

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物科

030319

「蚓」出生機

—探討蚯蚓習性與其植物生長的關係

學校名稱：彰化縣立陽明國民中學

作者： 國二 楊耀嘉 國二 蔡一全	指導老師： 黃耀萱 蔡名峯
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：蚯蚓塔、生廚餘、蚓糞

摘要

蚯蚓自然農法是以「環境和生物共生共榮」的方式來種植作物，本組**希望創造一種能在都市狹窄空間**，利用生廚餘和蚯蚓改良土壤性質、不用化學肥料的自然栽種農法。實驗發現在光度為 $476\pm 10\text{lux}$ 的白光環境下，蚯蚓的負趨光行為最明顯；在電磁波為 38mG 的環境下，蚯蚓鑽入土壤中的速度比沒有電磁波的組別快。在飼養蚯蚓方面，除了分析不同材質養殖箱的優缺點，也發現有 46.67% 的蚯蚓會鑽入混有百合花瓣的家用土中，比例較培養土、蔬果還高。另外，在蚓糞與植物生長情形的實驗中，全蚓糞土所栽種的空心菜，不僅全株乾重最大，且長度**超過 5 公分**的葉子平均有 54 片，蚓糞土比例越低葉片數越少。實驗最後，本組推薦自製**蚯蚓塔**作為栽種媒介。

壹、研究動機

假日本組到其中一位同學家討論科展題目時，發現他家菜園的蔬菜長得格外茂盛，同學媽媽很不好意思的表示無暇除雜草顯得有些雜亂，但為了給家人吃到新鮮、無毒、健康的蔬菜，堅持不使用除草劑、農藥及化學肥料，平時只會用廚餘和枯葉片來當作肥料，缺點是會聞到臭味又會引來果蠅。我們觀察到土壤有小土堆，好奇往下挖，看到了蚯蚓的蹤跡，上網查到了蚯蚓的運動對改善土壤的質量非常有益，可使土壤的透氣性保持良好，使土壤保持健康狀態，蚓糞能提供植物**全方位**的營養，是最天然最有用的肥料。且蚯蚓在西元 1837 年被生物學家達爾文稱為：「**地球上最有價值的動物**」。難怪同學家友善的環境經蚯蚓加持蔬菜長得特別好，讓我們當下決定將研究**最適合蚯蚓生長的養殖箱**，並自製植物**蚯蚓塔**，試著種植空心菜來**探討蚯蚓的生存環境與對植物的影響**，找出最好的方式好讓大家也可用環保方式「**蚓**」出生機。

貳、研究目的

一、探討蚯蚓的生活習性

- (一) 蚯蚓的分類階層與型態構造
- (二) 比較各種色光對蚯蚓負趨光性的影響
- (三) 比較各波段電磁波對蚯蚓的影響

二、探討蚯蚓的最適飼養環境

- (一) 比較不同材質蚯蚓養殖箱之優劣
- (二) 比較蚯蚓對各種常見土壤的偏好
- (三) 比較蚯蚓對各種生廚餘的偏好

三、探討蚓糞對植物生長的影響

比較不同比例蚓糞對空心菜生長的影響

四、探討自製蚯蚓塔的設計與應用

- (一) 自製蚯蚓塔的設計與改良
- (二) 自製蚯蚓塔的應用與成效分析


參、實驗設備與器材

一、研究材料

材料	個數	材料	個數
1.歐洲紅蚯蚓	1 公斤	14.家用土	15 公斤
2.噴霧器	1 個	15.培養土	6 公斤
3.魚缸	1 個	16.雞糞土	6 公斤
4.保麗龍箱	1 個	17.電子秤	2 個
5.塑膠箱	3 個	18.空心菜種子	100 克
6.黑色塑膠網	1 張	20.捕蚊燈	1 臺
7.塑膠手套	3 套	21.氮肥	1kg
8.蔬果調理棒	1 支	22.磷肥	1kg
9.回收塑膠桶	1 個	23.鉀肥	1kg
10.大塑膠管	1 個	高麗菜葉	200g

11.小塑膠管	1 個	鳳梨皮	200g
12 照相機	1 臺	百合花	100g

二、測量器材




土壤檢測儀


【功能說明】

- 1.測量當下環境的光照強度
LOW-.LOW.LOW+.NOR-.NOR.NOR+.HGH-.HGH.HGH+
- 2.測量土壤的水分含量
DRY+.DRY.NOR.WET.WET+
- 3.測量土壤溫度，溫度測量範圍：-9 ~ +50℃ (16 ~122 F)
- 4.測量土壤酸鹼質，PH測量範圍：3.5 - 9.0

圖 1 土壤檢測儀及使用方法




花花草草監測儀




Flower Care APP

圖 2 花花草草監測儀及使用方法



電磁波檢測儀



1. 感應線圈位置
2. 液晶顯示器 (LCD)
3. 電源開關
4. 最大值鎖定按鈕
5. 資料鎖定按鈕
6. 毫高斯單位切換按鈕
7. 微泰斯拉單位切換按鈕
8. 量測範圍選擇按鈕

圖 3 電磁波檢測儀及使用方法

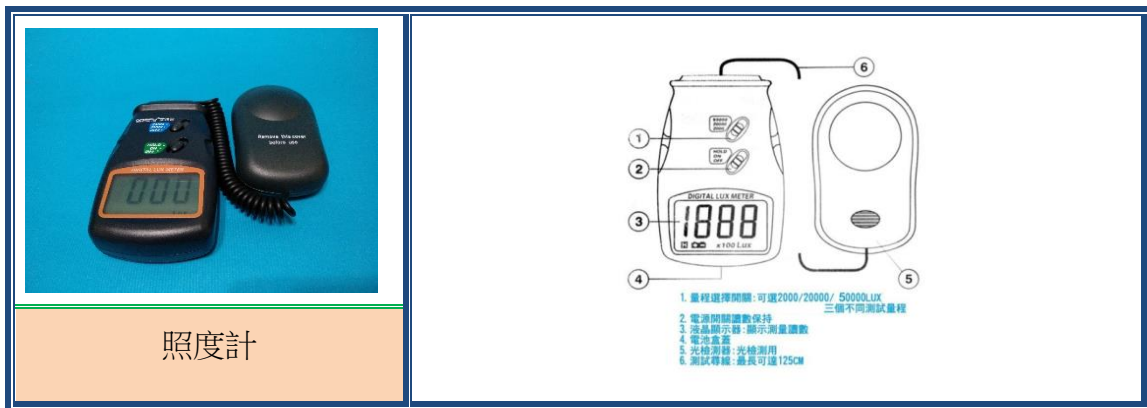


圖 4 電磁波檢測儀及使用方法

肆、研究過程與方法

一、實驗研究流程圖

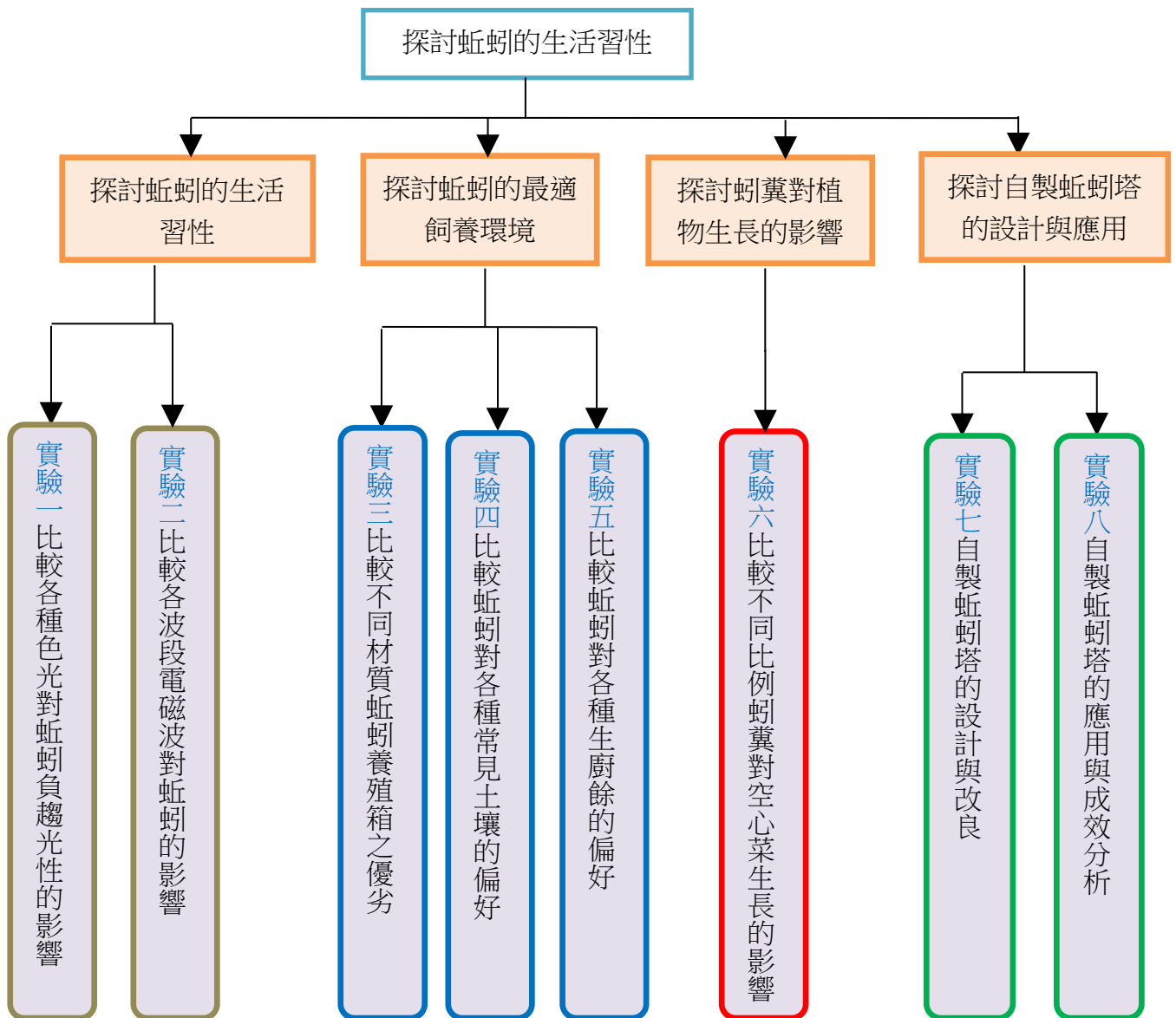


圖 5 實驗研究流程圖

二、資料的蒐集與彙整

(一)認識歐洲紅蚯蚓

歐洲紅蚯蚓是環節動物門寡毛綱類動物，其原生地為歐洲，長度為，5.00~10.00 起始於 24~27 節、寬度 0.40~0.70cm、長 8 節，其顏色鮮紅色或深紅色，背部顏色較分布均勻，尾部經常轉為黃色。

(二)蚯蚓對土壤性質的貢獻

- 1.物理性：鑽洞的行為，使土壤的通氧性好，排水性好，所以土壤不容易淹水，有足夠的氧氣。
- 2.化學性：蚯蚓糞是蚯蚓有機物分解的最終產物富含有機質，除了能釋放養分外，還有強大的吸附力，較不易造成土壤酸化和鹽化。
- 3.生物性：蚯蚓能放出有利的微生物，本身的黏液能分泌出物質，進而促進微生物的生長與活化，而這些微生物可以抑制與食用有害的微生物。

