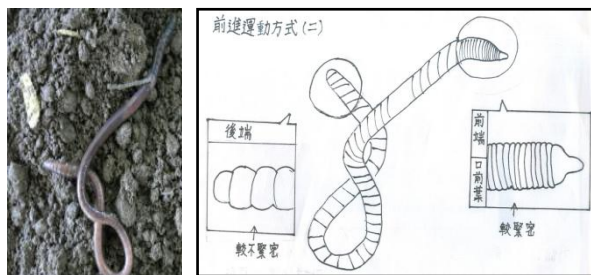
部位	圖像記錄	描述說明
整體外觀		牠身體長度約 8 公分，約重 0.85 公克，從頭摸到尾，愈來愈黏。在遇到危險時，可能會分泌黏液。
口前葉		發現牠的口前葉部分可以伸縮吐出或收縮到內部去。當吐出來時，發現是黃色組織物，呈現圓柱形的。

環帶		<p>觀察發現環帶比其他部位的顏色淺，且所占表面積比每個環節大，具有伸縮。圖中也發現部分黏液在環帶上。在不同種類的蚯蚓，環帶厚度也不同。</p>
環節		<p>利用數位顯微鏡觀察記錄口前葉後的部分環節約4節，測量長度約4.690mm，爬行時，環節主要功能伸縮讓蚯蚓可以移動且分泌黏液保持身體濕潤狀態。</p>
肛門(末端)		<p>蚯蚓末端外觀呈錐形狀。當放大倍數後發現末端也呈現細小的環節。</p>
背孔		<p>蚯蚓在各環節的背部背線處有背孔，可排出體腔液，幫助蚯蚓呼吸，以及保持身體濕潤。</p>

(二) 蚯蚓運動型態描述說明

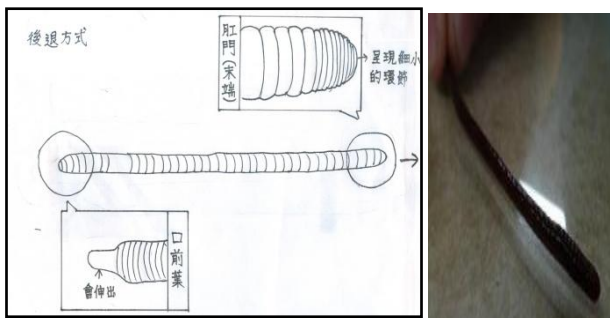
部位	圖像記錄	描述說明
前進運動方式(一)		<p>蚯蚓在玻璃上前進時，會先用口前葉吸住前方，蚯蚓前端部分會很緊密收縮，像彈簧似的往前舒張移動。也發現環帶部分也會有伸縮的現象。</p>

前進運動方式(二)



蚯蚓在泥土上前進運動是利用身軀的環節伸縮且移動速度很快，而它的口前葉像是在搜尋用。

後退方式



發現蚯蚓在玻璃片上，當遇到危險或刺激時，會有往後退縮的情形出現。發現蚯蚓的後退方式是末端肛門並不會吸附玻璃片運動，尾端也會出現收縮往後移動，此時前端的口前葉也會不斷地伸出。

三、對蚯蚓的影響

(一) 光的探討

第一次測試觀察

條件：利用手電筒不斷地照射蚯蚓前端，了解燈光對蚯蚓的影響。



把蚯蚓放置桌面上，利用手電筒的燈光照射移動中的蚯蚓。經過多次的手電筒燈光照射，發現當蚯蚓遇到燈光和熱時，蚯蚓前端會開始快速扭動身體轉向躲避燈光的照射。

不同燈光及照射不同部位的反應

條件：利用黑色紙張將蚯蚓分成前後兩段以蚯蚓環帶為分界且不接觸影響蚯蚓的移動。



一般燈泡 V.S. 蚯蚓前端	一般燈泡 V.S. 蚯蚓後端	LED 燈 V.S. 蚯蚓前端	LED 燈 V.S. 蚯蚓後端
發現當燈光照射蚯蚓的前端時，蚯蚓會不斷地扭動身軀，甚至有往後退縮的情況發生。	當燈光照射蚯蚓環帶之後身軀，發現蚯蚓沒有任何地快速扭動的反應現象，大部分時候很穩定停留原地。	利用冷光的 LED 燈光照射蚯蚓前端時，發現蚯蚓會一直躲避光的照射，顯得不安定的狀態。	當燈光照射蚯蚓後端時，也發現並沒有任何反應的狀況發生。

觀察光亮對蚯蚓的影響(一)

條件：觀察盒底部鋪滿薄土，一端布置充滿亮光的空間，另一端架設暗室的空間，觀察蚯蚓的躲藏情形。



將蚯蚓一開始放置在充滿光亮的空間中，發現牠開始躲藏在薄土裡，也分泌許多黏液。但薄土無法完全遮蔽身體被亮光所照射。顯得很不安定的狀態在土裡鑽洞。之後躲進暗室空間的薄土內不動。

觀察亮光對蚯蚓的影響(二)

