

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生物科

第二名

030315

土生土長—蚯蚓種類與土質分析

學校名稱：新北市立林口國民中學

作者： 國二 楊子萱	指導老師： 王星哲 謝秉惠
---------------	---------------------

關鍵詞：蚯蚓、紅土土質

# 摘要

本研究於林口地區進行土壤土質與蚯蚓族群的探討，分析各地區土壤土質並與蚯蚓數量進行比較。研究結果顯示，林口各地區的土壤酸鹼值平均為  $4.7\pm 0.9$ ，校園中的覆土酸鹼值平均則為  $6.9\pm 0.3$ 。挖掘到的黃頸蜷蚓比例多半大於 50%，在紅土中為優勢種。除植物覆蓋率之外，蚯蚓數量與單一土壤土質變因沒有太大的關係，推測為土壤各項因素交錯影響所致。而林口地區蚯蚓數量除人為活動較多的菜園外，其他地區數量皆少於非紅土地區，且種類也較少。本研究所繪製的校園蚯蚓地圖可作為本土生態教材，讓在地學子更了解在地的環境，也顯示目前外來種入侵紅土地區的嚴重性，後續可朝外來種防治來發展，未來希望能進一步探討生物因子對蚯蚓的影響，綜合分析最適合蚯蚓生存的環境。

## 壹、研究動機

由於搬家的關係，我於三年前到林口地區定居，對於新的環境並不熟悉，然而有一次大雨過後，在校園的土壤中突然湧出大量的蚯蚓，令我感到十分震驚，不禁開始思考「為什麼在原先居住的地方不曾看見這麼多蚯蚓？」、「林口地區的土質是否跟外縣市有所不同」？這讓我開始想了解林口地區的土壤土質和蚯蚓。在查閱相關文獻後，發現許多人都說蚯蚓與土地的健康程度有所關聯，也有科展作品進行實驗來證實，然而前人的實驗中，多半是利用蚯蚓糞土對植物生長的影響來進行量化分析，其實驗設計並無同時考慮其餘影響土質的變因，也就是無法模擬自然的環境進行實驗。

因此我思考是否能透過野外生態調查，探討在自然環境多變情況下土質對於蚯蚓的影響。透過查閱文獻報告，了解到林口地區的土壤為紅土土質，而在建設校園時為了移植樹木，會將他處的土壤連同植物夾帶過來。以上的種種原因讓我大膽推測，校園、林口紅土土質和其他非紅土土質的地區，在土質和蚯蚓數量、種類上都會有所差異，為了證實這樣的推測，我開始著手進行這次的專題研究。

## 貳、研究目的

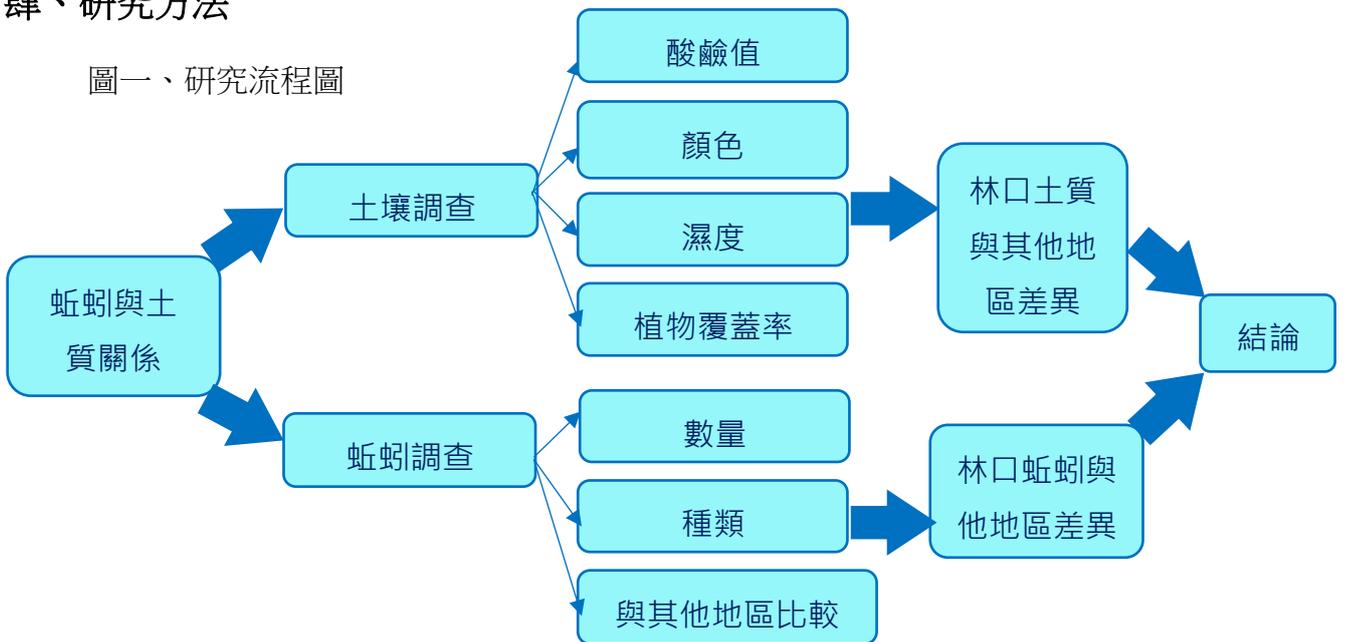
- 一、查詢有關蚯蚓與土壤的相關資料
- 二、探討校園土壤土質與林口各地區的差異
- 三、探討校園與林口各地區的蚯蚓種類、數量及差異
- 四、探討林口地區各項土質變因對於蚯蚓的影響
- 五、探討其他地區蚯蚓數量、種類、土壤土質及其與林口地區的差異
- 六、建構校園蚯蚓地圖

### 參、研究器材

			
三合一土壤酸鹼濕度檢測計		pH 酸鹼測試筆	植物覆蓋率測量工具
			
量筒	研鉢及杵	飼養箱	
			

### 肆、研究方法

圖一、研究流程圖



#### 一、查詢有關蚯蚓與土壤的相關資料

- (一) 以 Google、Yahoo 等搜尋軟體查詢關鍵字，如蚯蚓、土質、蚯蚓地圖等。
- (二) 將搜尋出的資料用 Word 統整編輯後作為參考資料。

#### 二、探討校園土壤土質與林口各地區的差異

校園和林口各地區的土質各項變因測量皆是在 24 小時前曾降雨、氣溫為 18~23°C 的環境狀況下完成。



## (二) 了解林口地區土壤土質

於林口地區尋找四種類型的土地：(1) 校園旁紅土地、(2) 圖書館旁森林地、(3) 新林步道用地、(4) 師大林口校區（師大林口校區為黑冠麻鷺出現地，此種鳥類主食為蚯蚓，因此以其出現地土壤進行比較）（圖四）並利用上述方法測量林口地區土壤的植物覆蓋率、顏色、濕度與酸鹼值。但由於比對先前實驗結果後發現土壤三合一酸鹼濕度檢測計測量的各次 pH 值成不規律變化，穩定性低，故進行後面實驗時其僅用於檢測各地土壤濕度。



圖四、林口地區四種類型的土地衛星圖（取自Google map）。

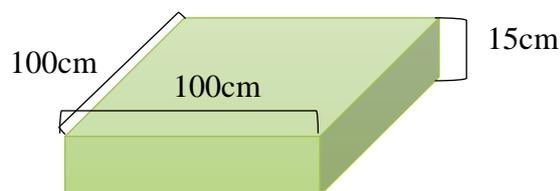
## (三) 比較校園與林口各地區土質差異，並推測可能原因

於校園和林口各樣區以亂數表隨機選定位置後，於各樣區挖掘 20 個土壤樣本，測量其植物覆蓋率、顏色、濕度與酸鹼值後，以統計分析方式比較校園與林口各地區的酸鹼值是否具有顯著差異。數據間比較的統計方法採用雙尾 t 檢定， $\alpha$  值為 0.05，即 p 值  $< 0.05$  時達統計顯著差異。

### 三、探討校園與林口各地區的蚯蚓數量、種類及差異

#### (一) 探討校園蚯蚓分布的數量與種類

挖掘蚯蚓的環境：24 小時前曾降雨，溫度為 18~23 °C。在校園的四個樣區隨機以亂數表選取樣區，於各樣區挖掘三塊 100cm x 100cm x 15cm（圖五）的土地尋找蚯蚓（圖六），紀錄發現的蚯蚓數量，並將挖掘到的蚯蚓帶至家中觀察外觀後，詢問專家或查閱蚯蚓圖鑑了解挖掘到的蚯蚓種類（圖六）。



圖五、挖掘範圍示意圖。



圖六、實驗流程圖。

(二) 探討林口各地區蚯蚓分布的數量與種類

在四種類型的土地樣區中隨機以亂數表選取樣本，挖掘蚯蚓三次，並紀錄數量後，將挖掘到的蚯蚓帶至家中觀察外觀，了解挖掘到的蚯蚓種類。

(三) 比較校園與林口各地區蚯蚓數量、種類差異，並推測可能原因。

於各樣區挖掘蚯蚓後所得之數據以統計方法進行分析，了解校園與林口各地區的蚯蚓種類與數量是否具有顯著差異，並嘗試了解其原因。

四、探討林口地區各項土質變因對於蚯蚓的影響

(一) 利用前述各地區土壤植物覆蓋率、顏色、濕度、酸鹼值與蚯蚓數量、種類的關係交叉比對作圖，探討各項土質變因對蚯蚓數量和種類的影響。

(二) 以控制變因方式了解單項土質變因與蚯蚓之間互相的影響

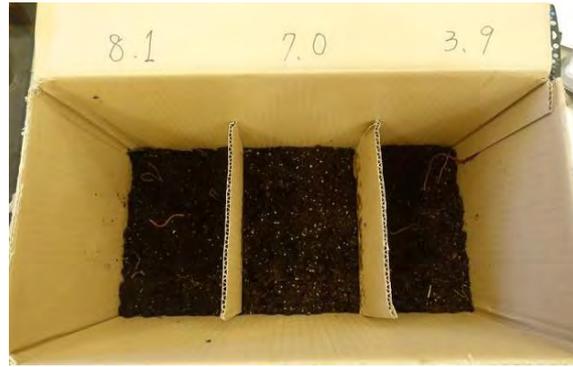
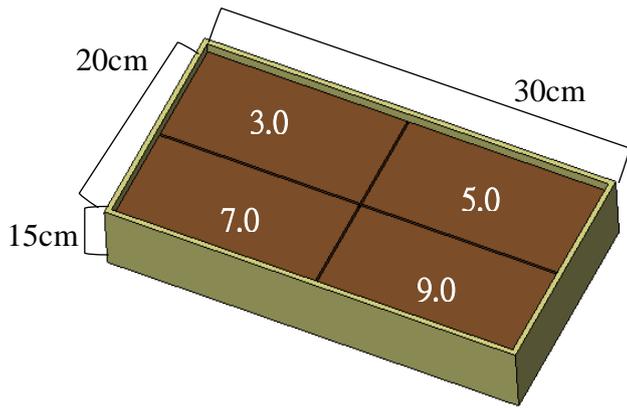
1. 了解蚯蚓對不同酸鹼值土壤的選擇：

(1) 原實驗：

將一30cm x 20cm x 15cm紙盒分成四個區塊，放入混和 pH值3.0、5.0、7.0、9.0水溶液的培養土（pH值3.0、7.0、9.0為美國農業部對於土壤酸鹼值分類中的強酸性、中性和強鹼性，pH值5.0則是配合在林口地區所測量到的土壤酸鹼值）（圖七），每一區塊放入兩隻蚯蚓後，將隔板拿開靜置於陰暗處，一小時後將蚯蚓挖出，觀察蚯蚓對於不同酸鹼值土壤的選擇。（以檸檬酸 $C_6H_8O_7$ 和大蘇打 $Na_2S_2O_3$ 改變溶液酸鹼值）

(2) 改良後實驗：

由於原實驗是調整水溶液之酸鹼值，無法確定土壤實際的改變，且對角線距離較遠，可能影響蚯蚓的選擇，故改良實驗如下：將一 46cm x 24cm x 25cm 的紙盒分成三個區塊，放入 pH 值 3.9、7.0、8.1 的培養土（圖八），並在兩端各放入 10 隻不同種類的蚯蚓。將隔板拿開後置於陰暗處，每一小時將蚯蚓挖出觀察一次，直到蚯蚓不再移動為止。