(三)蚯蚓的食物

蚯蚓除了可以有效增加地力之外，還可以處理有機廢棄物的問題。蚯蚓愛吃的食物如：禽畜糞、米糠、生廚餘(包含水果、蔬菜)。

(四)歐洲紅蚯蚓、印度藍蚯蚓和非洲夜蚯蚓的比較

比較三種蚯蚓，體積方面，非洲夜蚯蚓體型較其他兩種大，體長也是其他兩種中最長的，最長可到 25.00~40.00cm，在分解廚餘方面，歐洲紅蚯蚓分解廚餘最佳，且產生的蚓糞不會產生臭味。判別方面，能觀察蚯蚓背部皮膚的顏色，會發現歐洲紅蚯蚓顏色成鮮紅色，印度藍蚯蚓的皮成藍紫色，非洲夜蚯蚓的皮膚紅褐色。

(五)蚯蚓養殖場的參訪

在網路上雖然能找出很多有關蚯蚓習性的評論，但是網路上的評論往往還是會有疑慮，因此本組訪問了蚯蚓養殖場的老師，破除了心中的疑慮，也吸收了許多知識。

1.訪談王建壹老師

王建壹老師在蚯蚓養殖區塊從事多年，對於蚯蚓的辨別更是一流，在蚓糞土方

面，也能讓我們清楚了解蚓糞土發酵程度與其團粒狀的差別，並且為我們解答了許多迷思。如：蚯蚓會不會吃種重金屬等。

2. 訪問蚯蚓養殖場

在這間蚯蚓養殖場中，能學習到蚯蚓養殖的技術，那邊的老闆說：蚯蚓很不耐高溫，它的耐熱程度在 8°C ~ 32°C，且在養殖蚯蚓時，底部土壤要先放太空包、再放土壤、再放廚餘、最後在放蚯蚓。



圖 6 王建壹老師解除本組同學的迷思

圖 7 在養殖場中，與本組同學挖掘蚯蚓

三、研究方法

實驗一、比較各種色光對蚯蚓負趨光性的影響

(一) 蚯蚓鑽洞箱實驗設計與原理：使用相同的光源，利用彩色的玻璃紙，比較在不同色光下，蚯蚓鑽入土中的狀況。

表 1 比較各種色光對蚯蚓負趨光性的影響

操作變因	控制變因	應變變因
光的顏色：白光、紅光、黃光、藍光、綠光	土壤性質(來源、濕度、溫度) 蚯蚓種類(歐洲紅蚯蚓) 光線強度(利用距離與照度計調控)	連續觀察 2 小時內，記錄蚯蚓鑽入土壤中所花費的時間與比例

(二) 實驗步驟：1. 將新抓蚯蚓放入蚯蚓鑽洞箱上

2. 在手電筒上包覆各種玻璃紙並架於鐵架上再將紙箱放在鐵架旁

3. 使用照度計測量用玻璃紙包覆後的手電筒亮度，並開始測量

實驗步驟說明(以綠光為例) (如圖 8-1~8-4 所示)



圖 8-1 將蚯蚓放至於中央



8-2 用各種玻璃紙包覆手電筒



8-3 用照度計測量白光讀數



8-4 開始測量

實驗二：比較各波段電磁波對蚯蚓的影響：

實驗設計與原理：利用電磁波來測量蚯蚓的影響程度

表 2 比較各波段電磁波對蚯蚓的影響

操作變因	控制變因	應變變因
電磁波強弱 (38mG 與 0mG)	1.將蚯蚓編號 (放入不同的杯子) 2.控制電磁波強度 35-38 mG 3.控制照度在 110 LUX 4.同一隻蚯蚓先開捕蚊燈及關捕蚊燈各做一次實驗取平均	蚯蚓鑽入土壤的時間 (s)

實驗步驟(如圖 9-1~圖 9-6 所示)



<p>圖 9-1 利用捕蚊燈在不同區域的不同電磁波特性</p>	<p>圖 9-2 在捕蚊燈上罩上一層黑布（蚯蚓不受光影響）</p>	<p>圖 9-3 自製昇降平台</p>
		
<p>圖 9-4 在平台周圍裝上電磁波檢測器及照度計控制變因</p>	<p>圖 9-5 上方架設攝影機全程錄影</p>	<p>圖 9-6 讀取蚯蚓鑽土之視訊檔（記錄時間）</p>

實驗三、探討不同材質對蚯蚓養殖箱之優劣

(一) 比較不同材質養殖箱 (實驗三-1)

第一代蚯蚓養殖箱

1. 實驗設計：測試蚯蚓在透明無遮蔽環境中生長的情形。
2. 實驗步驟：(1)準備魚缸、蚯蚓(60g)、家用土 3kg 如圖 26 所示
 - (2) 將家用土壤放入魚缸
 - (3) 將蚯蚓放入土壤(不用將土壤覆蓋在蚯蚓上會自行鑽入，避免窒息)
 - (4) 在土壤上放入蔬菜廚餘(每三天餵食一次)
 - (5) 定期澆水觀察
3. 實驗設計圖：如圖 10 所示



圖 10 第一代蚯蚓養殖箱

4. 觀察生存情形

第一代蚯蚓養殖系統所養殖的蚯蚓全數死亡，推測利用透明魚缸養殖蚯蚓，可能因為通風效果不佳，及無遮蔽環境光線太亮而導致蚯蚓的死亡。

第二代蚯蚓養殖箱

1.實驗設計：測試蚯蚓在箱底開洞時的生長情形。

2.實驗步驟：

- (1) 抓取新的蚯蚓
- (2) 將魚缸換成底部能打洞的保麗龍箱
- (3) 將家用土壤放入保麗龍箱
- (4) 將蚯蚓放入土壤(一樣不能將土壤覆蓋在蚯蚓上，避免窒息)
- (5) 在土壤上放入蔬菜廚餘(每三天餵食一次)
- (6) 定期澆水觀察

3.實驗設計圖：如圖 11 所示



圖 11 第二代蚯蚓養殖箱

4.觀察生存情形

部分死亡，大部分蚯蚓營養不良，推測可能利用保麗龍箱養殖，怕土壤太溼透氣性不佳，澆水次數減少，將水的溼度控制於 30%，但造成土壤太乾，蔬菜廚餘太大片導致食物沒埋入土壤，蚯蚓難以食用到導致蚯蚓死亡。

第三代蚯蚓養殖箱：

1.實驗設計：測試蔬菜打成泥時蚯蚓的生長情形

2.實驗步驟：

- (1) 抓取新的蚯蚓

- (2) 將保麗龍箱換成通風良好的塑膠箱
- (3) 將家用土壤放入鋪有報紙的塑膠箱(避免土壤外露及小蚯蚓逃跑)
- (4) 將蚯蚓放入土壤(一樣不能將土壤覆蓋在蚯蚓上，避免窒息)
- (5) 將蔬菜打成泥並埋入土壤中
- (6) 定期澆水觀察

3. 實驗設計圖：如圖 12 所示



圖 12 第三代蚯蚓養殖箱

4. 觀察生存情形

少數蚯蚓死亡，推測螞蟻會跑入養殖箱中，蚯蚓受到侵襲，導致蚯蚓死亡。

第四代蚯蚓養殖箱：

1. 實驗目的：研究減少螞蟻等昆蟲影響蚯蚓的生存情形
2. 實驗步驟：
 - (1) 抓取新的蚯蚓
 - (2) 家用土壤放入放入鋪有報紙的塑膠箱(避免土壤外露及小蚯蚓逃跑)
 - (3) 將蚯蚓放入土壤(一樣不能將土壤覆蓋在蚯蚓上，必免窒息)
 - (4) 將蔬菜打成汁並埋入土壤中(不用加入水)
 - (5) 在塑膠箱上蓋上黑網
 - (6) 定期澆水觀察

3. 實驗設計圖：如圖 13 所示



圖 13 第四代蚯蚓養殖箱

4.觀察生存情形

蚯蚓幾乎全數存活。

實驗四、比較蚯蚓對各種常見土壤的偏好：

1.實驗設計與原理：將蚯蚓放置在四種常見的土壤中，蚯蚓鑽入土中的狀況。

2.土壤說明：

家用土：一般農地的土壤，顏色偏褐色，土壤質地緻密，且已種過高麗菜，

雞糞土：在養雞場收集雞糞與一般土的混合土，土壤為偏褐色、肥力為四種土中最高的。

培養土：市售培養土，通常含有全氮和有機質，顏色偏黑，質地為四種之中最鬆的土壤。

廢棄太空包：收集栽種蕈類後，剩下的廢棄太空包，主要成分為木屑。

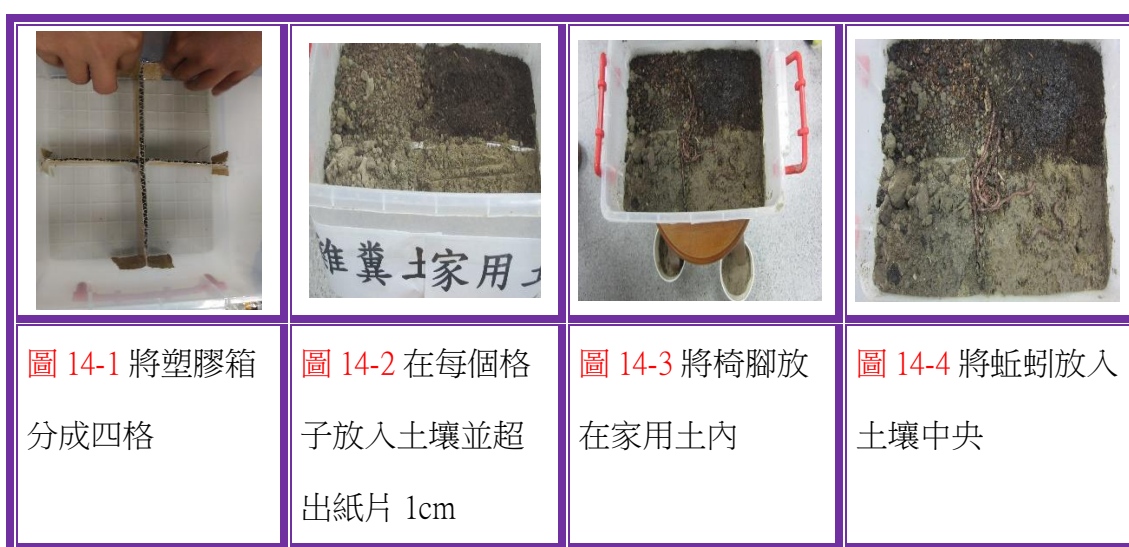
表 3 蚯蚓對各種常見土壤的偏好之實驗變因

操作變因	控制變因	應變變因
土壤種類(家用土、雞糞土、培養土、廢棄太空包)	周遭環境(光線、濕度、溫度) 蚯蚓種類(歐洲紅蚯蚓)	連續觀察 2 小時內，記錄蚯蚓鑽入各種土壤的比例

3.實驗步驟：(如圖 14-1~圖 14-4 所示)