條件：觀察箱底部未放置泥土，一端布置充滿亮光的空間，另一端架設暗室的空間，觀察蚯蚓的躲藏情形。



發現蚯蚓很不安定地扭動身軀，甚至多次會沿著邊角落往上爬。由於身軀有少數的泥土附著，讓牠無法順利地往上爬出。多次在觀察箱底部快速地移動，最後躲藏於暗室空間內。

分析歸納：

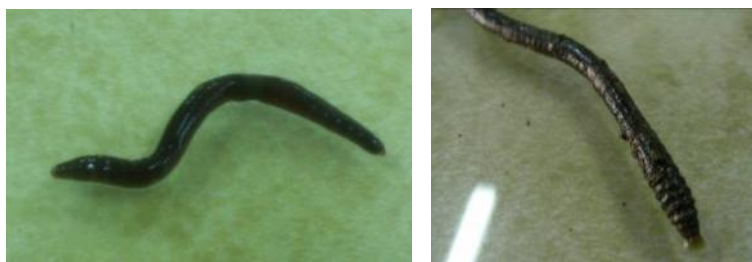
1. 從實驗可發現亮光會造成蚯蚓很不穩定地扭動身體而躲避亮光。
2. 發現亮光會對蚯蚓的前端有感光反應作用，蚯蚓環帶之後的身軀對亮光沒有反應現象。
3. 當蚯蚓在土壤上遇到光時，有部分蚯蚓會開始分泌多量的黏液在土壤中。

(二) 不同平面材質對蚯蚓爬行或鑽洞情況探討

◎爬行或鑽洞情況（每種狀況觀察記錄均測試3次以上）

平面材質	圖像記錄	描述說明
垂直的壓克力板上		蚯蚓身上濕潤可以攀附在壓克力板上，再利用口前葉吸附壓克力後，再緩慢伸縮方式向上爬。也發現爬過會留下黏液在壓克力板上。

玻璃片



當牠在光滑的玻璃面上，行動較緩慢，發現牠先利用口前葉吸住玻璃，伸縮環節使牠的身體向前移動。也發現爬過會留下黏液在玻璃上。

木造桌面



蚯蚓在桌子上活動，牠的口前葉並沒有很明顯的吐出來，牠一樣慢慢的爬行。也發現爬過會留下黏液在桌面上。

油土



牠爬行緩慢，甚至不動且牠的口前葉碰觸到油土時就馬上縮回去了。表示蚯蚓不喜歡油土且沒有黏液殘留。

沙子



牠身體上的黏液使得全身沾滿細沙，且不易脫落，使牠行動不便，不斷地扭動身體相互磨擦。也不願鑽進沙土中。發現有部分的沙子堆因蚯蚓黏液黏在一起。

小石子



發現蚯蚓在小石子爬行，由於蚯蚓口前葉會碰觸體積較大的石子，而使得無法吞食或吐出。沒有鑽洞發現。無法發現黏液的殘留在小石子上。

泥土



蚯蚓在鬆軟泥土中活動，行動自如，且會找尋較鬆軟的土壤且快速地鑽進土裡。沒有特殊的反應。不易發現黏液的殘留在泥土上。

培養土



在培養土中，身上會沾黏大小不同的培養土物質且移動快速離開培養土。經過一整天都沒有鑽入培養土中。不易發現黏液的殘留。

分析歸納：

1. 了解蚯蚓的身體會分泌黏液來保持濕潤，防止水分流失。所以發現蚯蚓在玻璃片、壓克力板及木造桌面上運動時會分泌黏液殘留在這些材質上。可推得蚯蚓在運動時，身體表面會分泌黏液。
2. 發現蚯蚓並不是適合在各種不同的土壤中活動。如沙子地形對蚯蚓是非常不利的。因身體上的黏液會沾黏細沙在身體，而使得蚯蚓的行動有所限制，也不斷地掙扎著扭動逃離。

(三) 泥土對蚯蚓的鑽洞的探討

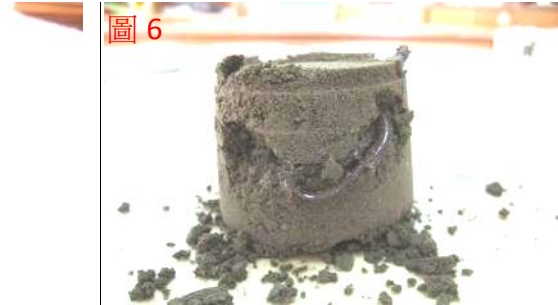
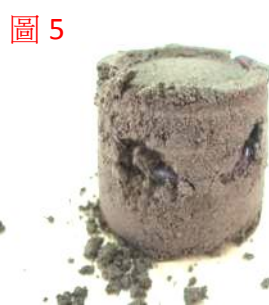
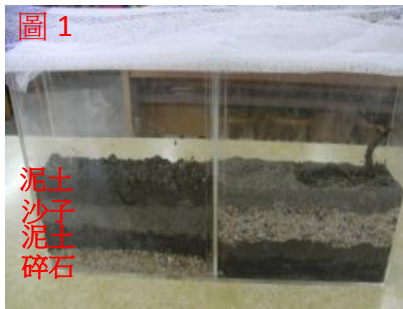
戶外觀察記錄



圖片說明：

1. 從圖 1 和圖 2 中，發現土塊有許多大小不同的孔洞隧道，有部分隧道相連著，可推得蚯蚓在土壤中會挖掘多條隧道。
2. 在圖 3 和圖 4 中，利用數位顯微鏡觀察測量孔洞的直徑約 1.6mm~2.1mm，其內部呈現平整的隧道，手輕碰不易崩落。
3. 圖 5 和圖 6 中，發現到隧道中會堆放少部分蚯蚓的糞土且黏在壁中。