圖七、土壤分區示意圖-1 (不同酸鹼值)。 圖八、土壤分區示意圖-2 (不同酸鹼值)。

## 五、探討其他地區蚯蚓數量、種類、土壤土質及其與林口地區的差異

### (一) 其餘紅土地區土質調查

挖掘同為紅土土質的台中市大肚地區，比較兩地的紅土土質，以及其是否對蚯蚓的數量或種類造成不同的影響。

### (二) 非紅土地區土質調查

查閱其他地區有關蚯蚓密度的文獻，比較與林口地區蚯蚓密度的差異，並推測可能原因。

## 六、建構校園蚯蚓地圖

在校園地圖上標示挖掘到蚯蚓的地方和蚯蚓種類，繪製校園蚯蚓地圖。

## 伍、研究結果

### 一、查詢有關蚯蚓與土壤的相關資料

#### (一) 蚯蚓的相關資料

##### 1. 分類地位：

蚯蚓屬於動物界(Animalia)、環節動物門(Annelida)、寡毛綱 (Oligochaeta)，寡毛綱可分為帶絲蚓目(Lumbriculida)、顫蚓目 (Tubificida)和單向蚓目(Haplotaxida)三個目(台灣蚯蚓資料庫)。台灣地區目前已知的蚯蚓種類約有六科 13 屬 73 種，其中有 42 種為特有種(台灣大學無脊椎動物研究所)。

##### 2. 主要特徵：

- (1) 身體兩側對稱，具有分節現象
- (2) 沒有骨骼，以身體外側的剛毛作為運動器官，並以皮膚進行氣體交換
- (3) 雌雄同體、異體受精

(4) 進食方式為特殊的緊約攝食 (bulk feeding)，以口攝取泥土進入體內後，再經由消化系統吸收有機營養後再排出 (林俐玲、何國謙、林文英，2004)。

### 3. 生活習性：

蚯蚓適應溫度範圍為 5~30°C，最佳溫度在 20°C 左右，32°C 以上停止生長，10°C 以下活動遲鈍，5°C 以下處於休眠狀態並且明顯萎縮。環境濕度適應 20%~80%，最佳濕度為 70%。大多數喜好通氣性好的中性土壤，容忍範圍在 pH6~8 之間。棲息深度一般為在土裡 10~20cm 以躲避光照，夜晚才出來活動、覓食 (謝宜敏，民 87)。

### 4. 飼養方法

飼養箱以木箱最好，透氣佳；亦可使用塑膠箱，以植物培養土直接放入蚯蚓；或加入木屑、果皮，混合均勻即可加入蚯蚓飼養。飼料可用各種果皮、蔬菜、豆渣，直接放在土壤表面，柑橘類及香辛類蔬菜則不適合使用。

飼養時需注意：

1. 養殖箱放在陰涼通風處，上方覆蓋麻袋，防止土壤水分散失及蚯蚓逃跑。
2. 要澆水使土壤保持濕氣，每週餵食一次。
3. 注意環境衛生，避免蚊蠅孳生污染環境 (台灣蚯蚓資料庫)。

## (二) 土壤的相關資料

### 1. 影響土質的各項變因

影響土壤土質的變因有非常多，包括顏色、緊密度、含水量、氣味、結構特性、粒徑分佈和礦物組成等 (土壤與岩石描述)。而由於本研究想探討土壤土質對於蚯蚓的影響，因此挑選與生物活動較為相關，同時也較易測量的顏色、濕度、酸鹼值和植物覆蓋率幾項變因進行調查。

### 2. 林口地區紅土土質特性

台北丘陵陷落成盆地，相對形成林口台地後，地殼變動和緩，開始漫長的風化作用。經過長期的曝曬和風化作用，使得土壤中的鐵鋁成分充分氧化成富含氧化鐵和鋁的紅土土質。紅土土壤構造明顯，通氣、排水良好，但其土壤呈強酸性，不適合種植作物 (剖面土綱—台灣土壤分類)。

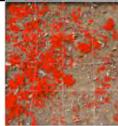
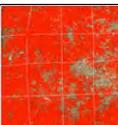
## 二、探討校園土壤土質與林口各地區的差異

### (一) 了解校園土壤土質

依序量測校園中土壤的植物覆蓋率如表一、顏色如表二、濕度如表三與酸鹼值如表三、表四，由實驗可見三合一土壤酸鹼濕度檢測計量測出來之酸鹼值

前後一致性低，故後面測量的酸鹼值僅以 pH 酸鹼測試筆測量（表四）。而在查閱文獻時找到的兩種水土混和比例，經由（表四）的實驗結果也證實兩者沒有差別，僅是水土混和比 5 : 1 時所測量出來的酸鹼值較接近中性。

表一、校園土壤面積和植物覆蓋率。

地點	面積	植物覆蓋率(綠色植物與枯葉皆涵蓋在內)
菜園	約 143.7 平方公尺	 7% + 60% = 67%
中庭花園	約 1844.6 平方公尺	 27% (無枯葉覆蓋)
操場周圍	約 1298.2 平方公尺	 75% (無枯葉覆蓋)

表二、校園內各地土壤照片（顏色由深至淺，相同燈光拍照後以目視判斷）。

土壤照片	菜園	中庭花園	操場周圍
烘乾前			
烘乾後			

表三、校園土壤濕度及酸鹼值（三合一土壤酸鹼濕度檢測計測試結果）。

地點	濕度		酸鹼值	
	下過雨後 48hrs	下細雨中	下過雨後 48hrs	下細雨中
菜園	9.6	6.2	8.7	6.5
中庭花園	9.8	6.0	6.2	7.2
操場周圍	9.9	7.0	8.3	6.5

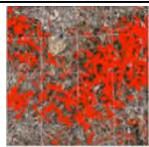
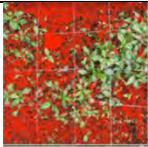
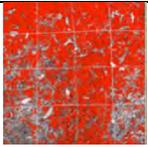
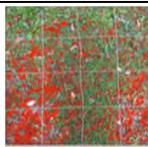
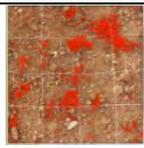
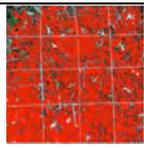
表四、校園土壤酸鹼值（pH 酸鹼測試筆測試結果）。

地點	酸鹼值	
	水土混合 (1 : 1)	水土混合 (5 : 1)
菜園	7.4	7.4
中庭花園	6.9	7.0
操場周圍	6.4	6.6

(二) 了解林口各地區土壤土質

林口各地區土壤的植物覆蓋率如表五、顏色如表六、濕度與酸鹼值如表七。

表五、林口各地區植物覆蓋率。

地點	植物覆蓋率		地點	植物覆蓋率	
師大林口校區			圖書館旁森林地		
	30%	+ 41% = 71%		54%	+ 11% = 65%
校園旁紅土地			新林步道用地		
	13% (無枯葉覆蓋)			5%	+ 58% = 63%

表六、林口地區各地土壤照片（顏色由深至淺，相同燈光拍照後以目視判斷）。

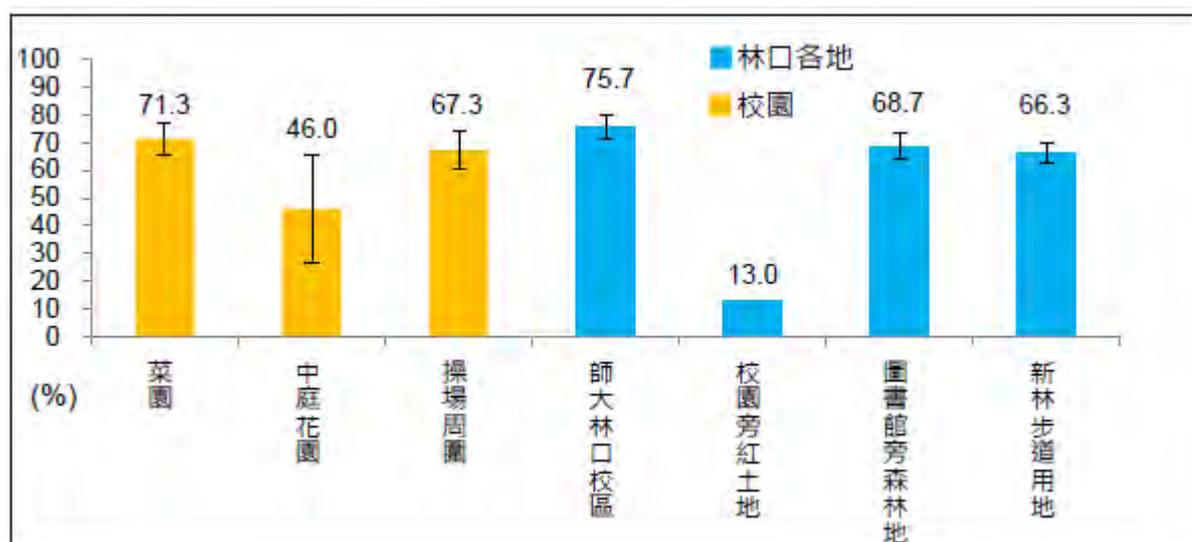
地點	師大林口校區	圖書館旁森林地	新林步道用地	校園旁紅土地
土壤照片 (烘乾前)				
土壤照片 (烘乾後)				

表七、林口各地區濕度與酸鹼值。

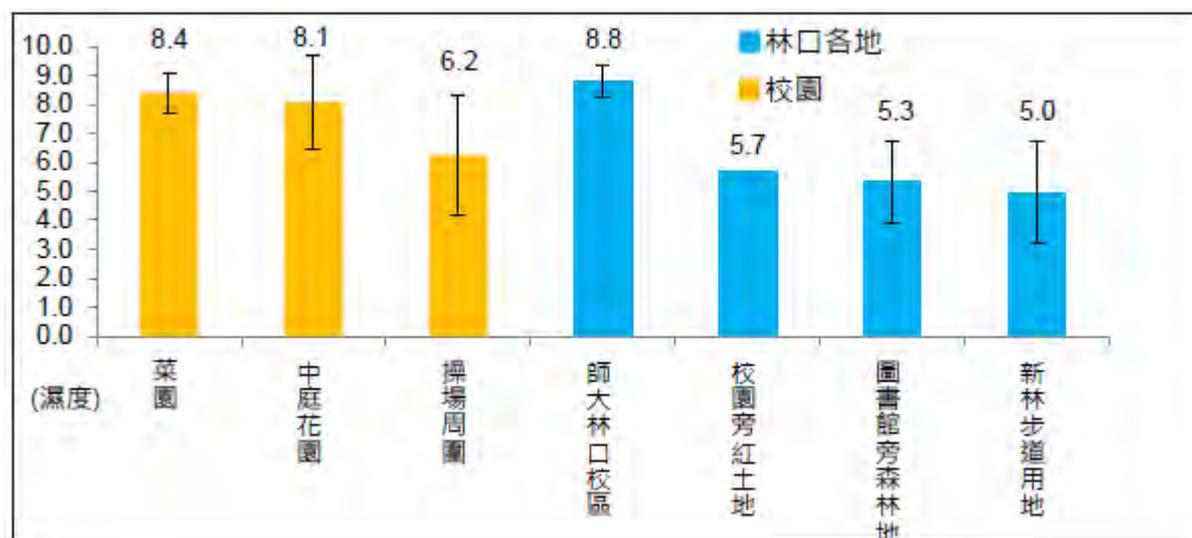
地點	濕度		酸鹼值	
	晴天	下細雨中	水土混合 (1 : 1)	水土混合 (5 : 1)
師大林口校區	9.3	9.3	7.2	7.3
校園旁紅土地	2.7	5.7	5.0	5.2
圖書館旁森林地	4.0	4.6	4.7	4.9
新林步道用地	4.5	5.0	4.4	4.7