- (1) 取一透明收納箱（長 27.00cm 寬 17.00cm 高 11.80cm），利用廢棄紙箱裁剪出合適大小之紙片，將收納箱分隔為等容積的四個空間（長 13.50cm 寬 8.50cm 高 2.50cm）注意：一定要用膠帶把紙片密封，因為蚯蚓會鑽入紙片內部空間並死亡！

- (2) 在四個空間中分別裝入家用土、雞糞土、培養土、廢棄太空包，高度統一為 5.00cm，並在收納箱外側貼上標籤標示。**注意：土壤高度須比隔間高度高約 1.00cm。**
- (3) 將收納箱放置在木頭圓凳上，並將四個木頭圓凳的椅腳，放入裝有家用土的廢棄圓形餐盒。**注意：蚯蚓對於震動非常敏感，為避免因震動而影響蚯蚓行為，採用以上裝置藉以防震。**
- (4) 將八隻歐洲紅蚯蚓放置在四種土壤中央，開始計時 2 小時，並觀察記錄蚯蚓鑽入各種土壤的數量與時間。



實驗五、比較蚯蚓對各種生廚餘的偏好：

1. 實驗設計與原理：三種生廚餘都是家庭常見的廢棄品，其選用原因如下

高麗菜：水分較一般蔬菜多

鳳梨皮：甜度較其他水果高

百合花：具有濃厚香味

表 4 蚯蚓對各種生廚餘的偏好之變因

操作變因	控制變因	應變變因
生廚餘種類(高麗菜葉、鳳梨皮、百合花)	生廚餘性質(顆粒大、發酵時間、土壤基底皆為家用土)	連續觀察 2 小時內，記錄蚯蚓鑽入各種土壤的比例

	周遭環境(光線、濕度、溫度) 蚯蚓種類(歐洲紅蚯蚓)	
--	-------------------------------	--

2.實驗步驟：(如圖 15-1~圖 15-3 所示)

- (1)三種生廚餘都先切碎，並放置 48 小時。注意：生廚餘發酵時溫度會上升而影響蚯蚓行為，故須先放置一段時間。
- (2)採用實驗似的實驗裝置，但將土壤皆改為家用土，並將三種廚餘分別鋪在家用土上，高度為 1cm，剩餘一個沒有生廚餘的隔間，則在補入家用土使其與其他三隔間等高，並將溫度控制於 26°C。
- (3)將十五隻歐洲紅蚯蚓放置在四種土壤中央，開始計時 2 小時，並觀察記錄蚯蚓鑽入各種土壤的數量與時間。

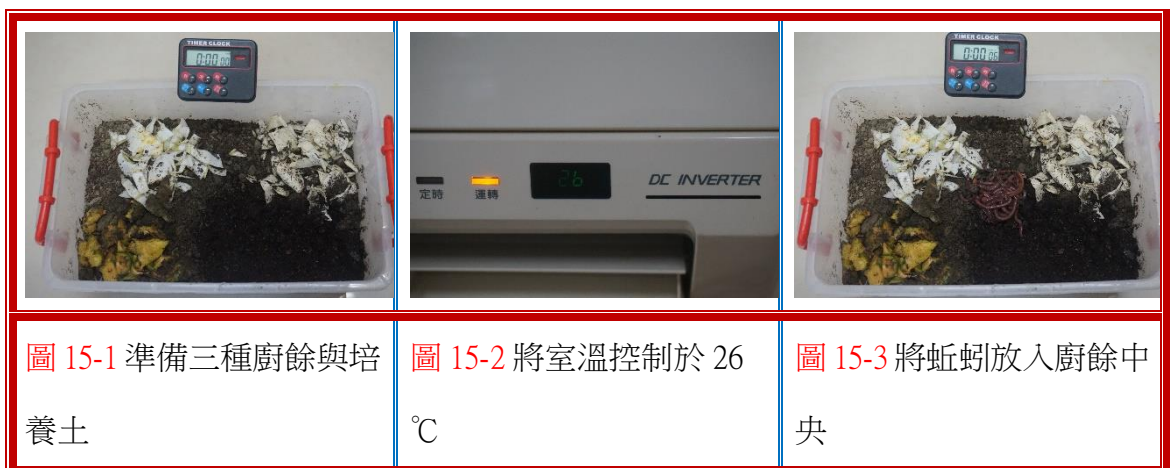


圖 15-1 準備三種廚餘與培養土

圖 15-2 將室溫控制於 26°C

圖 15-3 將蚯蚓放入廚餘中央

實驗六：比較不同比例蚓糞對空心菜生長的影響

1. 實驗設計與原理：將蚓糞與家用土依不同比例混合，探討最適栽種空心菜的土壤狀況，將實驗結果運用於實驗八，探討蚯蚓塔中應養殖多少蚯蚓數量較佳。

表 5 不同比例蚓糞對空心菜生長的影響之變因

操作變因	控制變因	應變變因
蚓糞與家用土比例 (4:0)、 (3:1)、(2:2)、(1:3)、 (0:4)、	周遭環境(光線、濕度、溫度) 蚯蚓種類(歐洲紅蚯蚓) 蚓糞重量	記錄長度超過 5 公分的葉片數、全株乾重

2. 實驗步驟：(如圖 16-1~圖 16-6 所示)

(1)將蚓糞與家用土以不同比例混和

(2)將各土填入盆栽中

(3)在各土放入 20 粒空心菜種子

(4)每天定時觀察

(5)最後將植物挖出，將植物用清水沖乾淨，並測量植物的葉片面積

(6)把根與葉放入乾果機乾燥

(7)將乾燥後的植物放到電子秤秤乾重



圖 16-1 將土以不同比例混和

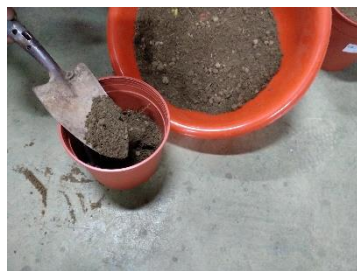


圖 16-2 各土填入盆栽中



圖 16-3 在各土放入 20 粒空心菜種子



圖 16-4 每天定時觀察



圖 16-5 最後將植物挖出，並觀察植物葉片



圖 16-6 將植物放到電子秤秤乾重

實驗七、探討自製蚯蚓塔的設計與應用:

(一) 比較蚯蚓塔及種植箱的差別(實驗七-1)

製作平面蚯蚓塔

1.實驗設計與原理：改良種植箱的各個優缺點

2.示意圖：如圖 17 所示

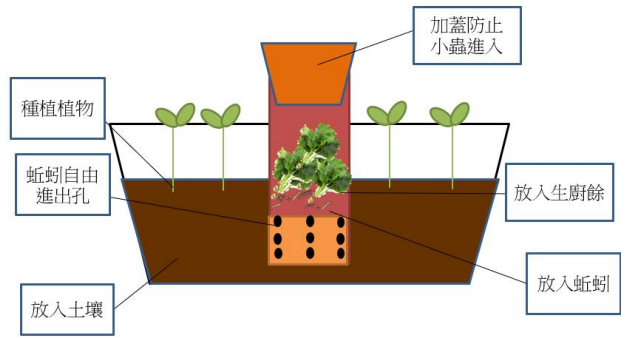


圖 17 平面蚯蚓塔示意圖

3. 實驗步驟：(如圖 18-1~18-9 所示)



圖 18-1 在塑膠管上鑽洞



圖 18-2 塑膠箱舖報紙後加入土壤



圖 18-3 種植前測量土壤溼度



圖 18-4 種植前測量土壤肥力

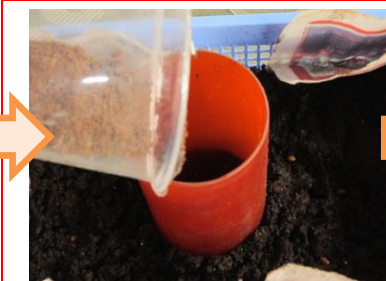


圖 18-5 塑膠管內放入咖啡渣



圖 18-6 塑膠管內放入蚯蚓



圖 18-7 放入蚯蚓 12 隻



圖 18-8 在蚯蚓上方放入廚餘



圖 18-9 蓋上有細網的蓋子

實驗八：自製蚯蚓塔的應用與成效分析改良

一、實驗設計與原理：改良平面蚯蚓養殖箱中種植面積的問題

(一) 示意圖：如圖 19 所示

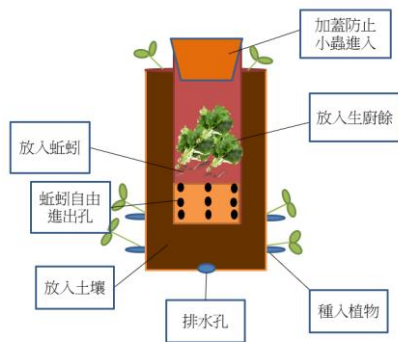


圖 19 立體蚯蚓塔示意圖

(二) 實驗步驟：如圖 20-1~20-12 所示



圖 20-1 回收塑膠桶、塑膠管



圖 20-2 在塑膠桶上開洞

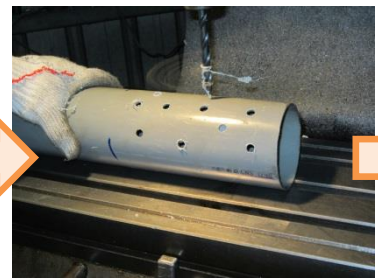


圖 20-3 在塑膠管上鑽洞



圖 20-4 塑膠管放入桶中央



圖 20-5 用隔板均分三等分



圖 20-6 在桶內放入三種土壤



圖 20-7 種植前測量土壤溼度



圖 20-8 種植前測量土壤肥力



圖 20-9 塑膠管內放入咖啡渣



圖 20-10 在塑膠管內放入蚯蚓



圖 20-11 在蚯蚓上方放入廚餘



圖 20-12 蓋上有細網的蓋子

二、探討蚯蚓塔及種植箱的植物生長變化

製作家用土對照組及含蚓糞綜合土對照組並開始播種空心菜種子

實驗步驟：如圖 21-1~21-9 所示



圖 21-1 種植前測量土壤溼度



圖 21-2 種植前測量土壤肥力



圖 21-3 種植前測量土壤溼度



圖 21-4 種植前測量土壤肥力



圖 21-5 九份 20 粒空心菜種子



圖 21-6 播種空心菜種子



圖 21-7 立體塔平面三種土，各種 20 粒種子



圖 21-8 一種土有四孔，每孔各種 5 粒種子



圖 21-9 移至戶外開始觀察

伍、研究結果

實驗一、比較各種色光對蚯蚓負趨光性的影響

表 6 各種色光對蚯蚓負趨光性的影響

色光 次數 秒(s)	白光	紅光	黃光	綠光	藍光
第一次	247	886	1124	1320	273
第二次	254	904	1260	1342	253
第三次	218	842	1153	1350	248
平均	239.66	877.33	1179.00	1337.33	258.00