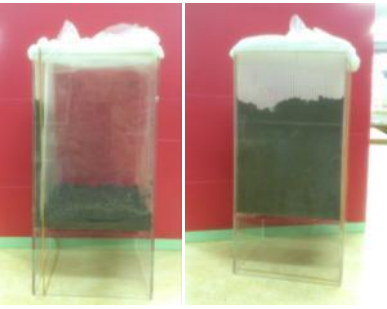

觀察箱記錄







圖片說明：

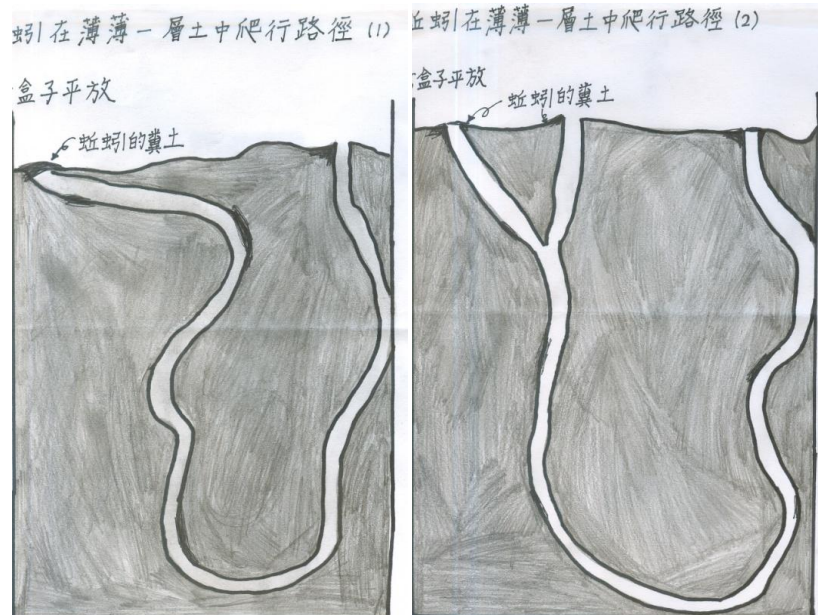
1. 在圖 1 中，多次實驗發現當蚯蚓在泥土裡向下鑽洞遇到沙子或碎石時，會停留在泥土層中，不再往下鑽洞。
2. 從圖 2 發現蚯蚓鑽洞前有選擇性，發現蚯蚓習慣先會選擇觀察箱邊緣且鬆軟的泥土往下鑽。在圖 3，當把觀察箱邊緣的泥土按壓緊實，觀察蚯蚓選擇鑽洞位置，多次發現蚯蚓沿著容器邊緣不斷地找尋鑽洞的位置，經過多天後死在泥土上或奄奄一息。
3. 圖 4、5、6 發現蚯蚓在鬆軟的泥土中所穿越的隧道也較不會塌陷損毀。同時發現蚯蚓身體保持光滑，身上沾黏泥土不多。

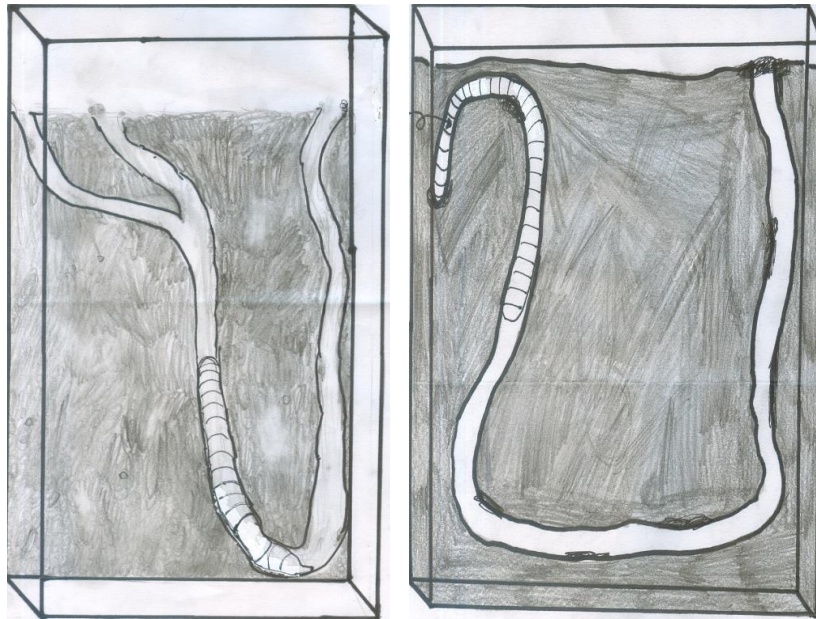
垂直平面泥土觀察紀錄

(一) 裝置模式	(三) 蚯蚓鑽洞狀況記錄
	

(二) 裝置鋪設	(四) 泥土中增加黏土觀察記錄
	

(五) 蚯蚓鑽洞的軌跡記錄	(六) 隧道泥土凝固記錄
	





分析歸納：

1. 在垂直面鋪上一層鬆軟且厚度約為 5mm、高約為 150mm 的薄土並用 PP 板固定土壤。容器上方用紗網固定封住以防止蚯蚓跑出。
2. 多次實驗觀察發現，蚯蚓會在往下鑽土而形成多樣式的隧道痕跡且相連的通道。當蚯蚓在土中遇到長條型油土時，會避開沿著油土邊緣鑽洞並不會穿越油土。
3. 發現除了在上方洞口有蚯蚓排出的糞土外，在所鑽的通道中也有多量的糞土及泥土附著於 PP 板上而形成蚯蚓的通道。
4. 發現當蚯蚓遇到驚嚇或危險時，在隧道中移動非常地快速。當掀起 PP 板時，發現蚯蚓在薄土移動時，還是會依照自己所挖的隧道來移動行進。