(三) 比較校園與林口各地區土質差異，並推測可能原因。

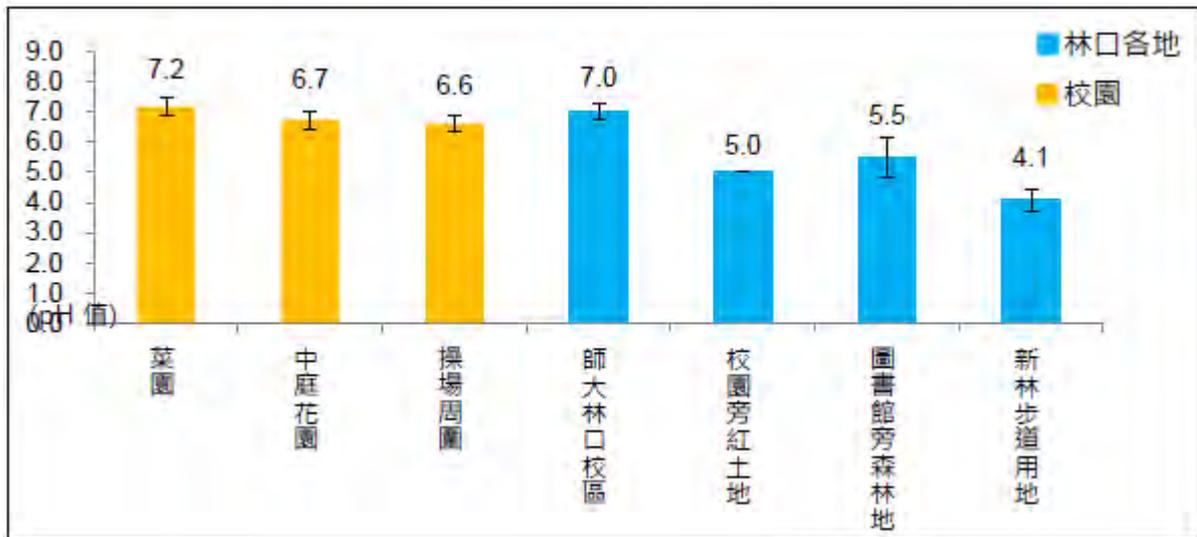
分別比較校園與林口各地之植物覆蓋率如圖九、顏色如表八、濕度如圖十與酸鹼值如圖十一。



圖九、比較校園與林口各地區土壤植物覆蓋率。(各挖3處之平均)



圖十、比較校園與林口各地區土壤濕度。(各挖3處之平均)



圖十一、比較校園與林口各地區土壤酸鹼值 (pH 值)。(各挖 20 處之平均)

表八 比較校園與林口各地區土壤顏色 (顏色由深至淺，相同燈光拍照後以目視判斷)。

地點	菜園	中庭花園	操場周圍	師大林口分部	圖書館旁森林地	新林步道用地	校園旁紅土地
土壤顏色							

由以上分析可發現僅師大林口校區之土壤顏色、濕度及酸鹼值與校園土質較為接近，其餘三地不管在各方面都與校園土壤有很大的差異。校園內土壤呈現中性，而校園外土壤則呈酸性，兩者之間酸鹼值呈統計顯著差異(p 值<0.05)。而校園土壤濕度普遍較林口地區高。

### 三、探討校園與林口各地區的蚯蚓種類、數量及差異

#### (一) 探討校園蚯蚓分布的數量與種類

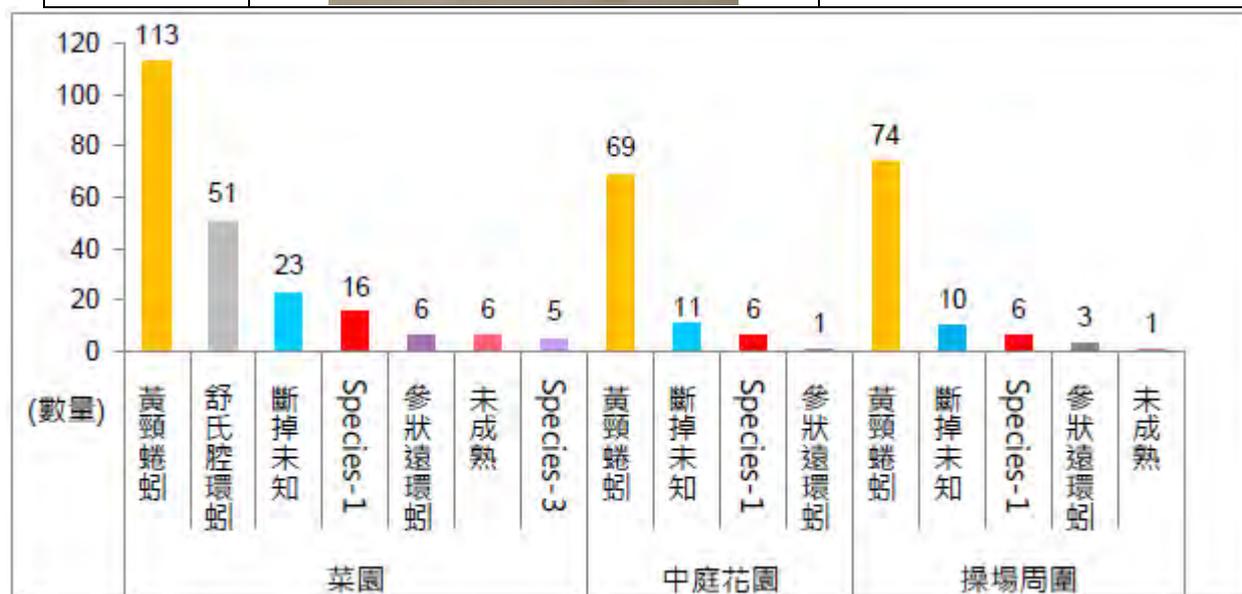
有些挖掘到的蚯蚓尚未確定其種類，故以 Species-1、Species-2 等名稱代稱（表九），目前正在詢問專家以確定其種類。從圖十二中可看出校園中蚯蚓以外來種黃頸蜷蚓（*Pontoscolex corethrurus*）佔絕大多數。

黃頸蜷蚓（*Pontoscolex corethrurus*）基本資料（台灣蚯蚓資料庫）：

黃頸蜷蚓為來自南美洲的外來種，頭部呈暗粉紅色，越往後面顏色越淡，極易辨認。生殖力強，再加上容易適應人為干擾環境，使牠成為台灣最優勢的外來種。

表九、校內蚯蚓之種類及物種特徵。

種類	照片	特徵
黃頸蜷蚓		頭部呈暗粉紅色，越往後面顏色越淡，且成體具有黃色環帶
參狀遠環蚓		有明顯可辨識之深灰色環帶
舒氏腔環蚓		有明顯可辨識之黑色背中線
Species-1		有明顯可辨識之白色環帶
Species-3		無可明顯辨識之環帶，且顏色較偏向深色



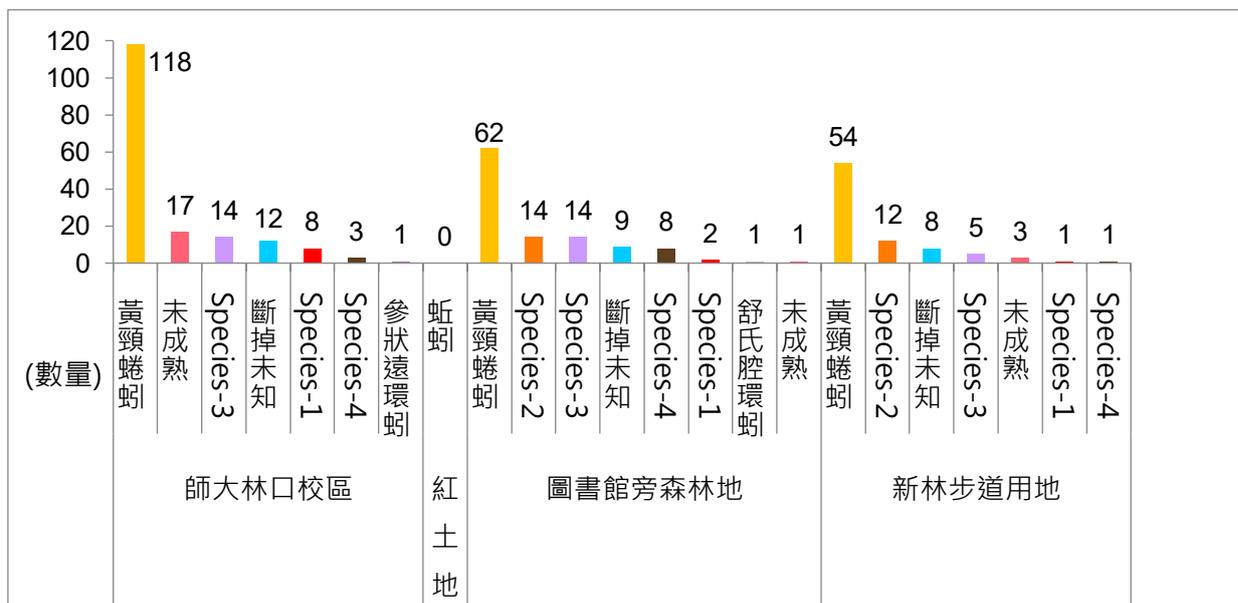
圖十二、校園挖掘蚯蚓數量與種類。（各挖3處之總和）

(二) 探討林口各地區蚯蚓分布的數量與種類

林口地區中，也以黃頸蜷蚓 (*Pontoscolex corethrurus*) 此種蚯蚓比例佔絕大多數 (圖十三)，另外，在校園旁紅土地無挖掘到任何蚯蚓。

表十、林口地區發現之蚯蚓種類及物種特徵。

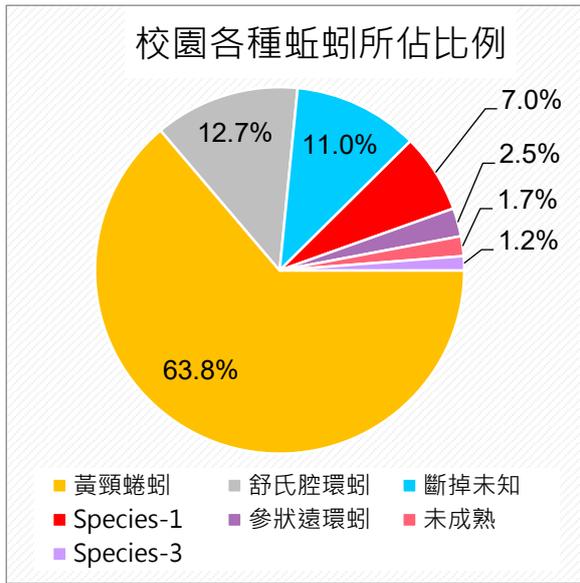
種類	照片	特徵
黃頸蜷蚓		頭部呈暗粉紅色，越往後面顏色越淡，且成體具有黃色環帶
參狀遠環蚓		有明顯可辨識之深灰色環帶
舒氏腔環蚓		有明顯可辨識之黑色背中線
Species-1		有明顯可辨識之白色環帶
Species-2		無可明顯辨識之環帶，且體色呈現深淺相間
Species-3		無可明顯辨識之環帶，且顏色較偏向深色
Species-4		無可明顯辨識之環帶，且顏色較偏向白色



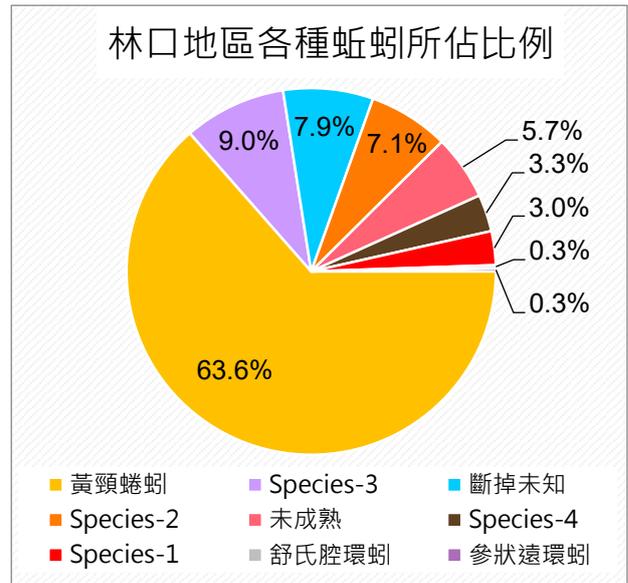
圖十三、林口各地區蚯蚓數量與種類。(各挖3處之總和)