本組經實驗結果可得知，蚯蚓在同環境下，照射不同顏色的色光，會刺激蚯蚓的色光為：**白光>藍光>紅光>黃光>綠光**。

實驗二：比較各波段電磁波對蚯蚓的影響

表 7 各波段電磁波對蚯蚓的影響

電磁波強度	二次平均時間(秒)	A01	A02	A03	A04	A05	平均鑽入時間
	重量(g)	0.5	0.39	0.49	0.61	0.51	
38mG	開始鑽入土時間	30	52	52	50	45	46
38mG	完全鑽入土時間	150	401	228	225	221	245
0mG	開始鑽入土時間	151	512	78	85	95	184
0mG	完全鑽入土時間	485	881	345	358	364	487

不同電磁波對蚯蚓開始鑽入與完全鑽入的比較(圖 22-1~22-2)

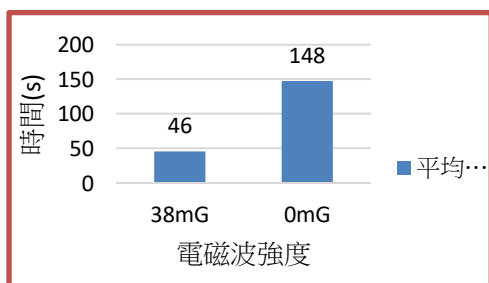


圖 22-1 不同低頻電磁波蚯蚓平均開始鑽入時間比較

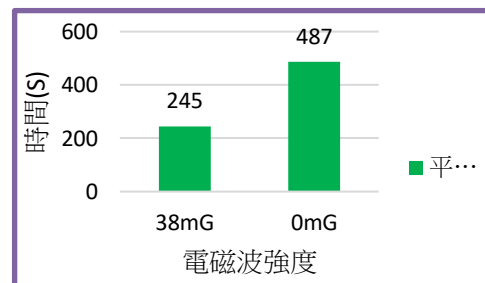


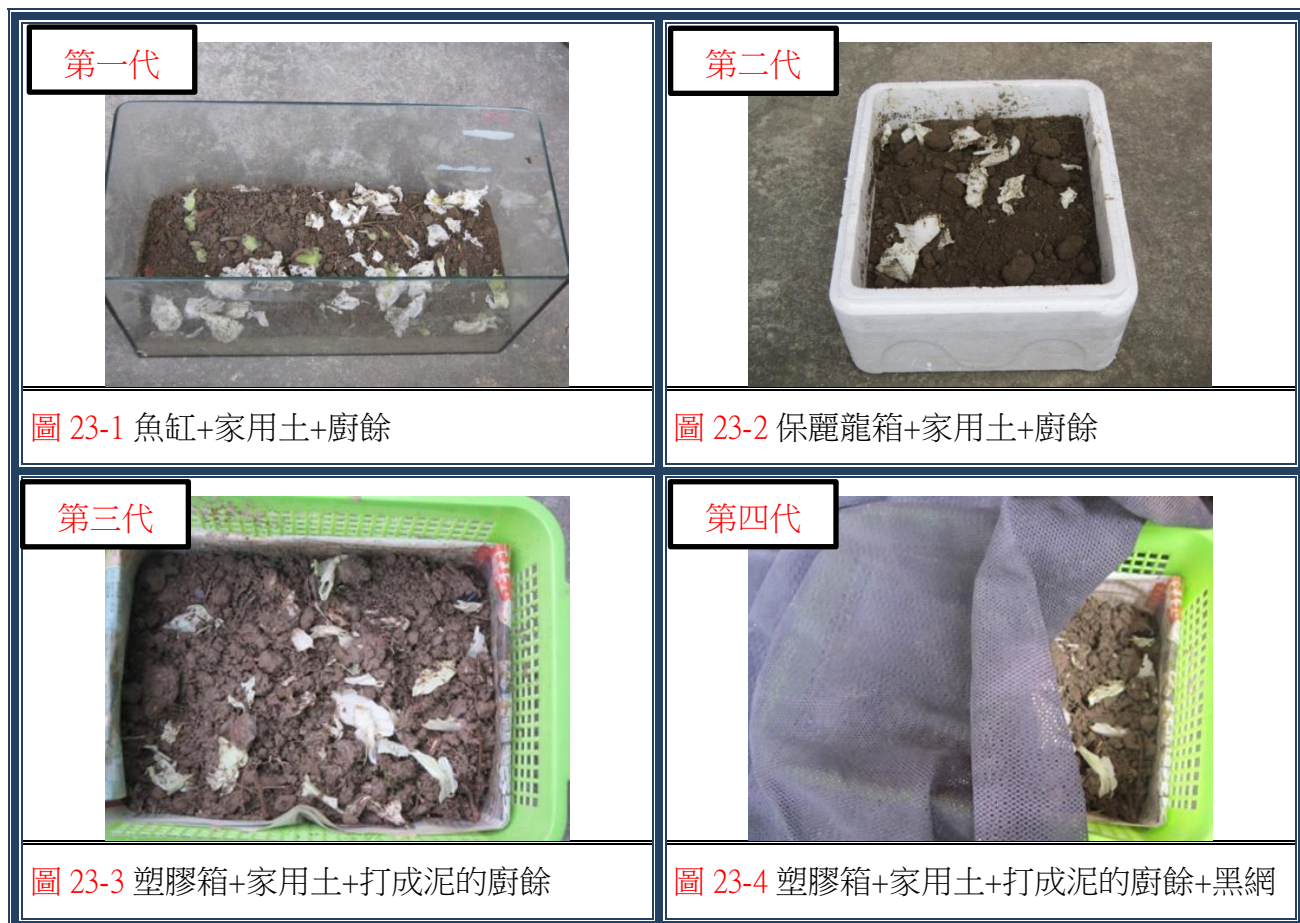
圖 22-2 不同低頻電磁波蚯蚓平均完全鑽入時間比較

本組經由實驗結果可得知，電磁波會對蚯蚓開始鑽入時間與完全鑽入時間造成影響。

實驗三、探討不同材質對蚯蚓養殖箱之優劣

比較不同材質養殖箱對蚯蚓的影響

第一代到第四代蚯蚓養殖箱：如圖 23-1~圖 23-4 所示



比較第一到第四代蚯蚓養殖箱優缺點：如表 8 所示

表 8 各代養殖箱之優缺點

養殖箱	優點	缺點
第一代蚯蚓養殖箱	1.養殖範圍大 2.能收集的蚓糞多	1.底部難通風 2.易傳染病菌
第二代蚯蚓養殖箱	1.養分較能集中 2.內部較能保溫	1.底部容易積水 2.難吃到上層廚餘
第三代蚯蚓養殖箱	1.通風、排水良好	1.果蠅及小蟲會跑入箱子中

殖箱	2.食物較能流入土壤	2.光線易進入箱內
第四代蚯蚓養殖箱	1.蚯蚓較容易生長 2 果蠅及小蟲較難影響蚯蚓	

每一代蚯蚓養殖隻數：22 隻 n=3

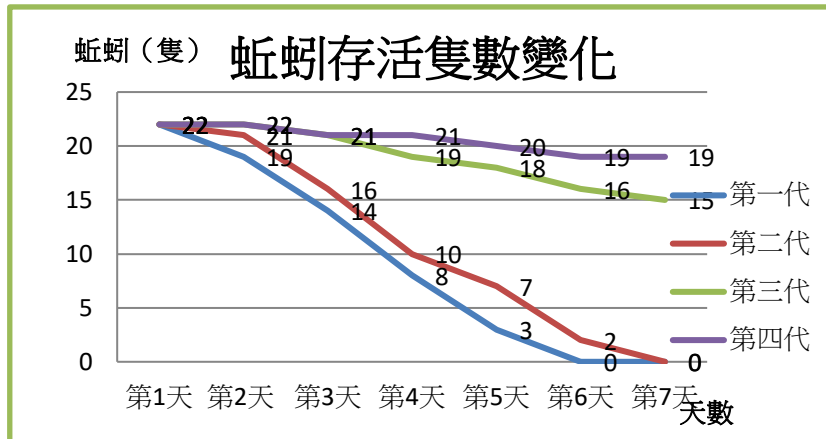


圖 24 蚯蚓存活隻數對天數變化圖

實驗結果顯示：

第四代所減少的蚯蚓是最少的，因此可推論，**第四代蚯蚓養殖箱**是最適合蚯蚓的養殖箱。

實驗四、比較蚯蚓對各種常見土壤的偏好：

1. 比較各種土壤的優缺點

1.家用土



圖 25 家用土

優點：

- (1) 保水、保肥性強。
- (2) 土壤可能原本已經含蚯蚓。

缺點：

- (1) 不清楚成分，須送專業單位分析檢測。
- (2) 土壤容易長出雜草。

2.培養土



圖 26 培養土

優點：

- (1) 含有有機質，容易購買是現在最普遍使用的栽培基質。
- (2) 培養土質輕且較排水透氣。

缺點：

- (1) 因排水性佳，相對要時時注意水份供給。

3.雞糞土



圖 27 雞糞土

優點：

- (1) 為有機肥料。
- (2) 可提高土壤肥力。

缺點：

- (1) 發酵過程產生臭味。
- (2) 發酵不完全會造成農作物死亡。

4.含蚓糞的綜合土

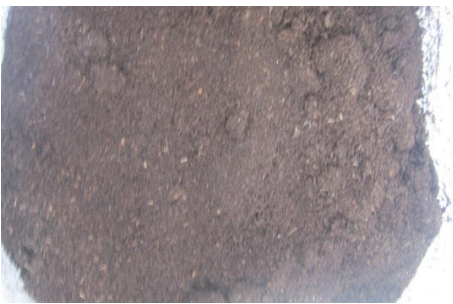


圖 28 蚓糞土

優點：

- (1) 含有豐富的氮、磷、鉀肥。
- (2) 不易產生臭味。

缺點：

- (1) 成分不確定。
- (2) 蚓糞含量過高，會使蚯蚓死亡。

實驗結果：

培養土是四者之中蚯蚓鑽入數目最多的土壤，因此最適合拿來養殖蚯蚓。

2.檢測土壤 pH 值：如表 9 所示

表 9 各土壤 pH 值測量結果

日期	家用土圖 26		培養土圖 27		雞糞土圖 28		比較差異
	左下	右上	左下	右上	左下	右上	
1/20	7.0	7.0	6.0	6.0	6.5	6.5	三種養殖箱前 5 天土壤酸鹼度 沒有明顯改變(
1/21	7.0	7.0	6.0	6.0	6.5	6.5	
1/22	7.0	7.0	6.0	6.0	6.5	6.5	
1/23	7.0	7.0	6.0	6.0	6.5	6.5	
1/24	7.0	7.0	6.0	6.0	6.5	6.5	
1/25	7.0	7.0	6.0	6.0	7.0	7.0	雞糞土養殖箱開始起變化
1/26	7.0	7.0	6.0	6.0	7.0	7.0	
1/27	7.0	7.0	6.5	6.5	7.0	7.0	培養土養殖箱開始起變化
1/28	7.0	7.0	6.0	6.5	7.0	7.0	培養土養殖箱左下恢復原來
1/29	7.0	7.0	6.5	6.5	7.0	7.0	1.餵食廚餘正常會產生變化， 但家用土養殖箱的蚯蚓仍讓 土壤維持中性。
1/30	7.0	7.0	6.5	6.5	7.0	7.0	
1/31	7.0	7.0	7.0	6.5	7.0	7.0	3.培養土及雞糞土養殖箱從弱 酸偏向中性。
2/1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.5	7.0	
2/2	7.0	7.0	7.0	7.0	7.5	7.0	
2/3	7.0	7.0	7.0	7.0	7.5	7.0	
平均	7.0		6.37		6.88		