(四) 蚯蚓黏液的探討



圖 1



圖 2

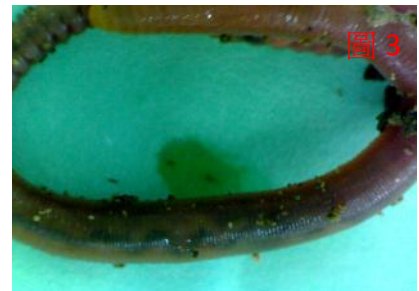


圖 3

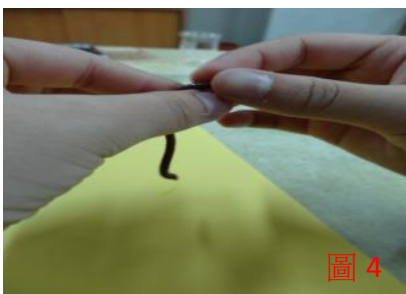


圖 4



圖 5



圖 6

圖片說明：









1. 圖 1 是原本了解蚯蚓對不同水溶液的酸鹼性實驗，當滴入酒精時，發現蚯蚓會大量分泌黏液。隔離觀察數天後，發現被滴酒精的蚯蚓並沒有出現任何異狀或死掉。

- 圖 2 中，發現蚯蚓受到刺激時，分泌大量液體殘留紙上且使紙張黏住。
- 在圖 3、4 中，我們用手觸摸抓取蚯蚓時，蚯蚓身上有黏液產生，濕濕黏黏的。
- 圖 5、6 是利用棉花棒沾黏液體所形成細長條的濃稠黏液且不易斷裂。進而讓我們想要更進一步了解黏液對蚯蚓鑽洞時是否對隧道中泥土有穩固的作用及對泥土硬度的增加。

(五) 糞土與黏液對植物生長探討

糞土：是蚯蚓的排泄物，常會堆放在蚯蚓的洞口附近，因此在地面上看見由小圓土粒堆成小土堆的糞土的地方。

黏液：蚯蚓的體內無特化的呼吸器官，呼吸作用靠體表進行，並藉由表皮上的黏液腺分泌黏液，背孔滲出體液及腎孔分泌排泄物，來使表皮潮溼。

(一) 收集糞土與黏液		(二) 放置種子(空心菜)各 20 顆			
					
(三) 觀察紀錄					
					
					
時間	糞土		黏液		
	發芽顆數	空心菜成長高度	發芽顆數	空心菜成長高度	
第一天	未發芽	未發芽	未發芽	未發芽	

第二天	未發芽	未發芽	未發芽	未發芽
第三天	5 顆發芽	1 公分:*1、0.5 公分:*4	未發芽	未發芽
第四天	7 顆發芽	2 公分:*1、1.2 公分:*1 0.5 公分:*5	1 顆	0.1 公分:*1
第五天	10 顆	3.1 公分:*2、1.4 公分:*4 0.3 公分:*4	2 顆	0.3 公分:*1、0.1 公分:*1 部分種子長了白白的黴菌
第六天	15 顆	8 公分:*5、6 公分:*7 4 公分:*3	2 顆	1 公分:*1、0.7 公分:*1

分析歸納：

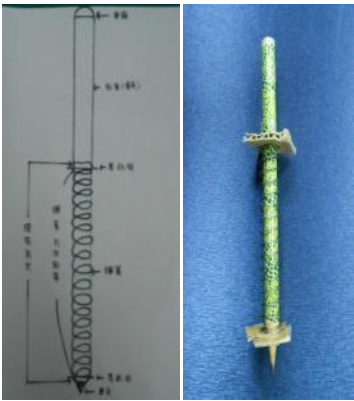
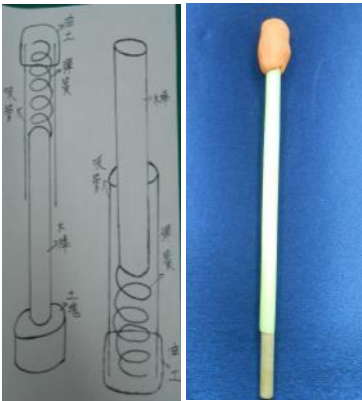
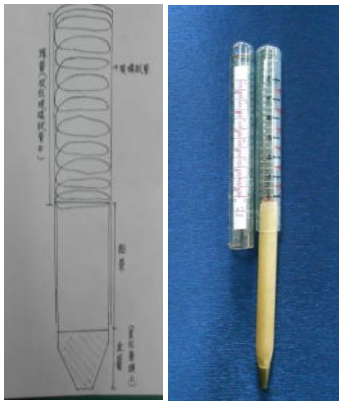
1. 經過多天的觀察紀錄，發現蚯蚓的糞土對植物的生長是有幫助的。而蚯蚓的黏液摻和泥土中並沒有對植物的生長幫助。
2. 發現原本有蚯蚓黏液的泥土是碎塊狀，經幾天固定時間的澆水 5ml 後，泥土都凝結成塊狀，不易受到碰撞時而破碎。