(三) 比較校園與林口各地區蚯蚓數量、種類差異，並推測可能原因。

可看出兩地黃頸蜷蚓比例皆多於 50%，外來種入侵嚴重（圖十四、十五）。



圖十四、校園各種蚯蚓所佔比例。

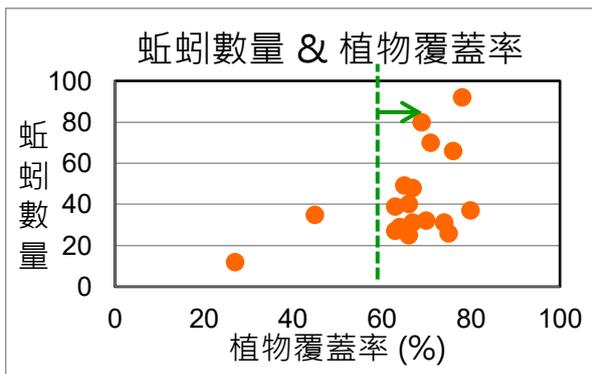


圖十五、林口各地區各種類蚯蚓所佔比例。

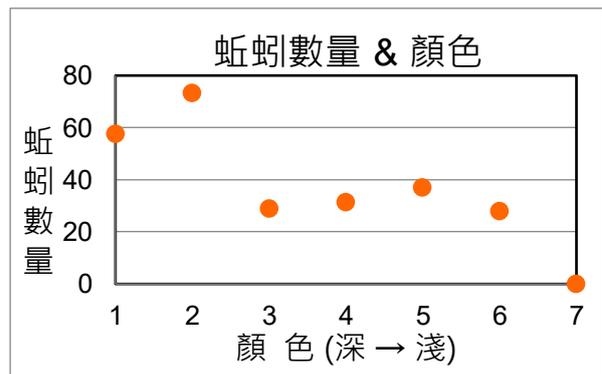
#### 四、探討林口地區各項土質變因對於蚯蚓的影響

(一) 探討各項土質變因對蚯蚓數量的影響

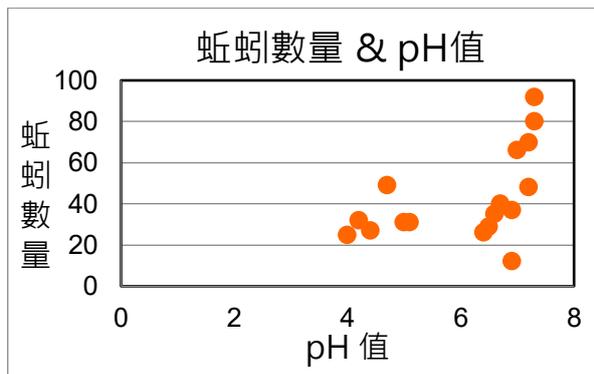
校園與林口各地區的土壤濕度範圍為 46% ~99%（圖十八），酸鹼值範圍為 4.0 ~ 7.4（圖十九），實驗結果顯示蚯蚓數量較多的樣區土壤濕度較高（圖十八）、且植物覆蓋率大於 60%（圖十六）。



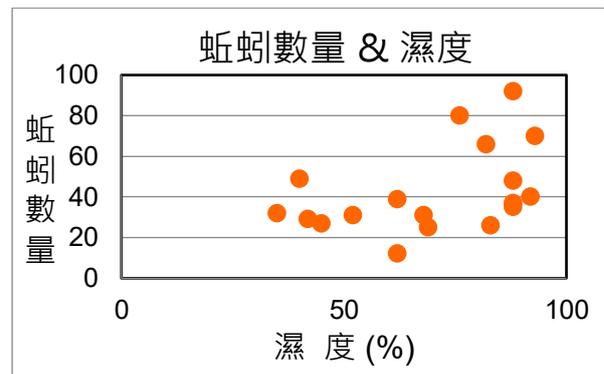
圖十六、蚯蚓總數與植物覆蓋率的關係。



圖十七、蚯蚓總數與顏色的關係。



圖十八、蚯蚓總數與酸鹼值的關係。



圖十九、蚯蚓總數與濕度的關係。

(二) 以控制變因方式了解單項土質變因對於蚯蚓的影響

在蚯蚓對於不同酸鹼值土壤的選擇之實驗中(表十一)，大多數蚯蚓往 pH5.0 移動，其次為 pH7.0；而在改良後的實驗結果中(表十二)，有60%的蚯蚓往 pH7.0的土壤移動，放置在 pH8.1的蚯蚓則有死亡的情形發生，其原因有待進一步探討。試驗結果也顯示放置3小時後蚯蚓就不再移動位置(表十二)。

表十一(原實驗)、蚯蚓對於不同酸鹼值土壤的選擇。

酸鹼值	3.0	5.0	7.0	9.0
蚯蚓隻數	1	4	2	1

表十二(改良後實驗)、蚯蚓對於不同酸鹼值土壤的選擇。

放置時間	pH 3.9		pH 7.0		pH 8.1	
	活	死	活	死	活	死
0 小時	10	—	—	—	10	—
1 小時	3	0	11	0	2	4
2 小時	2	0	12	0	0	6
3 小時	2	0	12	0	0	6

五、探討其他地區蚯蚓數量、種類、土壤土質及其與林口地區的差異

(一) 其餘紅土土質地區土質調查

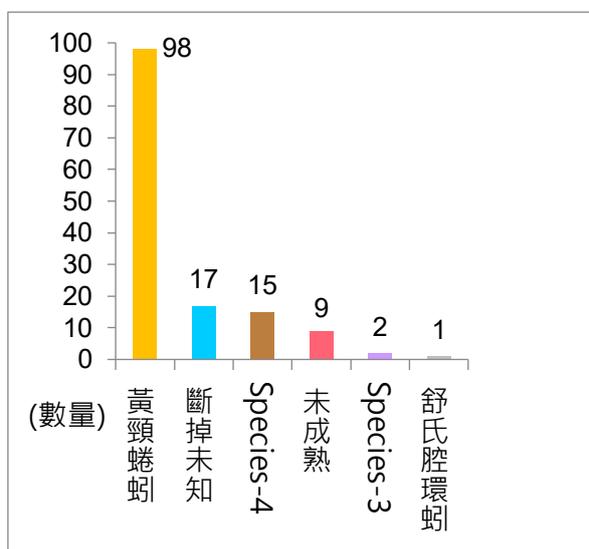
大肚台地酸鹼值偏酸，濕度約 5.0 左右(表十三)，與林口地區紅土土質相似，且外來種黃頸蜷蚓在此地所佔比例也較高(圖二十、二十一)。

表十三、大肚台地土壤酸鹼值與濕度。

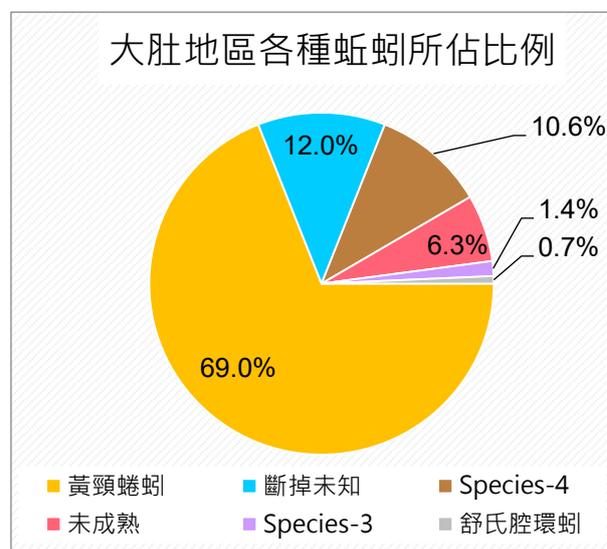
地點	濕度	酸鹼值	
		水土混合(1:1)	水土混合(5:1)
大肚台地 森林地	5.0	3.9	4.3
大肚台地 紅土	4.3	4.8	5.2

表十四、大肚台地發現之蚯蚓種類及物種特徵。

種類	照片	特徵
黃頸蜷蚓		頭部呈暗粉紅色，越往後面顏色越淡，且有黃色環帶
舒氏腔環蚓		有明顯可辨識之黑色背中線
Species-3		無可明顯辨識之環帶，且顏色較偏向深色
Species-4		無可明顯辨識之環帶，且顏色較偏向白色



圖二十、大肚地區蚯蚓數量與種類。



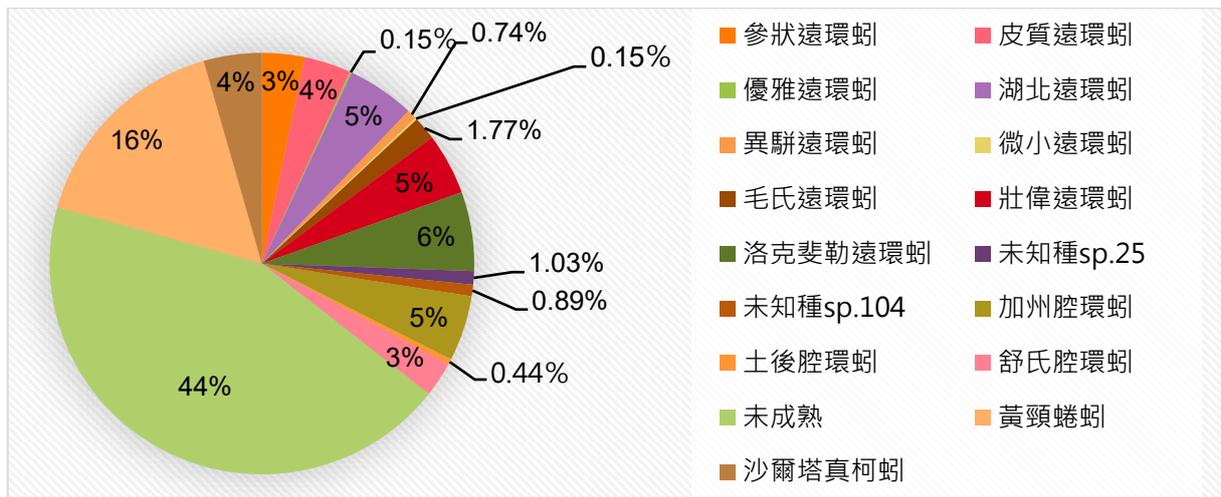
圖二十一、大肚地區各種類蚯蚓所佔比例。

## (二) 非紅土地區土質調查

大安森林公園的酸鹼值與林口各地區及大肚台地呈統計學上顯著差異(p 值 < 0.05)，跟校園則無明顯差異。且根據「大安森林公園適生蚯蚓種類調查及土壤改善研究」報告，大安森林公園每平方公尺平均有78隻蚯蚓，比林口地區蚯蚓密度最低的樣區多了1~2倍（表十五），其蚯蚓種類也較多（圖二十二）。

表十五、校園及林口各地區蚯蚓密度。（各挖3處之平均）

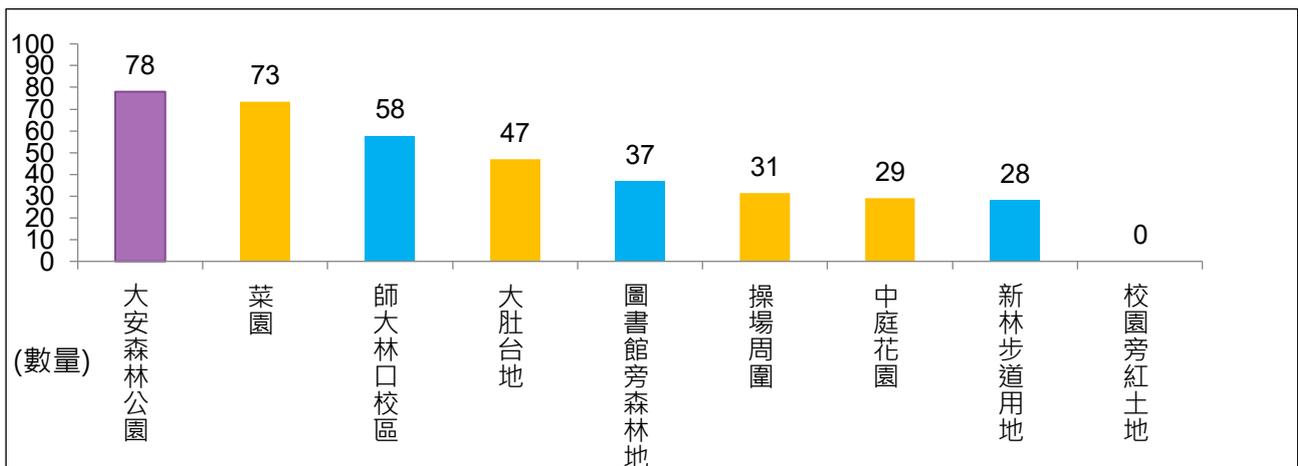
地點	1m <sup>2</sup> 中蚯蚓數量(隻)	地點	1m <sup>2</sup> 中蚯蚓數量(隻)
菜園	73	師大林口校區	58
中庭花園	29	圖書館旁森林地	37
操場周圍	31	新林步道用地	28