3.檢測土壤的肥力：如表 10 所示

表 10 各土壤的肥力($\mu\text{s}/\text{cm}$)測量結果

日期	家用土圖 26		培養土圖 27		雞糞土圖 28		比較差異
	左下	右上	左下	右上	左下	右上	
1/20	422	431	859	862	1979	2010	1.家用土的肥力變化不大。 2.培養土的肥力減少約 200(us/cm)。
1/21	420	433	860	860	1965	2015	
1/22	423	429	858	859	1957	2003	
1/23	423	428	820	831	1916	1998	
1/24	418	430	789	791	1888	1957	

1/25	425	432	765	766	1841	1893	3.雞糞土的肥力減少約 650(μs/cm)。 4.檢測時發現土壤溼度會影響 肥力，所以控制在土壤溼度 50%時檢測。
1/26	422	433	751	765	1804	1830	
1/27	410	427	713	727	1750	1785	
1/28	415	428	699	700	1693	1715	
1/29	421	425	677	683	1642	1668	
1/30	419	427	654	679	1578	1585	
1/31	413	424	661	671	1501	1543	
2/1	415	425	652	646	1442	1470	
2/2	416	423	638	657	1363	1380	
2/3	414	420	630	659	1317	1298	

4. 各種常見土壤的偏好

表 11 各種常見土壤的偏好

土壤 次數 蚯蚓(隻)	家用土	培養土	雞糞土	太空包+家用土
1	1	6	0	1
2	1	7	0	0
3	1	6	1	0
平均	1.00	6.33	0.33	0.33

實驗結果:通過三次實驗後，能發現蚯蚓較喜歡含有機質較多的培養土，較不喜歡雞糞土和太空包及家用土。

實驗五、比較蚯蚓對各種生廚餘的偏好

表 12 利用各種廚餘來與培養土比較（每次 15 隻蚯蚓）

土壤 次數 蚯蚓(隻)	家用土+鳳梨皮	家用土+高麗菜葉	家用土+百合花	培養土
第一次	2	1	7	5
第二次	0	3	6	6
第三次	0	1	9	5
平均	0.66	1.66	7.33	5.33

實驗結果：

由實驗可推斷，蚯蚓偏好於家用土+百合花>培養土>家用土+蔬菜葉>家用土+鳳梨皮，因此蚯蚓會被百合花所吸引，最不容易被高麗菜葉吸引。

實驗六、比較不同比例蚓糞對空心菜生長的影響

表 13 各種土對空心菜的影響 1

土壤 時間 \ 葉片數	培養土	0:4	2:2	1:3	3:1	4:0
	6/12	46	43	30	26	27

表 14 各種土對空心菜的影響 2

土壤	培養土	0:4	2:2	1:3	3:1	4:0
乾燥葉片重量 (gw)	2.0	2.4	1.1	1.4	0.5	2.6

實驗七、探討蚯蚓及其糞土對植物生長的影響

(一)比較蚯蚓塔及種植箱的差別(實驗七、八)

1.檢測土壤 pH 值：如表 15 所示

表 15 各植物養殖箱土壤 pH 值測量結果

日期	平面蚯蚓塔		立體蚯蚓塔			家用土對照組		含蚓糞綜合土	
	左下	右上	1	2	3	左下	右上	左下	右上
2/3	6.0	6.0	6.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
2/4	6.0	6.0	6.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
2/5	6.0	6.0	6.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
2/6	6.0	6.0	6.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
2/7	6.0	6.5	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
2/8	6.0	6.5	6.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0

2/9	6.5	6.5	6.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
2/10	6.5	6.5	6.5	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0

2.檢測土壤的肥力：如表 16 所示

表 16 各植物養殖箱肥力($\mu\text{s}/\text{cm}$)測量結果

日期	平面蚯蚓塔		立體蚯蚓塔			家用土對照組		含蚓糞綜合土	
	左下	右上	1	2	3	左下	右上	左下	右上
2/3	688	686	688	960	849	840	849	948	951
2/4	688	686	688	960	849	840	845	948	946
2/5	670	684	689	962	850	839	842	946	940
2/6	673	682	678	956	943	841	844	941	944
2/7	673	687	693	968	854	847	851	943	947
2/8	677	689	697	969	861	834	839	935	933
2/9	678	690	699	973	863	833	836	936	933
2/10	681	693	703	976	867	835	837	931	929

(二)探討蚯蚓塔及種植箱的植物生長變化(實驗六、七)

1.比較不同土壤的植物生長變化：如圖 29 所示

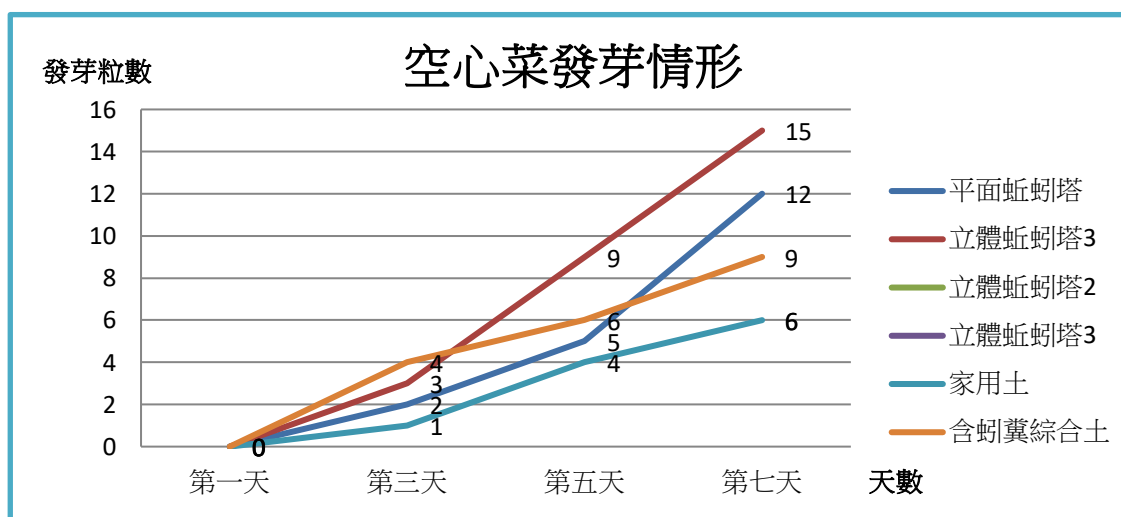





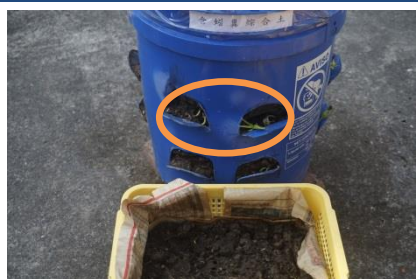


圖 29 植物生長變化圖

2.空心菜生長第12天的比較圖：如圖30-1~30-6所示

	與平面比較	與立面比較
<p>培養土</p> <p>說明：平面 蚯蚓塔和 培養土立 體蚯蚓塔</p>	 <p>圖 30-1 兩者發芽數相當</p>	 <p>圖 30-2 立面已長成幼苗多</p>
<p>家用土</p> <p>說明：家用 土不含蚯 蚓對照組 和家用土</p>	 <p>圖 30-3 發芽數量不多</p>	 <p>圖 30-4 立面還在發芽階段</p>
<p>含蚓糞綜 合土</p> <p>說明：含蚓 糞綜合土 不含蚯蚓</p>	 <p>圖 30-5 平面發芽速度變慢</p>	 <p>圖 30-6 立面已發芽快成幼苗</p>

實驗結果顯示：

本組發現以**立體蚯蚓塔**種植植物其生長情形**最好**，其次是**平面蚯蚓塔**，而用家用土種植植物其生長情形**最差**。

陸、討論

一、探討蚯蚓的生活習性

(一)蚯蚓的分類階層與型態構造

蚯蚓是適合生活在土壤 pH 值在 5~9 之間的環境，酸鹼值過高或過低是無法生存的；適合在土壤濕度於 40%~70%之間的土壤中，太乾的皮膚會使蚯蚓不能保持溼潤，因而不能正常呼吸不久就會死亡；適應土壤溫度在 10°C~30°C 之間，溫度太低會影響繁殖力而溫度太高會死亡。

(二)比較各種色光對蚯蚓負趨光性的影響

本組在討論探討各色光對蚯蚓的影響時，先在裝滿家用土的塑膠盒內放入不同的六隻蚯蚓，分別以白光、黃光、綠光、紅光、藍光照射，如果每次測驗時始用同樣的蚯蚓，蚯蚓會因照光過長，導致活動力下降，會使實驗造成誤差，所以本組每次實驗都使用新的一批蚯蚓，來降低實驗的誤差。

(三)比較各波段電磁波對蚯蚓的影響

本組為了比較各波段電磁波對蚯蚓的影響，因此使用了捕蚊燈來產生電磁波，因為捕蚊燈能夠較穩定測出電磁波的大小，所以較適合用來產生電磁波。

二、探討蚯蚓的最適飼養環境

(一)比較不同材質蚯蚓養殖箱之優劣

本組討論用自製四種不同材質的養殖箱，控制使用家用土 3kg、蚯蚓 60g(數量 22 隻)、用生高麗菜，來減少實驗誤差。

(二)比較蚯蚓對各種常見土壤的偏好

本組討論使用土壤檢測儀(圖 1)來檢測土壤 pH 值、使用花草草監測儀(圖 2)連結 Flower Care APP 來檢測土壤的肥力，檢測時發現土壤溼度會影響肥力，所以控制在土壤溼度 50% 時檢測紀錄 15 天

(三)比較蚯蚓對各種生廚餘的偏好

本組在討論蚯蚓對不同氣味食物的反應時，決定先將通風塑膠箱內部用紙板隔成四等分(長 13.5cm 寬 8.5cm 高 2.5cm)並分別放入家用土+鳳梨皮、家用土+高麗菜葉、家

用土+百合花、培養土，並將土壤的高度設置於 4cm，之後再將蚯蚓放在隔板中央，來觀察蚯蚓偏愛的土壤。

四、探討自製蚯蚓塔的設計與應用

(一)自製蚯蚓塔的設計與改良

本組討論將上述實驗的最佳實驗數據進行改良，進一步改為能縮小空間且能種出品質高農產品的平面蚯蚓塔。

(二)自製蚯蚓塔的應用與成效分析

本組發現平面蚯蚓塔有一個很大的問題，就是種植面積過於狹小，因此本組經討論過後，決定使用廢棄的塑膠桶，來製成能增加種植面積的立體蚯蚓塔，並將其種植來

柒、結論

一、探討蚯蚓的生活習性

(一)蚯蚓的分類階層與型態構造

蚯蚓沒有眼睛，是以**感覺神經**來感覺周遭的環境，蚯蚓因為沒有足，主要是以身體的蠕動來向前移動。蚯蚓無呼吸系統，主要是靠分泌黏液而濕潤體壁進行呼吸，本組做實驗時發現蚯蚓活著時皮膚溼潤不太會沾粘泥土，身體通常為**鮮紅色**或**深紅色**，背部顏色較分布均勻，尾部經常轉為**黃色**