(六) 自製土壤硬度計

硬度計原理與設計圖

原理：利用壓力計之理論值 kg/cm^2 直接測量出土壤的硬度值。了解可以使用彈簧來測量力的大小而設計土壤硬度計。

設計圖：

第一代硬度計	第二代硬度計	第三代硬度計
		
製作方式		
利用鉛筆為中心棒(防止彈簧壓縮時，變形扭曲)，套上且固定壓縮彈簧上方處。	將壓縮彈簧放置吸管中，利用油土將壓縮彈簧固定於吸管上方，彈簧下方與木棒固定，形成土壤硬度計。	解決油土固定彈簧問題，選擇利用玻璃試管取代吸管。且在木棒前端加裝原子筆尖頭部分，更容易測試土壤硬度的功能性。

自製硬度計檢測

條件：相同材質樣式的彈簧，長短不同。

目的：了解彈簧長度與測量重物的關係。

操作方式：

1. 同材質彈簧分成三段不同長度。
2. 用土固定試管及三角板，依序放入壓縮彈簧在試管中，再放置圓盤。
3. 使用砝碼來測量彈簧的壓縮量並記錄之。

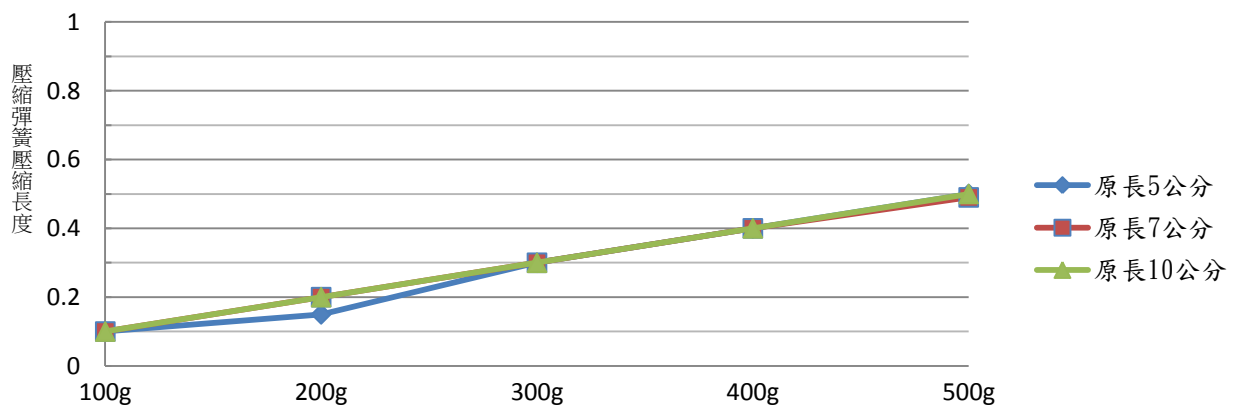


紀錄單位：cm(公分)

原長度(cm)		5		7		10	
實驗紀錄	項目紀錄	壓縮後長度	壓縮量	壓縮後長度	壓縮量	壓縮後長度	壓縮量
	砝碼重						
	放置 100g 砝碼	4.9	0.1	6.9	0.1	9.9	0.1
	放置 200g 砝碼	4.85	0.15	6.8	0.2	9.8	0.2
	放置 300g 砝碼	4.7	0.3	6.7	0.3	9.7	0.3
	放置 400g 砝碼	4.6	0.4	6.6	0.4	9.6	0.4
放置 500g 砝碼	4.5	0.5	6.51	0.49	9.5	0.5	

分析：從圖表發現同材質壓縮彈簧不會因彈簧長短所測量同重量的砝碼壓縮長度是相同的。當放的砝碼愈多，彈簧壓縮的總長度愈短。歸納發現此彈簧每放置 100g 砝碼時，壓縮彈簧會壓縮 0.1cm。

壓縮彈簧壓縮量與重量關係

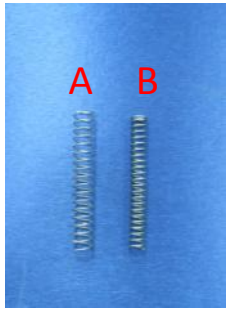


條件：不同樣式的彈簧，長度相同（5cm）

目的：探討不同粗細彈簧彈性的不同。

操作方式：

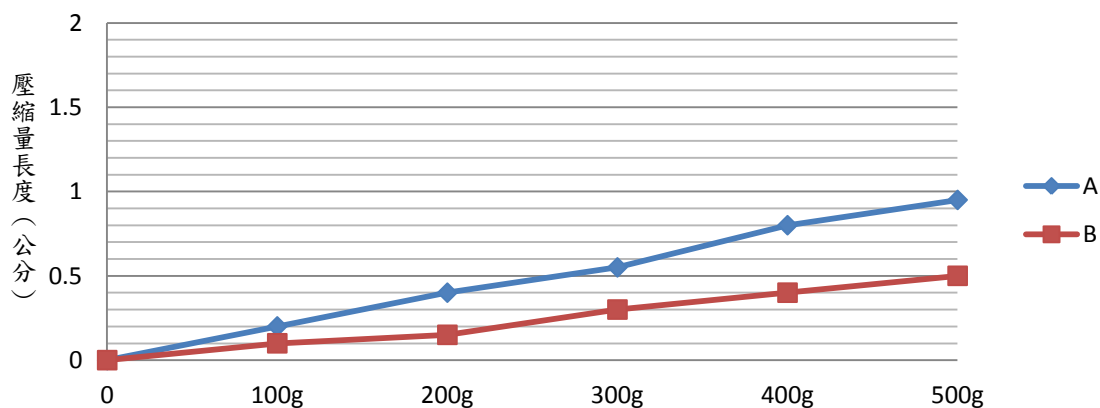
1. 用土固定試管及三角板，依序放入壓縮彈簧在試管中，再放置圓盤。
2. 使用砝碼來測量彈簧的壓縮量並記錄之。