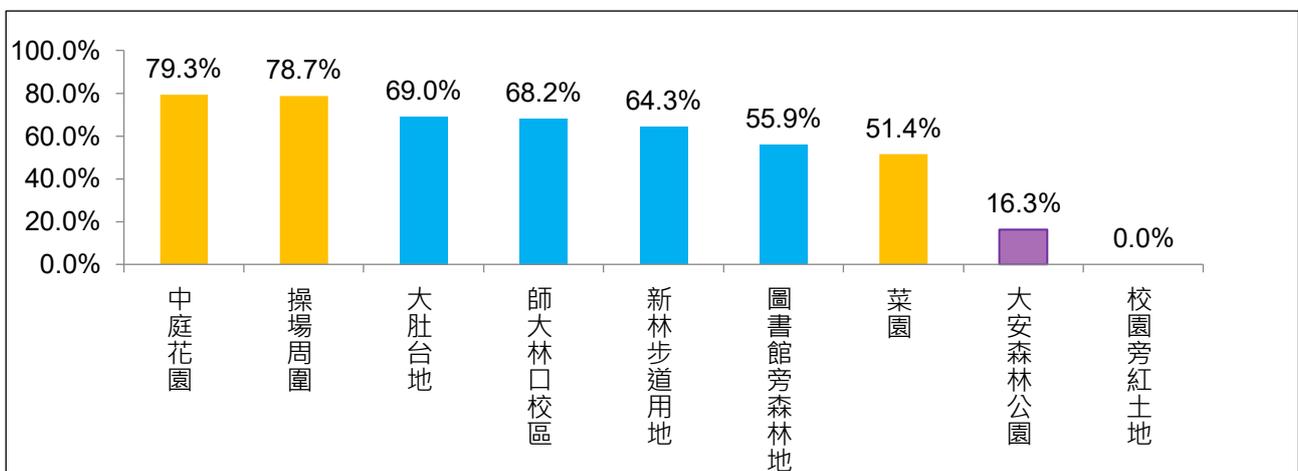
圖二十二、大安森林公園中蚯蚓種類（陳俊宏.2015）。

各地蚯蚓數量、種類與黃頸蜷蚓比例綜合比較：

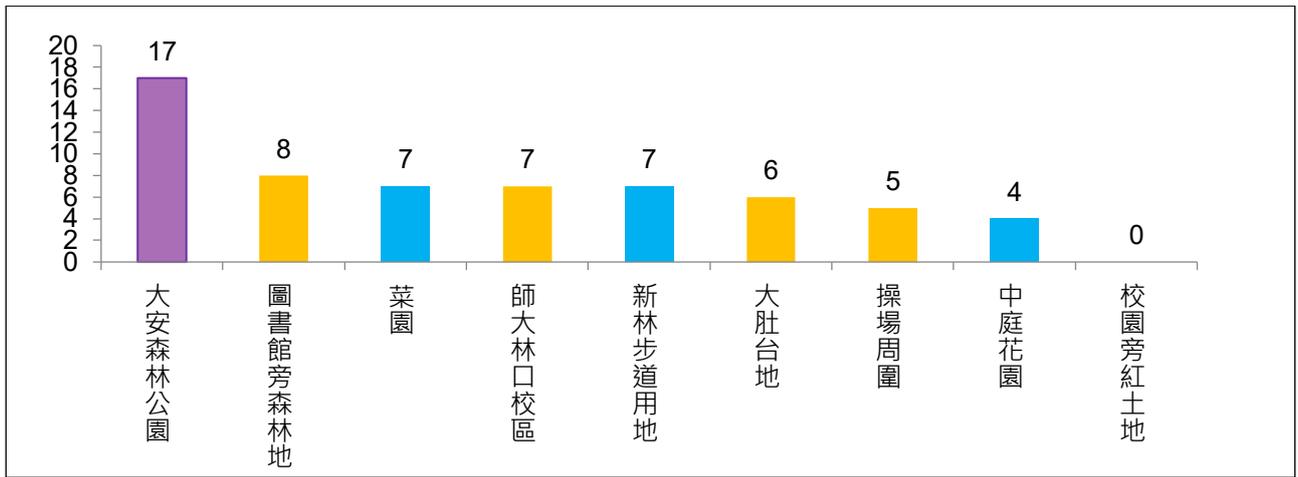
可看出菜園的蚯蚓數量較其他地方多上許多（圖二十三），而除大安森林公園外，雖然菜園的黃頸蜷蚓比例較低，但其在校園和林口各地區所佔比例仍皆高於 50%（圖二十四）。且林口地區紅土土質之蚯蚓種類遠少於非紅土土質的大安森林公園。



圖二十三、比較各地蚯蚓數量。



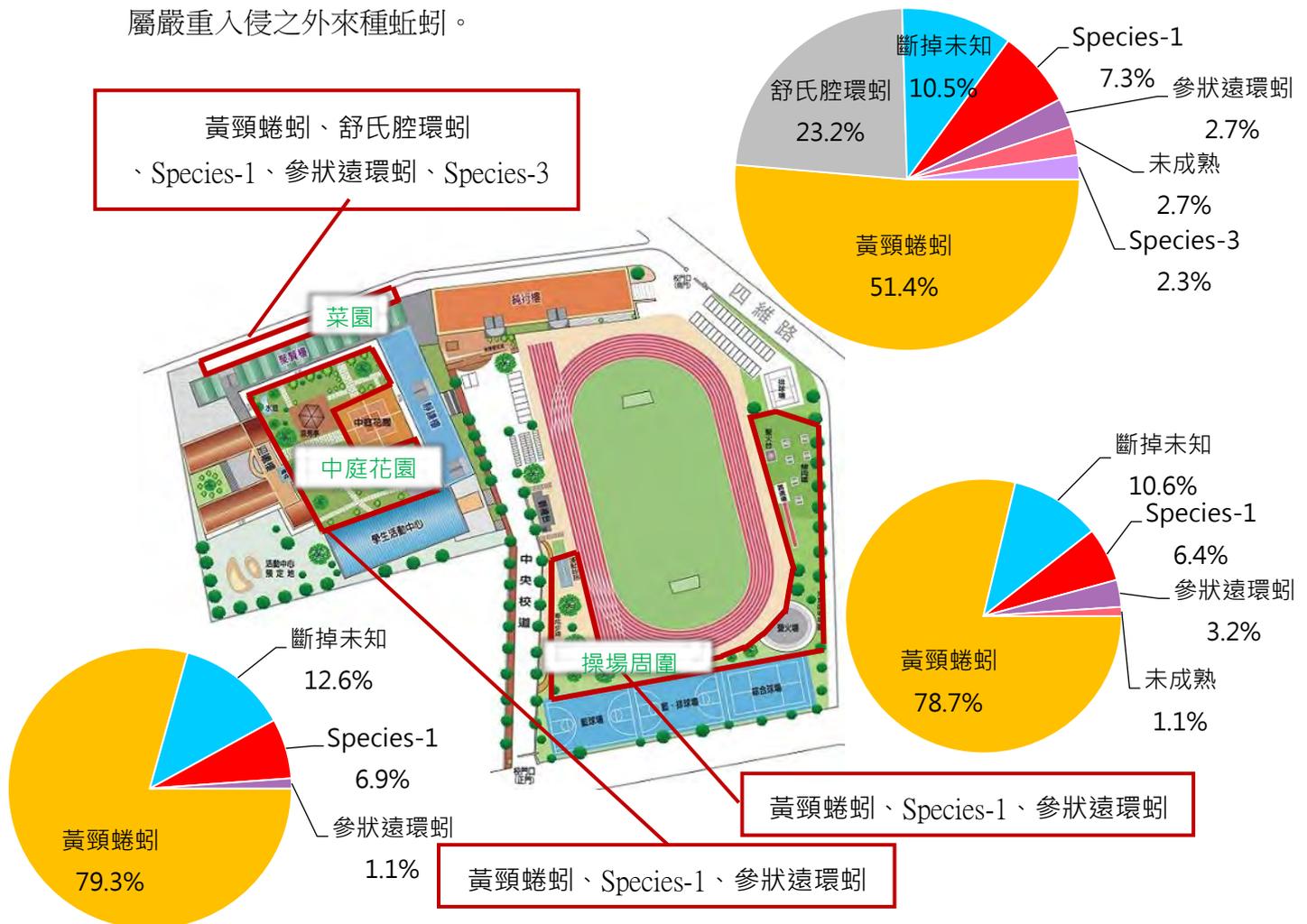
圖二十四、比較各地黃頸蜷蚓之比例。



圖二十五、比較各地蚯蚓種類數。

### 六、建構校園蚯蚓地圖

由校園蚯蚓地圖中可看出黃頸蜷蚓此外來種所佔比例於各處皆大於 50% (圖二十三)，屬嚴重入侵之外來種蚯蚓。



圖二十六、校園蚯蚓地圖

## 陸、討論

### 一、為何暑假期間所挖掘到的蚯蚓數量較少：

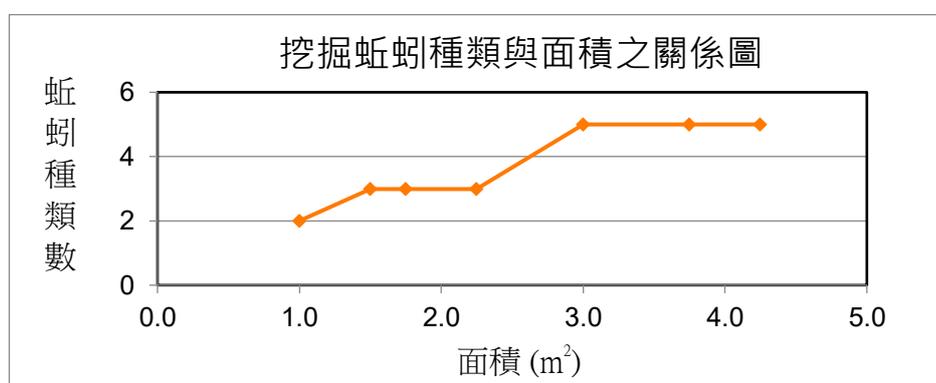
暑假天氣炎熱，導致當時校園中的土壤十分乾燥，再加上當時挖掘技術和工具尚未成熟，所以整個暑假在校園中僅發現了兩隻蚯蚓。而正式開始實驗時已是秋末冬初，下雨次數增加、使土地變得較為濕潤，挖掘工具也從原本的鏟子換成更方便挖掘的鋤頭，故挖掘到的蚯蚓數量明顯比暑假期間多了許多。

### 二、為何校園中土壤土質與校外地區不同：

林口地區的原始土質為紅土，而紅土應為酸性（Chen, Jiun-Hong, 2007），但由於學校為了施工時方便，建築時使用的土壤是由它處運送過來的覆土，與林口原始的土壤特質有所差異，故本研究能使校內師生更深入了解校內外土質環境的差異。

### 三、挖掘樣區之面積

經過挖掘中庭花園的土壤後，發現挖掘面積與蚯蚓種類呈穩定上升之趨勢，但到了 3m<sup>2</sup> 後，蚯蚓種類就不再上升（圖二十四），故在進行調查蚯蚓種類的實驗時，我們於各樣區進行三重複，使挖掘面積達 3m<sup>2</sup>，以達到數據準確之目的。



圖二十七、蚯蚓種類與面積之關係

### 四、為何於校園和林口各地區挖掘到的黃頸蜷蚓特別多:

黃頸蜷蚓為南美洲的外來種，對環境的適應力極強（台灣蚯蚓資料庫），在林口原始酸性的土質區也能看見牠們的身影，故推測此種蚯蚓在酸性土質中也能生存，成為校園、公園、行道區的優勢種後進一步擴散到林口地區。黃頸蜷蚓糞土的質地緻密，會造成土壤硬化，變得不適合植物生存（Hallaire et al., 2000），對農業是一種危害。本實驗可讓學生更加了解校園內外蚯蚓種類及數量，成為學習生態學時的本土教材。