(二) 各種色光對蚯蚓負趨光性的影響，從(表 6)結論出**最刺激**的光是**白光**，**最不刺激**的是**綠光**。對蚯蚓有刺激的色光程度為：**白光>藍光>紅光>黃光>綠光**。

(三)比較各波段電磁波對蚯蚓的影響

不同電磁波會對蚯蚓開始鑽入時間與完全鑽入時間造成影響，有電磁波蚯蚓會比較快鑽入土壤。分析其原因，或許是因電磁波會對蚯蚓造成傷害，蚯蚓為了躲避這種傷害需快速鑽入土壤以此得到保護。

二、探討蚯蚓的最適飼養環境

(一) 比較不同材質蚯蚓養殖箱之優劣(實驗三)，第一代、第二代蚯蚓養殖箱由於**通風**

與**食物**的問題，導致蚯蚓不到一個星期就全數死亡，而**第三代**蚯蚓養殖箱因為**蟲害**的問題，蚯蚓還是有部分的死亡，從圖 44 蚯蚓存活隻數對天數變化圖，可看出**第四代**蚯蚓養殖箱內的**蚯蚓幾乎生存**，是最適合蚯蚓的養殖箱。

(二)比較蚯蚓對各種常見土壤的偏好

由實驗四可知：蚯蚓較喜歡含有**有機質較多**的**培養土**，較不喜歡**雞糞土**和**太空包**及**家用土**，推測可能市售培養土均是通過**充分發酵**而成，所以含有較**高**的**有機質**，且**透氣性較佳**，較能提供蚯蚓食物，及提供蚯蚓較佳的生長環境。

(三)比較蚯蚓對各種生廚餘的偏好

由實驗五可知:蚯蚓會被百合花所吸引，最不容易被高麗菜葉吸引，蚯蚓偏好於**家用土+百合花>培養土>家用土+高麗菜葉>家用土+鳳梨皮**，因此本組探討了蚯蚓不喜歡家用土+鳳梨皮的原因：發現**鳳梨**含有較高的酵素，**會分解蛋白質**，會**對蚯蚓造成傷害**。不喜歡家用土+高麗菜葉的原因：市售高麗菜通常含有較高的農藥。比較培養土與家用土加百合花蚯蚓較喜歡後者的原因：可能因為家用土加百合花較接近於蚯蚓自然（原始）的生存環境。

三、比較不同比例蚓糞對空心菜的生長影響

在比較不同比例蚓糞對空心菜的生長影響，本組先將家用土和其他土壤依不同比例混合，並在固定數量的空心菜種子分別種入各個用家用土和其他土壤依不同比例混合之土壤，並觀察空心菜生長的情形，收成後數各個土壤種出來的空心菜的葉片數，最後得到在**家用土和培養土依 1:3 之比例混合之土壤種植出來的空心菜**葉片數最多，推測依此比例混合之土壤種出的空心菜**最好**。

四、探討蚯蚓糞對植物生長的影響

(一)自製蚯蚓塔的設計與改良(實驗七)，從開始播種空心菜的第三天，培養土及含蚯蚓糞土種植箱都比家用土對照組的種子比較多的裂痕。**圖 49** 植物生長變化圖可觀察到，**蚯蚓糞的營養物質對植物可促進發芽**，對植物生長而言是有很大的幫助。另外從**(表 5)** 觀察含蚯蚓糞土種植箱及家用土對照組肥力會發現，因為**沒養殖蚯蚓**，**肥力逐漸下降**。蚯蚓塔則經蚯蚓持續活動，**肥力持續增加且土壤 pH 值漸趨向中性(表 4)**。放置於立體蚯蚓塔的土壤，土壤肥力度會逐漸上升，因雨水和土壤特性不同，進而會導致土壤肥力會沉滯底下。平面蚯蚓塔的土壤肥沃度也是逐漸上升，而立體蚯蚓塔肥沃度上下層

加總平均與平面蚯蚓塔的肥沃度差不多，由於立體蚯蚓塔比平面蚯蚓塔能種植的面積大，結論是**立體蚯蚓塔**是最好的方式可在小的空間用環保方式「**蚓**」出生機。

(二)自製蚯蚓塔的應用與成效分析(實驗八)，從空心菜生長第12天的比較圖(圖 30-1~圖 30-6)觀察，本組發現以**立體蚯蚓塔**種植植物其生長情形**最好**，其次是**平面蚯蚓塔**。結論是**種植箱**因沒養殖蚯蚓，很麻煩必須適時添加從蚯蚓養殖箱取出的**蚯蚓糞**，植物才能生長好；而**蚯蚓塔**最方便不用另外取出**蚯蚓糞**，且廚餘放入加蓋的塑膠管內，不會聞到臭味既環保又衛生，又可種出健康的植物。

捌、參考資料與其他

一、康軒版—第二冊自然與生活科技 4—6 動物界

二、農業新知與技術期刊第九期—「點糞成金，蚓糞堆肥的應用」

三、網路資料

(一) 蚯蚓與植物的影響

<http://blog.xuite.net/r120146306/twblog/105210868-%E8%9A%AF%E8%9A%93%E5%B0%8D%E5%9C%9F%E5%A3%A4%E5%8F%8A%E6%A4%8D%E7%89%A9%E7%9A%84%E5%BD%B1%E9%9F%BF>

(二) 台灣蚯蚓資料庫

<http://earthworm.zo.ntu.edu.tw/earthworm/earthworm/namelist/amyasp.htm>

(三) 中文在線百科—蚯蚓

http://www.zwbk.org/zh-tw/Lemma_Show/151715.aspx

(四) Yahoo!奇摩知識+—蚯蚓的循環系統

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1005032102040>

(五) 參考影片：大地耕耘者(陳仁炫教授)

<https://www.youtube.com/watch?v=K1-d16OyfdA>

【評語】 030319

1. 此作品的研究目的尚稱明確，與教材具相關性，然而對相關領域的貢獻度不高。欲探討的目標，多數可由網路上查詢到相關的發表或調查，故其創新性較為不足。應有文獻回顧的段落，以說明此研究與過去的調查不同之處。
2. 此研究所使用的調查方法大致合理，有些實驗設計具重複性，但有些資料的數據分析沒有使用統計方法及標準誤差。此外，也建議進行資料分析時，可進行顯著性檢定，以確定該分析是否具顯著性差異。
3. 作者嘗試多次的錯誤而找到最佳的飼養蚯蚓的環境及條件，非常難得。有關色光促使蚯蚓的趨地性反應，可能利用價值不高，畢竟白光乃自然光，而蚯蚓的負趨光性是很明顯的反應，反而電磁波在自然界並不常見，沒有必要用此設施來加速蚯蚓鑽入土中。
4. 能由前期失敗的實驗中學習經驗，改進後續的實驗設計；自製立體和平面的植物蚯蚓塔，可以看出作者的創意與用心。

壹、研究動機

為了給家人吃到新鮮、無毒、健康的蔬菜，堅持不使用除草劑、農藥及化學肥料，平時只會用廚餘和枯葉片來當作肥料，缺點是會聞到臭味又會引來果蠅。我們觀察到土壤有小土堆，好奇往下挖，看到了蚯蚓的蹤跡，上網查到了蚯蚓的運動對改善土壤的質量非常有益，可使土壤的透氣性保持良好，使土壤保持健康狀態，蚓糞能提供植物**全方位的**營養，是最天然最有用的肥料。且蚯蚓在西元**1837**年被生物學家達爾文稱為：「**地球上最有價值的動物**」。難怪同學家友善的環境經蚯蚓加持蔬菜長得特別好，讓我們當下決定將研究**最適合蚯蚓生長的養殖箱**，並自製植物**蚯蚓塔**，試著種植空心菜來**探討蚯蚓的生存環境與對植物的影響**，找出最好的方式好讓大家都可用環保方式「**蚓**」出生機。

貳、研究目的

- 一、探討蚯蚓的生活習性
 - (一)蚯蚓的分類階層與型態構造
 - (二)比較各種色光對蚯蚓負趨光性的影響
 - (三)探討電磁波對蚯蚓的影響
- 二、探討蚯蚓的最適合飼養環境
 - (一)比較蚯蚓養殖系統之優劣
 - (二)比較蚯蚓對各種常見土壤的偏好
 - (三)比較蚯蚓對各種生廚餘的偏好
- 三、探討蚓糞對植物生長的影響
 - 比較不同比例蚓糞對空心菜生長的影響
- 四、探討自製蚯蚓塔的設計與應用
 - (一)自製蚯蚓塔的設計與改良
 - (二)自製蚯蚓塔的應用與成效分析

參、研究設備與器材

一、研究材料

材料	個數	材料	個數
1.歐洲紅蚯蚓	1 公斤	14.家用土	15 公斤
2.噴霧器	1 個	15.培養土	6 公斤
3.魚缸	1 個	16.雞糞土	6 公斤
4.保麗龍箱	1 個	17.電子秤	2 個
5.塑膠箱	3 個	18.空心菜種子	100g
6.黑色塑膠網	1 張	20.捕蚊燈	1 臺
7.塑膠手套	3 套	21.高麗菜葉	200g
8.蔬果調理棒	1 支	22.鳳梨皮	200g
9.回收塑膠桶	1 個	23.百合花	100g
10.大塑膠管	1 個		
11.小塑膠管	1 個		
12.照相機	1 臺		