彈簧樣式		A 彈簧		B 彈簧	
實驗紀錄	項目(cm)	壓縮後長度	壓縮量	壓縮後長度	壓縮量
	砝碼重				
	放置 100g 砝碼	4.8	0.2	4.9	0.1
	放置 200g 砝碼	4.6	0.4	4.85	0.15
	放置 300g 砝碼	4.45	0.55	4.7	0.3
	放置 400g 砝碼	4.2	0.8	4.6	0.4
放置 500g 砝碼	4.05	0.95	4.5	0.5	

分析：從圖表記錄中，發現彈簧的粗細及孔徑大小會影響所能乘載壓縮彈簧的量不同。也歸納出當 A 彈簧(5cm)每增加重量 100g，彈簧會壓縮約 0.2cm 且最大的承受重力為 750 公克(最大壓縮量 1.5 cm)就無法再壓縮。B 彈簧(5cm)則是每增加重量 100g，彈簧則壓縮約 0.1cm 且最大的承受重力為 1500 公克(最大壓縮量 1.5cm)就無法再壓縮。

不同樣式彈簧壓縮量比較



條件：不同彈簧按壓油土深度及口徑大小測試。

目的：藉由油土性質，確認不同樣式彈簧的硬度計所制訂刻度相符合。

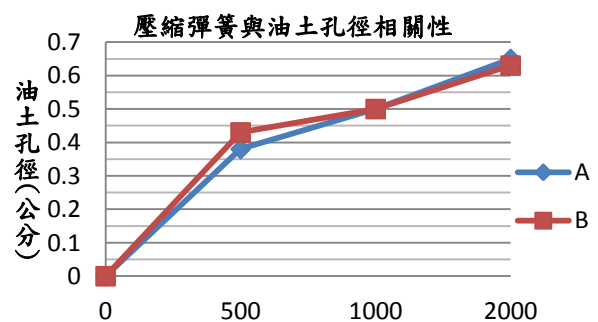
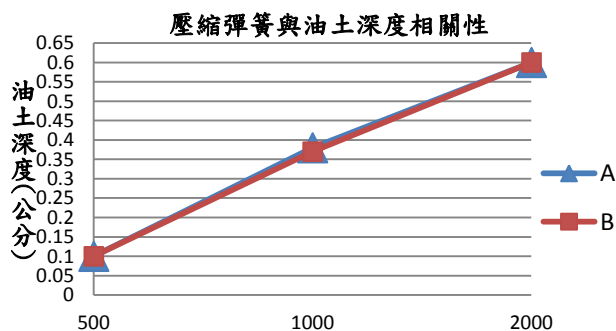
操作方式：

1. 先將油土表面整平，然後設定預測量的克數，將自製硬度計尖端部分插入中。
2. 垂直順向拔出自製土壤硬度計。
3. 使用鐵尺量測油土深度及孔徑大小，其記錄之。



測量項目	設定克數 (g)	彈簧種類	第一次	第二次	第三次	三次平均
油土深度 (公分)	500	A	0.1	0.1	0.1	0.1
		B	0.1	0.1	0.1	0.1
	1000	A	0.4	0.4	0.35	0.38
		B	0.4	0.3	0.4	0.37
	2000	A	0.6	0.6	0.6	0.6
		B	0.6	0.6	0.6	0.6
油土孔徑 (公分)	500	A	0.4	0.35	0.4	0.38
		B	0.4	0.5	0.4	0.43
	1000	A	0.5	0.5	0.5	0.5
		B	0.5	0.5	0.5	0.5
	2000	A	0.65	0.65	0.65	0.65
		B	0.6	0.65	0.65	0.63

分析：當施予相同的力壓縮彈簧伸入油土後，比較兩彈簧對油土所伸入油土深度及孔徑大小差異性。從壓縮彈簧與油土孔徑相關性圖表中發現利用測量油土孔徑的方式較無法呈現兩彈簧所制訂刻度的相關性。經過討論後，應該是搖晃拔除硬度計，使得孔徑變得變大現象。但從壓縮彈簧與油土深度相關性所呈現的線性關係較相近，證實我們所制訂的刻度是有相關性的。



四、蚯蚓黏液對土壤的探討

測量方式選擇

方法	操作說明	評估說明
戶外直接測量法	1. 校園內找尋挖掘蚯蚓隧道。 2. 利用自製土壤硬度計測量蚯蚓隧道的硬度並記錄之。	泥土的含水量問題、深度體積不同及蚯蚓孔徑大小不一。無法有效地量測記錄。
容器壓製測量法	1. 將 200g 的泥土和 20ml 的水攪拌混合放置透明飲料杯，壓至相同高度，靜置一小時。 2. 杯中放入一條蚯蚓，利用紗網封口。經過一天後。觀察測量其泥土的硬度並記錄之。	發現不同杯中的蚯蚓鑽洞情形不一。無法有效地量測記錄。
黏液土塊測量法	1. 取得蚯蚓黏液和 5ml 水充分攪拌混合至 20g 的泥土裡並倒入圓形模具中。 2. 使用小烤箱分別烘烤土塊 10、20 分鐘。 3. 利用自製土壤硬度計量其土塊硬度及記錄。	利用蚯蚓黏液混入泥土中方式取代前兩種方法，有效地測量其比較泥土硬度記錄。