## 五、校園旁紅土地為何挖不到蚯蚓：

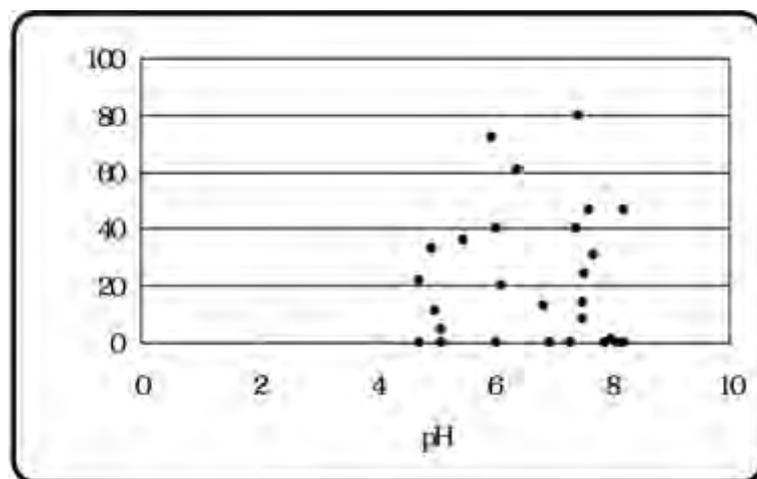
比較各項土質變因後，發現校園旁紅土地呈酸性、植物覆蓋面積少且濕度較校園低，故以這三項變因作為討論要點。

(一) 原以為無法尋得蚯蚓是酸鹼值和濕度低所造成，但酸鹼值、濕度相仿的圖書館旁森林地和步道用地兩個地區卻能找到為數不少的蚯蚓。因此，認為校園旁紅土不易找到蚯蚓與酸鹼值和濕度沒有直接關係。

(二) 查閱文獻後了解到紅土層酸度強、鋁含量高、當紅壤與水或雨水混合後，它們會形成聚集體(aggregate)，黏性增大、且有機成份含量低，酸性可能會對蚯蚓表皮造成傷害、鋁會造成許多動物的神經病變（楊尚樺，2012），黏性大不利於蚯蚓挖掘土壤（張智涵，李其倫，沈慧萍，池文傑，楊尚樺，陳俊宏，2012）。且由於植物覆蓋面積少，缺乏植物形成的有機質會使蚯蚓攝食不易，故難以在校園旁紅土地中找到蚯蚓。

## 六、為何有的單一土壤變因不影響蚯蚓數量：

土壤的各項變因同時變動，不會僅有單項變因改變，因此除植物覆蓋率之外，實驗結果中看不出蚯蚓的數量與單一土質因素的直接關連性，原推測是目前採樣的土壤中並沒有達到蚯蚓可適應範圍外的酸鹼值，所以無法看出差異性。但查詢其它文獻報告與我所測量之酸鹼值（圖十七）比較後，卻發現其挖掘的土地酸鹼值範圍也僅介於pH4.5 ~ pH8（圖二十四），推測在自然生態正常的環境中不易找到酸鹼值極端的土壤，為此我增加了於室內控制各項變因的實驗，進一步了解單項變因對於蚯蚓的影響。



圖二十八、文獻中酸鹼值對於蚯蚓數量的影響（林俐玲、何國謙、林文英，2004）

## 七、適合蚯蚓的活動環境

進行分析後，我們歸納出蚯蚓數量較多的土壤環境特徵，由圖十六到十九中可看出蚯蚓喜愛的環境特徵為濕度大於 70%、且植物覆蓋面積大於 60%的土地，未來希望能增加更多控制土壤單項變因的實驗，觀察蚯蚓對於土質變因的選擇，並與自然環境調查的結果進行比較。

## 八、為何植物覆蓋率能影響蚯蚓的數量：

查閱文獻過後，了解到蚯蚓的食物來源為土壤中的有機質（台灣蚯蚓資料庫），而有機物質的主成份為腐殖質，是植物殘體在微生物作用下形成的含氮化合物，而蚯蚓與其餘土壤中的大型生物將它們破碎分解後，逐步被還原為無機元素再供植物吸收利用，完成生物界的物質循環（中國大百科）。從文獻中我們可以得知，植物的多寡是直接影響直接蚯蚓食物來源的關鍵，推測其是蚯蚓在選擇生存環境時的重要依據。但植物覆蓋率也會受到土壤濕度與酸鹼值的影響，三者之間の間接影響關係還有待進行實驗來進一步的了解。

## 九、蚯蚓對於土壤酸鹼值的選擇：

有 60%的蚯蚓往 pH7.0 土壤移動，而放置於 pH8.1 的十隻蚯蚓中有六隻死亡，推測酸鹼值過高的土壤對蚯蚓會造成傷害。且於 pH3.9 土壤中存活的兩隻蚯蚓外型形似黃頸蜷蚓，目前正詢問專家其品種，以研究黃頸蜷蚓對酸性土壤的適應程度。未來希望能在室內進行更多控制單項變因的實驗，以進一步了解各項土壤變因對蚯蚓的影響。

## 十、校園蚯蚓地圖之用途：

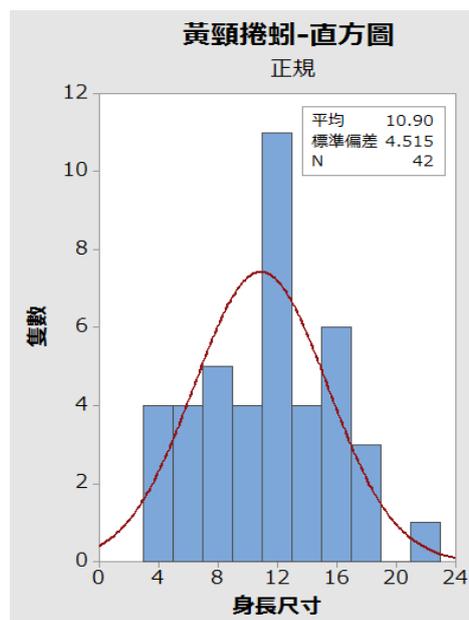
藉由製作校園蚯蚓地圖，我們可以看出黃頸蜷蚓在校園各處所佔比例皆多於 50%，且同影響本土種的生存空間，明顯看出外來種入侵的嚴重性，故本研究未來應該著手於如何有效防治外來種的入侵，並能夠加入有關生態環境的學習範圍中，成為在地化的本土教材。

### 十一、各地蚯蚓數量、種類比較：

由圖二十三可明顯看出除大安森林公園外，菜園中的蚯蚓數量也較其他地區多，推測原因為菜園時常有老師或學生進行施肥，有人為活動幫助的情況下，有機質豐富，吸引較多蚯蚓在其中生活。林口各地區和大肚地區兩地的蚯蚓種類大多數為黃頸蜷蚓，雖然菜園的黃頸蜷蚓比例由於人為活動關係較其他地方低，但仍超過50%，反觀大安森林公園的黃頸蜷蚓比例僅佔16%，顯示黃頸蜷蚓在紅土土質中確實佔有優勢，而兩地的蚯蚓密度及種類皆少於大安森林公園，可見紅土對於大部分蚯蚓來說的確是較不適合生存的環境。

### 十二、蚯蚓不同身長的比例：

挑選數量最多的黃頸蜷蚓分析其身長後，發現黃頸蜷蚓的身長符合鐘形曲線，最長和最短的蚯蚓數量較少，身長介於中間值的蚯蚓數量較多，有一常態分佈的特徵（圖二十六），且不同個體間有基因及外表形態的不同，符合生物學中的個體差異，未來想嘗試推算「需要有多少樣本數，才可確定同一種類的蚯蚓平均長度」



圖二十九、黃頸蜷蚓之身長尺寸直方圖分布

### 十三、未來展望：

(一) 在挖掘蚯蚓時，我們注意到中庭花園的土壤中有螞蟻在其中生活，上網搜尋了相關資料並詢問教授後，了解到螞蟻為蚯蚓的天敵之一（無情食物鏈：蚯蚓 vs. 螞蟻天注定落敗的一生），故未來我們想進一步探討螞蟻與蚯蚓之間的互動關係，了解生物因子對於蚯蚓族群數量造成的影響。

(二) 目前蚯蚓種類的鑑定尚在進行當中，並未全數完成，因此未來希望能完成所有蚯蚓的種類鑑定。

(三) 目前控制單一變因對蚯蚓的影響尚未完成，可增加控制植物覆蓋率和濕度的實驗，了解單一變因對於蚯蚓的影響。

## 柒、結論

校園和師大林口校區的土壤酸鹼值為  $6.9\pm 0.3$ ，與林口地區土壤酸鹼值為  $4.7\pm 0.9$  不同，推測校園土壤非林口原生土壤，而是外地的覆土。在土壤中挖掘到較多黃頸蜷蚓 (*Pontoscolex corethrurus*)，文獻指出本物種能適應酸性土壤，在紅土土質中為優勢種，符合本研究在林口與大肚台地的調查結果，但其對於環境會造成負面影響。除植物覆蓋率外，蚯蚓數量與單一土壤土質變因沒有太大的關係，主要因為土壤各項因素交錯影響。而由實驗結果顯示，除人為活動較多的菜園外，林口地區蚯蚓數量和種類數與台北地區相比而言較少，僅有黃頸蜷蚓能適應偏酸的紅土土質。本研究探討在地土質與蚯蚓的關係，並繪製校園蚯蚓地圖，可成為林口地區在地化的生態教材，未來希望能探討如何防治外來種黃頸蜷蚓，讓本土種有更優良的生存空間。

## 捌、參考資料

1. Chen, J. H., Yang, S. H., and Chuang, S. C. (2007)。Earthworm activities in the red soils of Taiwan。International Symposium on Soil Biodiversity and Ecology, Taipei, Taiwan
2. Hallaire, V., Curmi, P., Duboisset, A., Lavelle, P. and Pashanasi, B (2000) Soil structure changes induced by the tropical earthworm *Pontoscolex corethrurus* and organic inputs in a Peruvian ultisol。Eur. J. Soil Biol. 36: 35-44.
3. 中國大百科出版社(1993)。中國大百科。中國大百科出版社（遠流集團智慧藏公司）。
4. 謝宜敏（民國 87 年）。蚯蚓的利用與養殖。五洲出版社。198 頁
5. 林俐玲、何國謙、林文英（2004）。植物覆蓋與土壤性質對於蚯蚓族群影響之探討。水土保持學報。第 36 卷。第 4 期，333-344 頁。
6. 陳毅翰、張智涵、莊淑君、林佑勳、陳俊宏（2004）。外來種蚯蚓黃頸透鈣蚓(*Pontoscolex corethrurus*)在台灣北部的分佈及推估其對原有蚯蚓族群及土壤環境可能造成之衝擊。生物科學，第四十七卷，第一期，117 - 126 頁。
7. 陳俊宏（2015）。大安森林公園適生蚯蚓種類調查及土壤改善研究。造園季刊。第 85 期。37-39 頁

8. 張智涵、李其倫、沈慧萍、池文傑、楊尚樺、陳俊宏（2012）。金門地區蚯蚓種類及分佈。國家公園學報。第二十二卷第三期。
9. 楊尚樺（2012）。鋁離子對蚯蚓 (*Eisenia andrei*) 的神經毒性。國立臺灣大學生命科學院動物學研究所碩士論文，未出版。
10. 國立中興大學土壤調查試驗中心疑惑解答區。查詢時間：民 106 年 5 月 23 日，取自：  
[http://web.nchu.edu.tw/~SSTC/q\\_a.html](http://web.nchu.edu.tw/~SSTC/q_a.html)
11. 羅秋雄。強酸性土壤改良。查詢時間：民 106 年 5 月 23 日，取自：  
[http://www.tydares.gov.tw/htmlarea\\_file/web\\_articles/tydais/1472/soil3.pdf](http://www.tydares.gov.tw/htmlarea_file/web_articles/tydais/1472/soil3.pdf)
12. 台灣大百科全書。查詢時間：民 106 年 5 月 23 日，取自：  
<http://taiwanpedia.culture.tw/web/index>
13. 台灣網路鳥類圖鑑。黑冠麻鷺。查詢時間：民 106 年 5 月 23 日，取自：  
<http://today.to/tw/index-pc.html>
14. 台灣蚯蚓資料庫。查詢時間：民 106 年 5 月 23 日，取自：  
<http://earthworm.zo.ntu.edu.tw/Earthworm/earthworm/earthworm.htm>
15. 台灣大學無脊椎動物研究所。查詢時間：民 106 年 5 月 23 日，取自：  
<http://earthworm.zo.ntu.edu.tw/labpage/Introduction/Intro.htm>
16. 土壤與岩石描述。查詢時間：民 106 年 5 月 23 日。取自：  
<http://www.geotech.org.tw/uploads/Forum/83/333/土壤與岩石描述-亞新.pdf>
17. 剖面土綱—台灣土壤分類。國立臺灣大學土壤調查整治研究室。查詢時間：民 106 年 5 月 25 日。取自：[http://lab.ac.ntu.edu.tw/soilsc/sc/sc\\_box\\_taiwan.html](http://lab.ac.ntu.edu.tw/soilsc/sc/sc_box_taiwan.html)
18. 台大蚯蚓地圖。查詢時間：民 106 年 5 月 23 日，取自：  
<http://earthworm.zo.ntu.edu.tw/NTUearthworm/index.htm>
19. CHENG-SING。蚯蚓習性。2009 年 8 月 16 日，取自：  
<https://sites.google.com/site/chengsinginc/zi-xun-zhu-ye/qiu-yin-yang/qiuyinxixing>
20. 野湯姆。無情食物鏈：蚯蚓 vs. 螞蟻天注定落敗的一生。2015 年 2 月 16 日，取自：  
<https://woods.workxplay.net/螞蟻蚯蚓的食物鏈對戰/>