二、測量器材



圖1 土壤檢測儀及使用方法

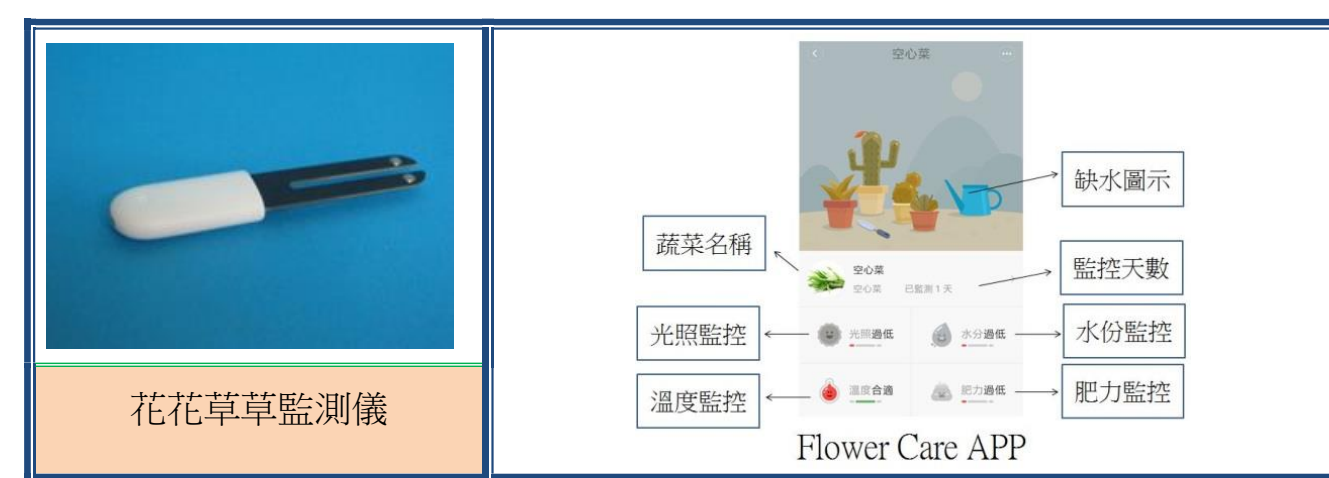


圖2 花花草草監測儀及使用方法

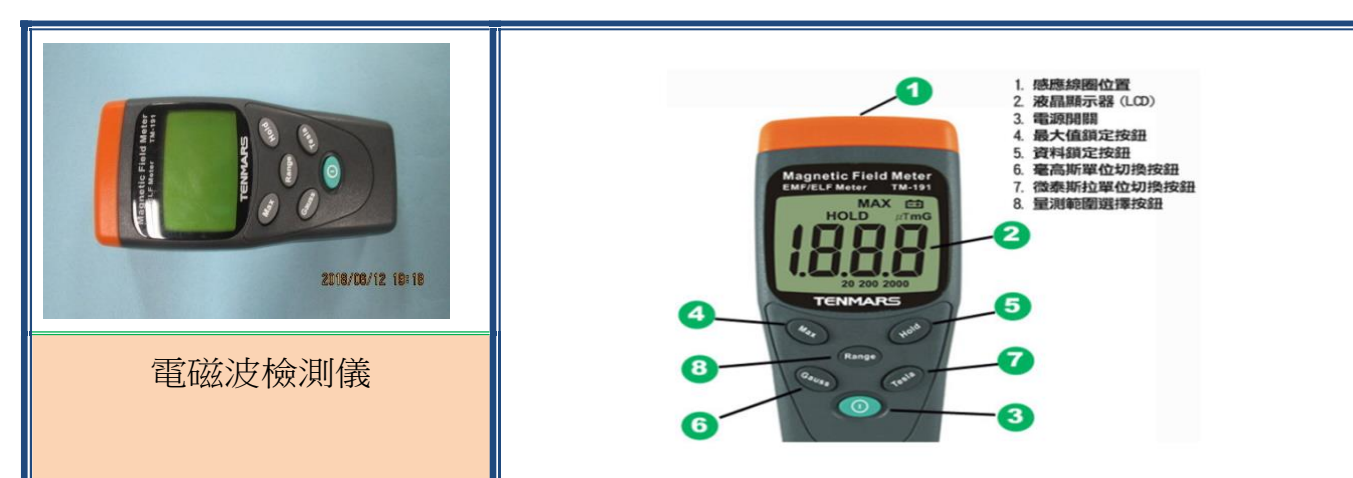


圖3 電磁波檢測儀及使用方法

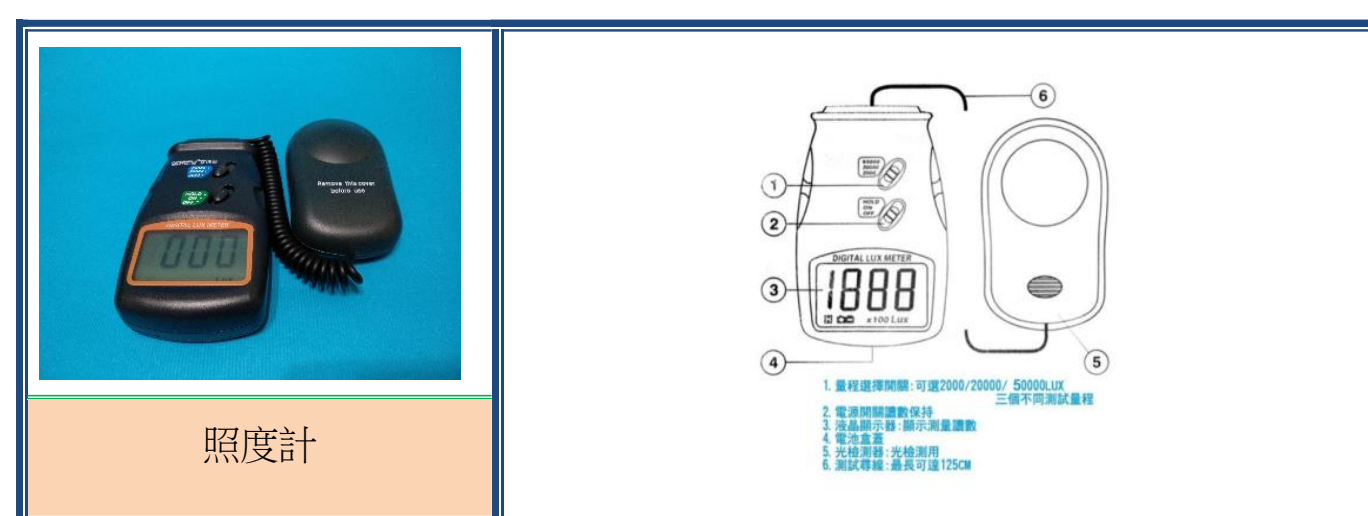


圖4 照度計檢測儀及使用方法

肆、研究過程與方法

一、實驗研究流程圖

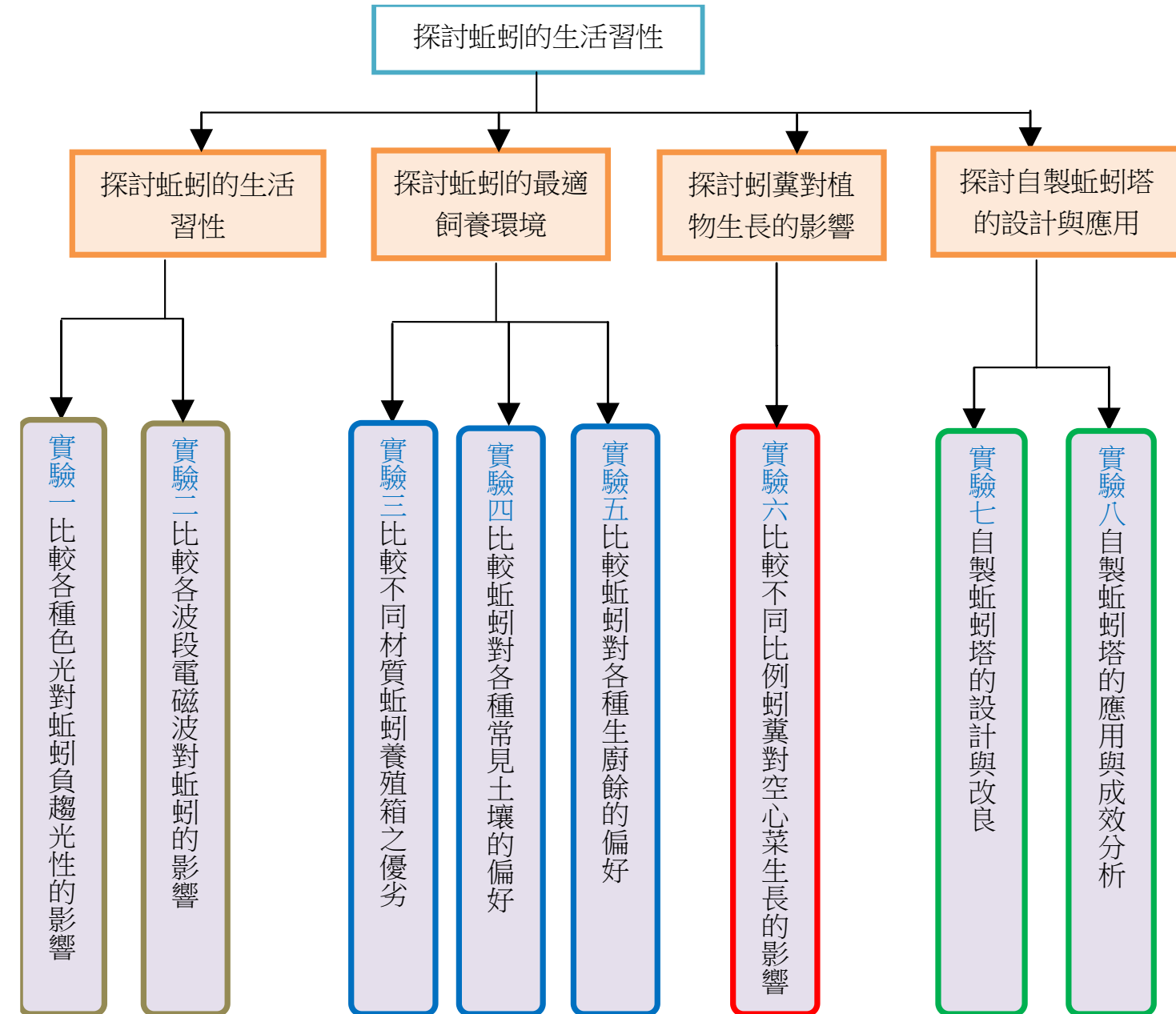


圖5 實驗研究流程圖

二、資料的蒐集與彙整

(一)認識歐洲紅蚯蚓

歐洲紅蚯蚓是環節動物門寡毛綱類動物，其原生地為歐洲，長度為，5.00~10.00起始於24~27節、寬度0.40~0.70cm、長8節，其顏色鮮紅色或深紅色，背部顏色較分布均勻，尾部經常轉為黃色。

(二)蚯蚓對土壤性質的貢獻

- 1.物理性：鑽洞的行為，使土壤的**通氣性好**，**排水性好**，所以土壤不容易淹水，有足夠的氧氣。
- 2.化學性：蚯蚓糞是蚯蚓有機物分解的最終產物富含**有機質**，除了能釋放**養分**外，還有強大的**吸附力**，較不易造成**土壤酸化和鹽化**。
- 3.生物性：蚯蚓能**放出有利的微生物**，本身的**黏膜能分泌出物質**，進而促進微生物的**生長與活化**，而這些微生物可以**抑制與食用**有害的微生物。

(三)蚯蚓的食物

蚯蚓除了可以**有效增加地力**之外，還可以處理**有機廢棄物**的問題。蚯蚓愛吃的食物如：禽畜糞、米糠、生廚餘(包含水果、蔬菜)。

(四)歐洲紅蚯蚓、印度藍蚯蚓和非洲夜蚯蚓的比較：

比較三種蚯蚓，體積方面，非洲夜蚯蚓體型較其他兩種大，體長也是其他兩種中最長的，最長可到**25.00~40.00cm**，在分解廚餘方面，歐洲紅蚯蚓**分解廚餘最佳**，且產生的蚓糞不會產生臭味。判別方面，能觀察蚯蚓背部

皮膚的顏色，會發現歐洲紅蚯蚓顏色成**鮮紅色**，印度藍蚯蚓的皮成**藍紫色**，非洲夜蚯蚓的皮膚**紅褐色**。

(五)蚯蚓養殖場的參訪

在網路上雖然能找出很多有關蚯蚓習性的評論，但是網路上的評論往往還是會有疑慮，因此本組訪問了蚯蚓養殖場的老師，破除了心中的疑慮，也吸收了許多知識。

1.訪談王建壹老師

王建壹老師在蚯蚓養殖區塊從事多年，對於蚯蚓的辨別更是一流，在蚓糞土方面，也能讓我們清楚了解蚓糞土發酵程度與其團粒狀的差別，並且為我們解答了許多迷思。如：蚯蚓會不會吃重金屬等。