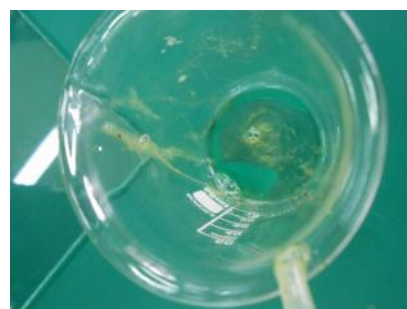
蚯蚓黏液取得



蚯蚓放置小燒杯中，滴入 0.5ml 酒精，蓋上玻璃片。



蚯蚓受到刺激時，會不斷地跳動且噴出濃稠液體。



杯中殘留濃稠液態狀，有黏性。



加入 5ml 水，利用玻璃棒攪拌均勻。



將燒杯壁上附著的蚯蚓黏液加以混合在水中。



發現蚯蚓黏液可溶解在水中。

蚯蚓黏液與泥土混合製作



將水溶液沿著玻璃棒倒入 20g 泥土中。



玻璃棒攪拌使水溶液和泥土完全混合。



混合後泥土倒入圓形餅乾模具中



利用砝碼底部壓製泥土模型。



靜置 5 分鐘後再分別脫模。

1. 加水 5ml
2. 膠水 2ml+水 5ml
3. 黏液+水 5ml

使用小烤箱烘烤分別 10 分鐘及 20 分鐘。

烘烤後，土塊外表明顯變乾且變硬。

自製土壤硬度計的測定

條件：三種不同內含物的土塊。

目的：利用自製土壤硬度計測量含有蚯蚓黏液的土塊硬度差別性。

操作方式：

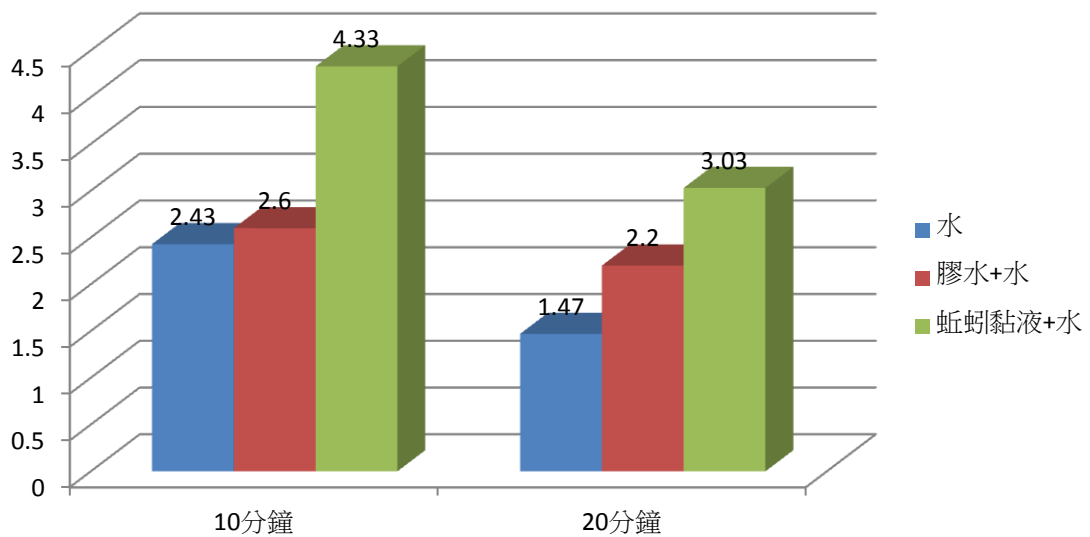
1. 先將土塊放置於大容器中，然後將自製硬度計尖端部分垂直地插入其中。
2. 慢慢地壓縮土塊直到碎裂開並記錄其彈簧壓縮量(單位：公分)。



烘烤時間	土塊內容物	第一次	第二次	第三次	三次平均
10分鐘	水	2.4	2.4	2.5	2.43
	膠水+水	3.0	2.3	2.5	2.60
	蚯蚓黏液+水	4.5	4.2	4.3	4.33

20 分鐘	水	1.4	1.5	1.5	1.47
	膠水+水	2.1	2.2	2.3	2.20
	蚯蚓黏液+水	3.0	3.2	2.9	3.03

分析：此實驗中，水扮演著重要的角色，除了可將黏液溶解在水中外，還可以使泥土較易凝固塑形，且我們選擇的彈簧土壤硬度計是 B 種類壓縮彈簧測定(每 100g 壓縮量為 1mm)。從上述表格中，烘烤 10 分鐘後含有蚯蚓黏液土塊可承受的平均硬度約為 4.33 公斤重，而烘烤 20 分鐘後含有蚯蚓黏液土塊可承受的平均硬度約為 3.03 公斤重。從圖表發現，不管烘烤 10 或 20 分鐘，發現含有黏液的土塊均比其他類型的土塊硬度大。也發現烘烤 10 分鐘土塊均比烘烤 20 分鐘土塊的硬度大。