## 附錄

附表 1 校園挖掘蚯蚓總隻數及種類

蚯蚓種類	菜園			中庭花園			操場周圍			總數
黃頸蜷蚓	20	38	55	10	29	30	21	22	31	256
Species-1	9	0	7	1	1	4	3	3	0	28
舒氏腔環蚓	8	27	16	0	0	0	0	0	0	51
參狀遠環蚓	2	2	2	0	0	1	0	1	2	10
Species-3	0	4	1	0	0	0	0	0	0	5
斷掉未知	7	7	9	1	5	5	2	3	5	44
未成熟	2	2	2	0	0	0	0	0	1	7
總數	48	80	92	12	35	40	26	29	39	401
種類數	7			4			5			

附表 2 林口地區挖掘蚯蚓總隻數及種類

蚯蚓種類	師大林口校區			圖書館旁森林地			新林步道用地			總數
黃頸蜷蚓	37	29	52	17	20	25	18	16	20	234
Species-1	7	0	1	1	0	1	1	0	0	11
舒氏腔環蚓	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
參狀遠環蚓	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Species-2	0	0	0	11	1	2	4	1	7	26
Species-3	12	2	0	9	5	0	0	5	0	33
Species-4	3	0	0	5	3	0	0	0	1	12
斷掉未知	3	4	5	6	1	2	3	3	2	29
未成熟	8	2	7	0	0	1	1	0	2	21
總數	70	37	66	49	31	31	27	25	32	368
種類數	7			8			7			

附表 3 大肚台地挖掘之蚯蚓總隻數及種類

蚯蚓種類	大肚台地之森林地			總數
黃頸蜷蚓	51	18	29	98
舒氏腔環蚓	0	1	0	1
Species-3	2	0	0	2
Species-4	12	1	2	15
斷掉未知	6	6	5	17
未成熟	5	2	2	9
總數	76	28	38	142
種類數	6			

附表 4 各地三次挖掘之土壤濕度

土壤濕度	第一次	第二次	第三次	Avg.
菜園	8.8	7.6	8.8	8.4
中庭花園	6.2	8.8	9.2	8.1
操場周圍	8.3	4.2	6.2	6.2
師大林口校區	9.3	8.8	8.2	8.8
圖書館旁森林地	4.0	5.2	6.8	5.3
新林步道用地	4.5	6.9	3.5	5.0
大肚台地	5.0	4.7	5.1	4.9

附表 5 各地三次挖掘之土壤酸鹼值

土壤酸鹼值	第一次	第二次	第三次	Avg.
菜園	7.2	7.3	7.3	7.3
中庭花園	6.9	6.6	6.7	6.7
操場周圍	6.4	6.5	6.7	6.5
師大林口校區	7.2	6.9	7.0	7.0
圖書館旁森林地	4.7	5.1	5.0	4.9
新林步道用地	4.4	4.0	4.2	4.2
大肚台地	3.9	4.0	4.1	4.0

附表 6 各地三次挖掘之植物覆蓋率

植物覆蓋率	第一次	第二次	第三次	Avg.
菜園	67	69	78	71
中庭花園	27	45	66	46
操場周圍	75	64	63	67
師大林口校區	71	80	76	76
圖書館旁森林地	65	74	67	69
新林步道用地	63	66	70	66
大肚台地	76	52	68	65

附表 7 各地三次挖掘之蚯蚓數量

蚯蚓數量	第一次	第二次	第三次	Avg.
菜園	48	80	92	73
中庭花園	12	35	40	29
操場周圍	26	29	39	31
師大林口校區	70	37	66	58
圖書館旁森林地	49	31	31	37
新林步道用地	27	25	32	28
大肚台地	76	28	38	47

附表 8 各地三次挖掘之黃頸蜷蚓與非黃頸蜷蚓所佔比例

蚯蚓比例	黃頸		非黃頸	
	數量	百分比	數量	百分比
菜園	113	51.4%	107	48.6%
中庭花園	69	79.3%	18	20.7%
操場周圍	74	78.7%	20	21.3%
師大林口校區	118	68.2%	55	31.8%
圖書館旁森林地	62	55.9%	49	44.1%
新林步道用地	54	64.3%	30	35.7%
大肚台地	98	69.0%	44	31.0%

附表 9 各地土壤酸鹼值檢測

No.	菜園	中庭花園	操場周圍	師大林口校區	圖書館旁森林地	新林步道用地	大肚台地	大安森林公園
1	7.2	6.5	6.7	7.2	6.5	4.2	4.1	7.3
2	7.4	6.9	6.6	7.0	5.4	3.8	3.9	7.2
3	7.2	6.4	6.7	7.3	5.7	3.8	3.7	7.1
4	7.0	6.2	6.7	7.1	4.1	3.9	4.2	7.7
5	7.2	6.4	6.6	6.8	5.3	3.8	4.8	6.4
6	7.1	7.0	6.7	7.2	5.9	3.9	4.3	7.1
7	7.7	6.8	7.0	6.7	6.6	4.0	4.4	7.7
8	7.3	6.5	7.0	6.4	5.6	4.0	4.0	7.3
9	6.3	6.2	6.4	7.2	6.2	4.3	4.2	5.7
10	7.1	6.7	5.8	7.4	5.6	3.6	3.9	5.6
11	7.2	7.1	6.8	6.9	5.4	5.0	3.8	6.5
12	7.4	6.8	6.4	6.9	5.3	4.7	4.1	7.7
13	6.8	6.8	6.6	7.1	5.1	4.2	4.0	6.9
14	7.2	6.9	6.5	7.0	4.1	3.9	3.7	6.7
15	7.0	7.3	6.4	6.6	4.6	3.9	3.6	7.9
16	7.2	6.7	6.3	6.7	5.7	4.1	3.8	6.2
17	7.1	6.9	6.4	6.9	5.7	4.6	4.1	7.5
18	7.0	7.0	7.0	7.2	6.0	3.6	4.5	7.1
19	7.5	6.7	7.0	7.1	4.9	4.2	4.0	5.4
20	7.4	6.9	6.7	7.2	6.2	4.1	4.2	7.5
Min	6.3	6.2	5.8	6.4	4.1	3.6	3.6	5.4
Max	7.7	7.3	7.0	7.4	6.6	5.0	4.8	7.9
Max-Min	1.4	1.1	1.2	1.0	2.5	1.4	1.2	2.5
Avg	7.2	6.7	6.6	7.0	5.5	4.1	4.1	6.9
STDEV	0.3	0.3	0.3	0.3	0.7	0.4	0.3	0.7

## 【評語】 030315

1. 本研究主旨在於土壤土質與蚯蚓族群的探討，最後建構校園蚯蚓地圖。研究方法有系統地收集數據，並利用統計方法加以分析。適切地討論實驗結果與預期相同或差異，且妥善引用參考資料。
2. 探討林口地區的土質與蚯蚓分布的關係。有初步調查結果，但欠缺足夠實驗資料證明土質與不同蚯蚓分布之關係。
3. 蚯蚓種類與土壤之間的關係，由不同的植物覆蓋率、土壤溼度及酸鹼度，可能會造成蚯蚓種類的不同。但是，可能地域小、土壤歧異度小，蚯蚓種類也會少。尤其外地運入覆土，增加這項關係的變異。
4. 物種鑑定方面，未知種類比例偏高，建議詢問相關領域專家學者。

# 摘要

本研究於林口地區進行**土壤土質**與**蚯蚓族群**的探討，分析各地區土壤土質與蚯蚓數量進行比較。研究結果顯示，林口各地區土壤酸鹼值 ( $4.7\pm 0.9$ ) 較校園中 ( $6.9\pm 0.3$ ) 低。在紅土中挖掘到的**黃頸蝟蚓**比例大於50%，可見其為紅土中的優勢種。除植物覆蓋率之外，蚯蚓數量與單一土壤土質變因無相關，推測為土壤各項因素**交錯影響**所致。而紅土地區除人為活動較多的樣區外，其他樣區蚯蚓數量皆少於非紅土地區，種類也較少。本研究所繪製的校園蚯蚓地圖可作為**本土生態教材**，讓學子更了解在地的環境，也顯示目前外來種入侵紅土地區的嚴重性，後續可朝外來種防治發展，未來希望能進一步探討**生物因子**對蚯蚓的影響，分析最適合蚯蚓生存的環境。

## 壹、研究動機

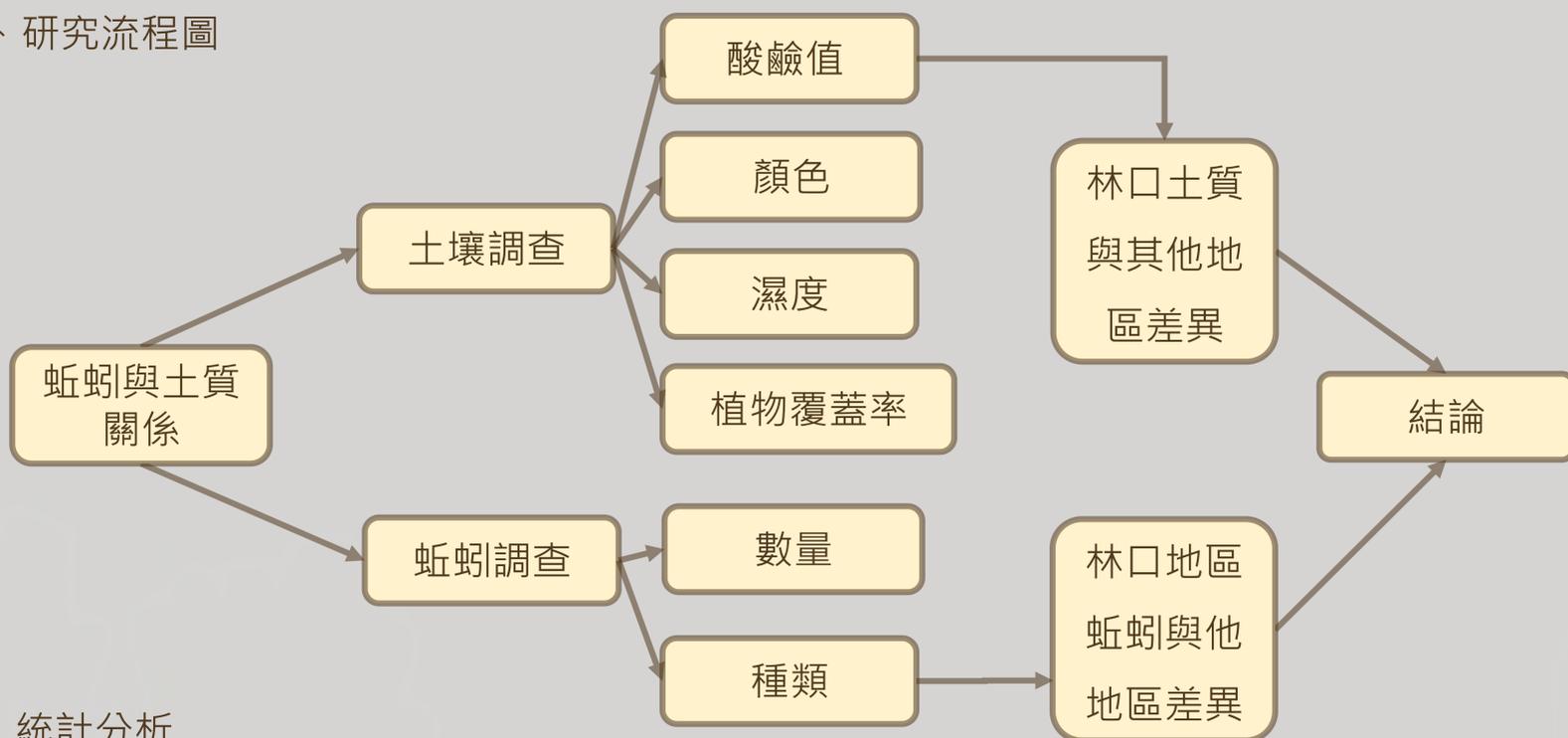
我於三年前搬家到林口居住，有一次大雨過後，校園土壤中突然湧出大量**蚯蚓**，令我嚇了一跳：「為什麼原先居住的地方不曾看見這麼多蚯蚓？」「蚯蚓數量多，那其種類是否也較其他地區多呢？」「**林口地區**的土質是否跟外縣市**有所不同**？」這讓我開始想了解林口地區土質對於蚯蚓的影響。查閱相關文獻後，了解到林口地區為紅土土質，而在建設校園時為了移植樹木，會將他處的土壤挾帶過來。以上的原因讓我大膽推測，**校園**、**紅土土質**和其他**非紅土土質**的地區，在土質和蚯蚓數量、種類上都會有所差異，為了證實這樣的想法，我開始著手進行這次的研究。