2.訪問蚯蚓養殖場

在這間蚯蚓養殖場中，能學習到蚯蚓養殖的技術，那邊的老闆說：蚯蚓很不耐高溫，它的**耐熱程度在8°C~32°C**，且在養殖蚯蚓時，底部土壤要先放太空包內的木屑、再放土壤、再放廚餘、最後在放蚯蚓。



圖6 本組繪畫的蚯蚓圖片

圖7 王建壹老師解除本組

同學的迷思

圖8 在養殖場中，與本組

同學挖掘蚯蚓

三、研究方法

實驗一、比較各種色光對蚯蚓負趨光性的影響

- (一) 蚯蚓鑽洞箱實驗設計與原理：使用相同的光源，利用彩色的玻璃紙，比較在不同色光下，蚯蚓鑽入土中的狀況。

表1 比較各種色光對蚯蚓負趨光性的影響

操作變因	控制變因	應變變因
光的顏色：白光、紅光、黃光、藍光、綠光	土壤性質(來源、濕度、溫度) 蚯蚓種類(歐洲紅蚯蚓) 光線強度(利用距離與照度計調控)	連續觀察 2 小時內，記錄蚯蚓鑽入土壤中所花費的時間與比例

- (二) 實驗步驟：1.將新抓蚯蚓放入蚯蚓鑽洞箱上

- 2.在手電筒上包覆各種玻璃紙並架於鐵架上再將紙箱放在鐵架旁
- 3.使用照度計測量用玻璃紙包覆後的手電筒亮度，並開始測量

實驗步驟說明(以綠光為例) (如圖9-1~9-4所示)



實驗二：探討電磁波對蚯蚓的影響：

實驗設計與原理：觀察電磁波對蚯蚓的影響程度

表2 探討電磁波對蚯蚓的影響

操作變因	控制變因	應變變因
電磁波強弱 (36.5mG 與 0mG)	1.將蚯蚓編號 (放入不同的杯子) 2.控制電磁波強度 35-38 mG 3.控制照度在 110 lux 4.同一隻蚯蚓先開捕蚊燈及關捕蚊燈各做一次實驗取平均	蚯蚓鑽入土壤的時間 (s)

實驗步驟(如圖10-1~圖10-6所示)



實驗三、探討不同蚯蚓養殖系統之優劣



實驗四、比較蚯蚓對各種常見土壤的偏好：

1.實驗設計與原理：將蚯蚓放置在四種常見的土壤中，蚯蚓鑽入土中的狀況。

2.土壤說明：

家用土：一般農地的土壤，顏色偏褐色，土壤質地緻密，且已種過高麗菜。

雞糞土：在養雞場收集雞糞與一般土的混合土，土壤為偏褐色、肥力為四種土中最高的。

培養土：市售培養土，通常含有全氮和有機質，顏色偏黑，質地為四種之中最鬆的土壤。

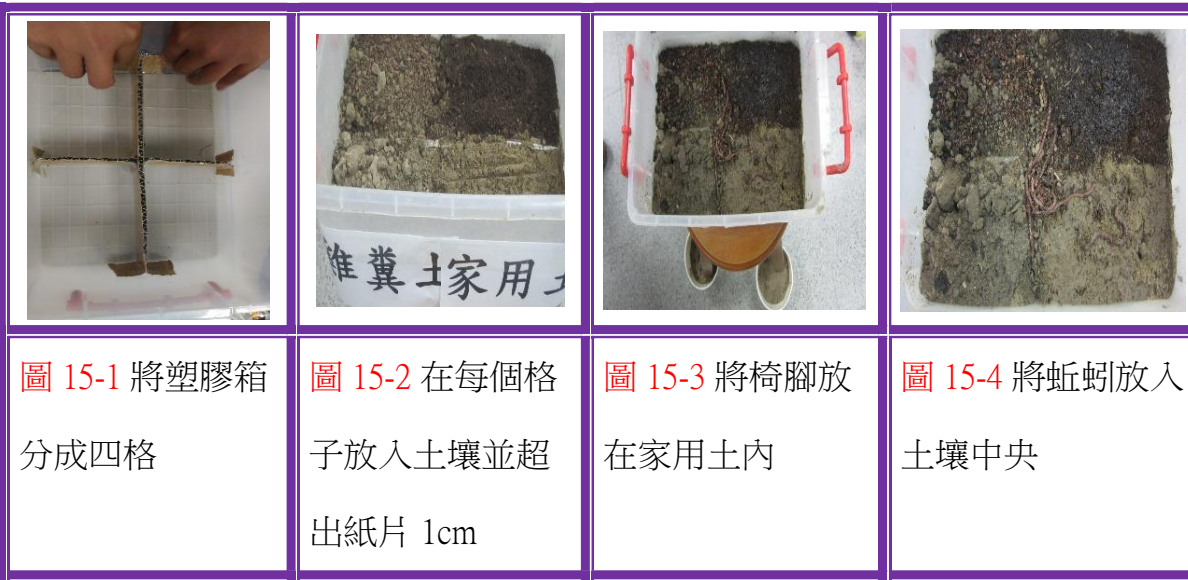
廢棄太空包：收集栽種蕈類後，剩下的廢棄太空包，主要成分為木屑。

表3 蚯蚓對各種常見土壤的偏好之實驗變因

操作變因	控制變因	應變變因
土壤種類(家用土、雞糞土、培養土、廢棄太空包)	周遭環境(光線、濕度、溫度) 蚯蚓種類(歐洲紅蚯蚓)	連續觀察 2 小時內，記錄蚯蚓鑽入各種土壤的比例

3.實驗步驟：(如圖15-1~圖15-4所示)

- 取一透明收納箱 (長27.00cm寬17.00cm高11.80cm)，利用廢棄紙箱裁剪出合適大小之紙片，將收納箱分隔為等容積的四個空間 (長13.50cm寬8.50cm高2.50cm) 注意：一定要用膠帶把紙片密封，因為蚯蚓會鑽入紙片內部空間並死亡！
- 在四個空間中分別裝入家用土、雞糞土、培養土、廢棄太空包，高度統一為5.00cm，並在收納箱外側貼上標籤標示。注意：土壤高度須比隔間高度高約1.00cm。
- 將收納箱放置在木頭圓凳上，並將四個木頭圓凳的椅腳，放入裝有家用土的廢棄圓形餐盒。注意：蚯蚓對於震動非常敏感，為避免因震動而影響蚯蚓行為，採用以上裝置藉以防震。
- 將八隻歐洲紅蚯蚓放置在四種土壤中央，開始計時2小時，並觀察記錄蚯蚓鑽入各種土壤的數量與時間。



實驗五、比較蚯蚓對各種生廚餘的偏好：

1.實驗設計與原理：三種生廚餘都是家庭常見的廢棄品，其選用原因如下

- 高麗菜：水分較一般蔬菜多
- 鳳梨皮：甜度較其他水果高
- 百合花：具有濃厚香味

表4 蚯蚓對各種生廚餘的偏好之變因

操作變因	控制變因	應變變因
生廚餘種類(高麗菜葉、鳳梨皮、百合花)	生廚餘性質(顆粒大、發酵時間、土壤基底皆為家用土) 周遭環境(光線、濕度、溫度) 蚯蚓種類(歐洲紅蚯蚓)	連續觀察 2 小時內，記錄蚯蚓鑽入各種土壤的比例

2.實驗步驟：(如圖16-1~圖16-3所示)

- 三種生廚餘都先切碎，並放置48小時。注意：生廚餘發酵時溫度會上升而影響蚯蚓行為，故須先放置一段時間。
- 採用實驗四的實驗裝置，但將土壤皆改為家用土，並將三種廚餘分別鋪在家用土上，高度為1cm，剩餘一個沒有生廚餘的隔間，則在補入培養土使其與其他三隔間等高，並將溫度控制於26°C。
- 將十五隻歐洲紅蚯蚓放置在四種土壤中央，開始計時2小時，並觀察記錄蚯蚓鑽入各種土壤的數量與時間。



實驗六：比較不同比例蚓糞對空心菜生長的影響

1.實驗設計與原理：將蚓糞與家用土依不同比例混合，探討最適栽種空心菜的土壤狀況。

表5 不同比例蚓糞對空心菜生長的影響之變因

操作變因	控制變因	應變變因
蚓糞與家用土比例 (4:0)、(3:1)、(2:2)、(1:3)、(0:4)、	周遭環境(光線、濕度、溫度) 蚯蚓種類(歐洲紅蚯蚓) 蚓糞重量	記錄長度超過 5 公分的葉片數、全株乾重

2.實驗步驟：(如圖17-1~圖17-6所示)

- 將蚓糞與家用土以不同比例混和
- 將各土填入盆栽中
- 在各土放入20粒空心菜種子
- 每天定時觀察
- 最後將植物挖出，將植物用清水沖乾淨，並測量植物的葉片面積
- 把根與葉放入乾果機乾燥
- 將乾燥後的植物放到電子秤秤乾重



實驗七、探討自製蚯蚓塔的設計與改良：

製作平面蚯蚓塔

- 實驗設計與原理：改良種植箱的各個優缺點
- 示意圖：如圖18所示



3.實驗步驟：(如圖19-1~19-9所示)



實驗八：自製蚯蚓塔的應用與成效分析

一、實驗設計與原理：改良平面蚯蚓養殖箱

種植面積的問題

(一) 示意圖：如圖20所示

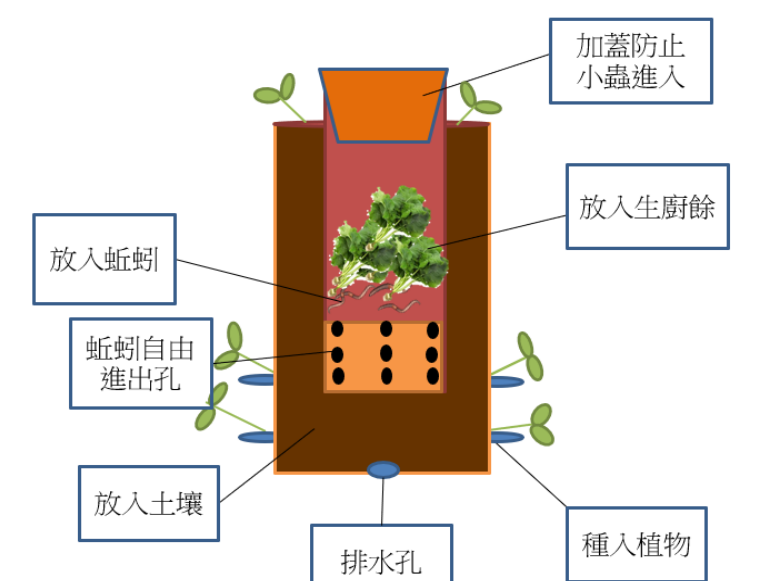


圖20 立體蚯蚓塔示意圖

(二) 實驗步驟：如圖21-1~21-12所示



二、探討蚯蚓塔及種植箱的植物生長變化

製作用家用土對照組及含蚓糞綜合土對照組並開始播種空心菜種子

實驗步驟：如圖22-1~22-9所示



伍、研究結果

實驗一、比較各種色光對蚯蚓負趨光性的影響

表6 各種色光對蚯蚓負趨光性的影響