柒、結論

蚯蚓蹤跡

1. 校園中蚯蚓分布主要是在校園的植物種植園區居多，除了栽種武竹盆栽內的土中，並無發現任何蚯蚓的蹤跡。也間接體認人類為了追求生活品質而對環境的加以使用及建設，漸漸使得許多生物遭遇到被迫遷移或限縮了牠們的生活圈。
2. 當在校園泥土中發現一粒粒的蚯蚓糞土時，大部分同學都不知道是怎麼原因造成的，且很多同學當看到蚯蚓時都會害怕，而不敢觸碰牠。

蚯蚓外部構造與運動型態

3. 發現蚯蚓口前葉有伸縮性且不大。身體具環節可以收縮和伸長幫助蚯蚓運動。環帶靠近蚯蚓前端明且特徵明顯易發現（顏色相較其他部位淺）。

4. 蚯蚓在平滑面(如：玻璃、桌面…等)進行運動時，會利用前端口前葉吸住平滑面後，再利用身體環節的收縮伸長前進。而在不規則面(泥土、小沙子…等)時，利用身體環節的收縮伸長前進，而口前葉像是搜尋前方的土質，輔助前進。

不同情境對蚯蚓的影響

5. 發現蚯蚓環帶前端部分因受光會有反應，不斷地擺動身體或退縮，避開光源。當放置在光照強烈的環境中，多次觀察後發現蚯蚓會很快地找地方躲藏並分泌多量的黏液，以減少光的照射。
6. 蚯蚓在玻璃片、木造桌面等一些材質上爬行時可以發現明顯的黏液痕跡，黏液幫助蚯蚓保持濕潤，防止水分流失。
7. 並不是每種土質都適合蚯蚓可爬行鑽洞，如細沙及培養土對蚯蚓來說，是可怕的土質，很多的細沙或培養土會因蚯蚓黏液而沾黏全身而無法擺脫。

泥土對蚯蚓的鑽洞的探討

8. 在戶外挖掘的蚯蚓隧道時，我們發現蚯蚓的孔洞結構光滑平整不崎嶇，且部分孔洞內壁上還發現蚯蚓的糞土，孔洞隧道不會因碰壓而崩落毀壞，同時還發現蚯蚓隧道部分相通的。
9. 發現蚯蚓在平面薄土鑽洞時，所造成的孔洞隧道的土質依附在黏著 PP 板上的現象，由此可知，在蚯蚓鑽孔時，黏液也會分泌將周遭泥土凝固形成隧道。

蚯蚓黏液的探討

10. 酒精對蚯蚓有明顯的刺激反應且蚯蚓會噴放多量的黏液。進而觀察與探討蚯蚓黏液的性質，發現黏液呈濃稠狀有黏性，但無味道，我們利用棉花棒沾黏時發現，黏液不易拉斷且有彈性還可以溶於水中。

糞土與黏液對植物生長探討

11. 發現蚯蚓的糞土與黏液泥土相較對植物的生長情形，發現蚯蚓黏液對植物的生長較無幫助，也會使得泥土變硬，不容易讓植物紮根成長。

自製土壤硬度計

12. 我們可以利用壓力計原理以及彈簧的壓縮與回復的性質來製造土壤硬度計，目的是想測量經過蚯蚓翻動後土壤硬度的改變。
13. 我們利用不同彈性係數的彈簧來測量與檢定它們的準確性，同時將刻度與單位標示完整，並訂定土壤硬度計的測量標準。

蚯蚓黏液對土壤的探討

14. 經由實驗發現，蚯蚓分泌黏液可以增加在挖掘孔洞隧道時，固定隧道中泥土穩定不會崩落，而能不斷前進挖掘。黏液增加了隧道周圍泥土的硬度而讓隧道不因過多外力因素而使得蚯蚓被埋入土中。
15. 如現在的捷運就是利用潛盾隧道工法是利用圓筒狀的潛盾機在地下鑽掘，潛盾機向前鑽掘時，會同步以灌漿來填充周邊土壤的空隙，讓土壤穩定並且減少地面的沉陷，所以目前在台北捷運工程中廣泛的使用。

捌、參考文獻

蚯蚓對光的反應（1977）。全國中小學科展作品第 17 屆作品。

蚯蚓（1982）。全國中小學科展作品第 22 屆作品。

蚯蚓（2014 年 3 月 7 日）。**維基百科**。2014 年 3 月 10 日，取自：

<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%9A%AF%E8%9A%93>

台灣蚯蚓資料庫（2011 年 2 月）。國立台灣大學動物學研究所 無脊椎動物研究室。2014 年 3 月 10 日，取自：<http://earthworm.zo.ntu.edu.tw/earthworm/index.htm>

台灣蚯蚓資訊網（2011）。國立中興大學生命科學系無脊椎動物研究室。2014 年 3 月 10 日，取自：<http://web.nchu.edu.tw/~htshih/worm/earthworm/earthworm.htm>

陳奕銓（2004）。捷運英雄—神奇的潛盾機。捷運報導。2014 年 3 月 10 日，取自：

http://www2.dorts.gov.tw/news/newsletter/ns193/rp193_04.htm

【評語】 080307

1. 生物實驗應確立物種名稱。
2. 實驗應有對照組和足夠的重覆次數。
3. 試驗設計應模仿自然行為。