## 貳、研究目的

- 一、查詢有關蚯蚓與土壤的相關資料
- 二、探討校園土壤土質與校外林口地區的差異
- 三、探討校園蚯蚓種類、數量與校外林口地區的差異
- 四、探討林口地區各項土質變因對於蚯蚓的影響
- 五、探討非林口地區蚯蚓數量、種類、土壤土質與林口地區的差異
- 六、建構校園蚯蚓地圖

## 參、研究材料與方法

### 一、研究流程圖



### 二、統計分析

各組數據間比較的統計方法皆採用**雙尾 t 檢定**， $\alpha$  值為 0.05，即  $p$  值  $< 0.05$  時達統計**顯著差異**。

### 三、樣區挑選

於校園與校外林口地區挑選調查土質變因和挖掘蚯蚓之樣區，示意圖如下。

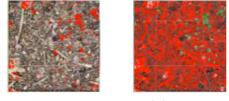
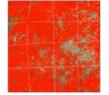
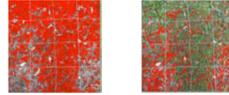


# 肆、研究結果

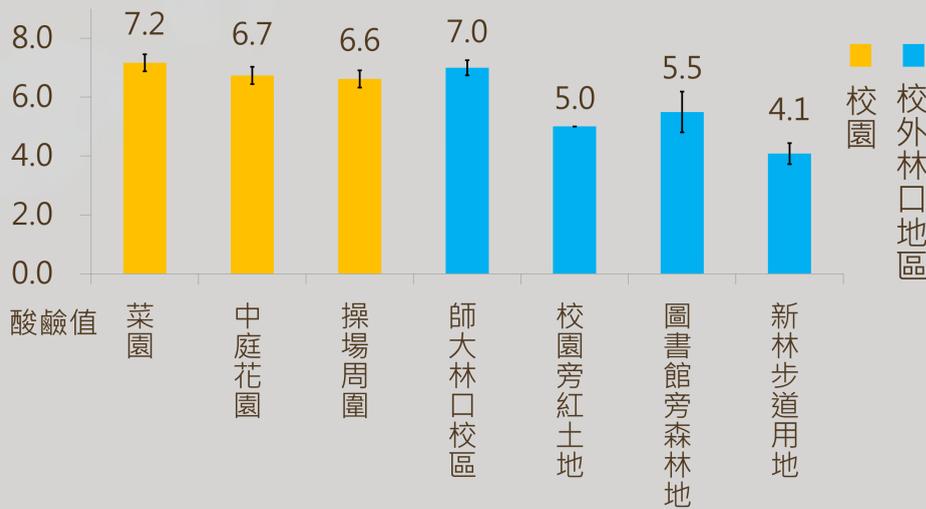
## 一、探討校園土壤土質與校外林口地區的差異

### (一) 植物覆蓋率

挖掘蚯蚓和測量土質變因之環境：24小時前曾降雨，溫度為18~23 °C。以Image J算照片中綠色(植物)和淺咖啡色(枯葉)所佔的比例，並加總成為植物覆蓋率。

地點	植物覆蓋率 (綠色植物與枯葉皆涵蓋在內)	地點	植物覆蓋率 (綠色植物與枯葉皆涵蓋在內)
菜園	 7% (綠) + 60% (枯) = 67%	師大林口校區	 30% (綠) + 41% (枯) = 71%
中庭花園	 27% (綠)	校園旁紅土地	 13% (綠)
操場周圍	 75% (綠)	圖書館旁森林地	 54% (綠) + 11% (枯) = 65%
		新林步道用地	 5% (綠) + 58% (枯) = 63%

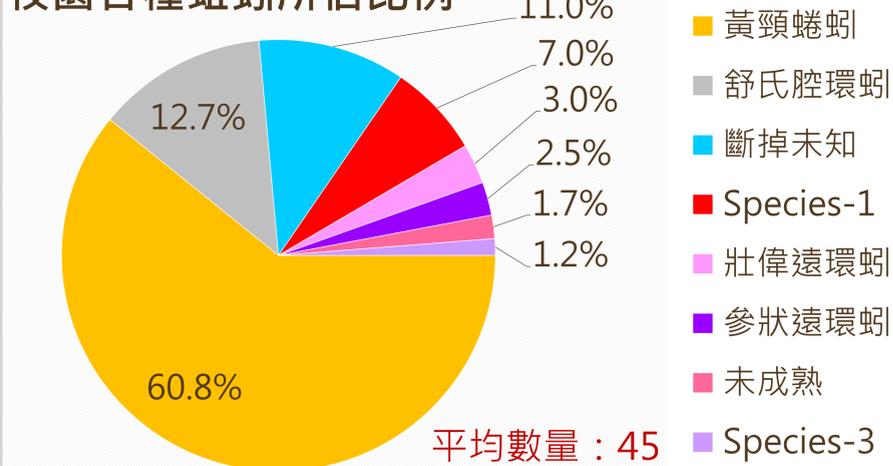
### (二) 酸鹼值



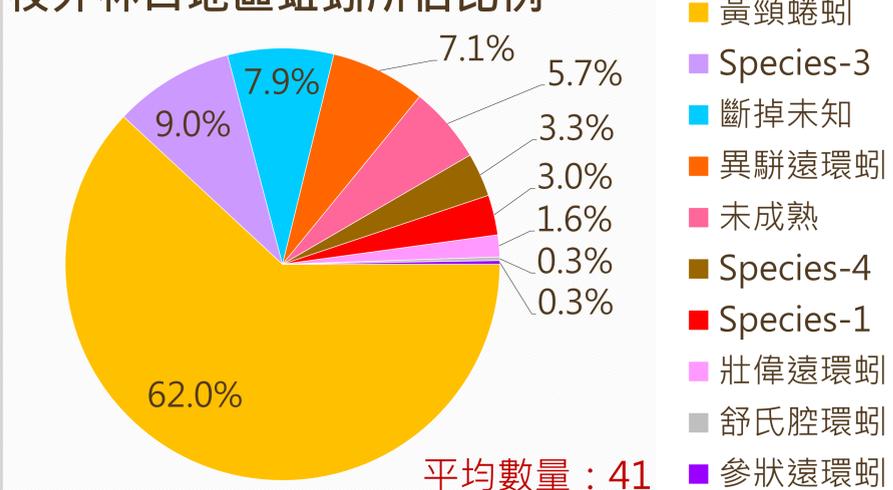
校園內土壤酸鹼值與校外林口地區相比(雙尾 t 檢定): 達統計上顯著差異(p 值<0.05)。

## 二、探討校園蚯蚓種類、數量與校外林口地區的差異

### 校園各種蚯蚓所佔比例



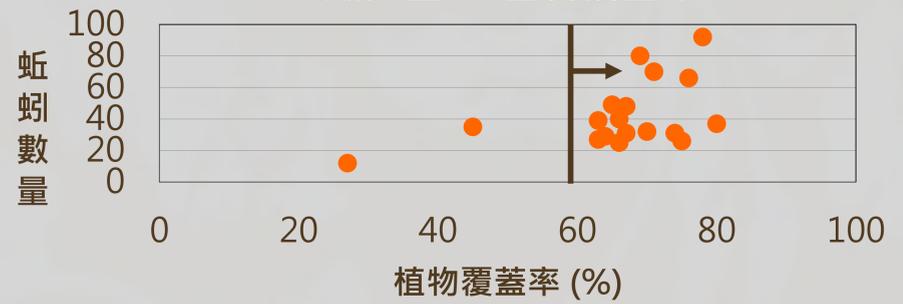
### 校外林口地區蚯蚓所佔比例



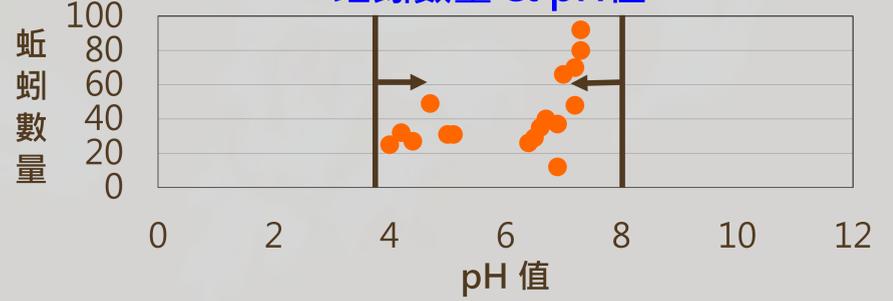
## 三、探討林口地區各項土質變因對於蚯蚓的影響

### (一) 探討各項土質變因對蚯蚓數量的影響

#### 蚯蚓數量 & 植物覆蓋率



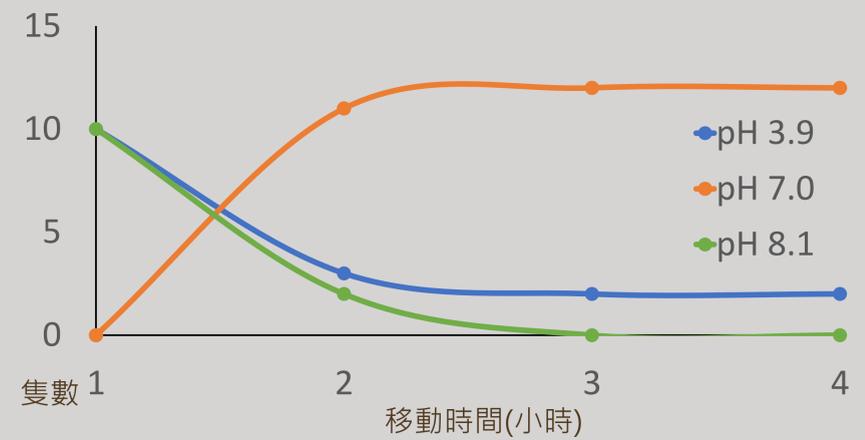
#### 蚯蚓數量 & pH值



#### 蚯蚓數量 & 濕度



### (二) 以控制變因了解單項土質變因對蚯蚓的影響

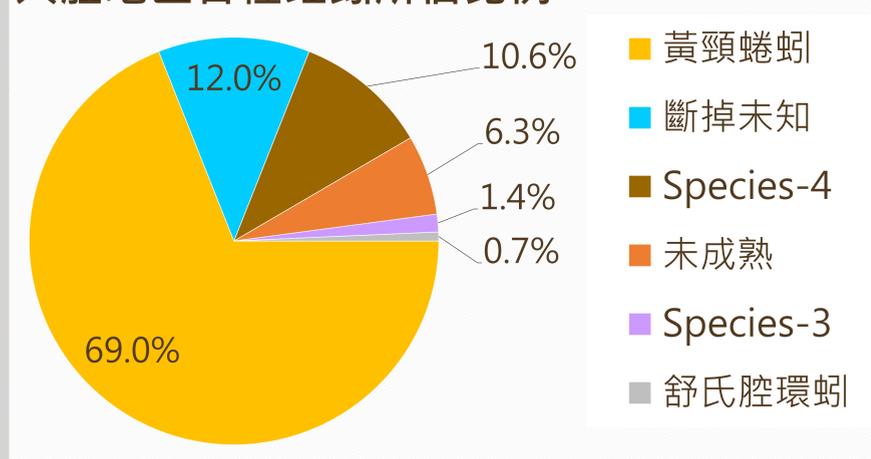


## 四、探討非林口地區蚯蚓數量、種類、土壤土質與林口地區的差異

### (一) 其餘紅土土質地區蚯蚓與土質調查 (大肚台地)

地點	酸鹼值	濕度	植物覆蓋率
	水 & 土混合 (1:1)		
大肚森林地	4.1±0.3	5.0	69.5%
大肚紅土地	4.8	4.3	11.2%

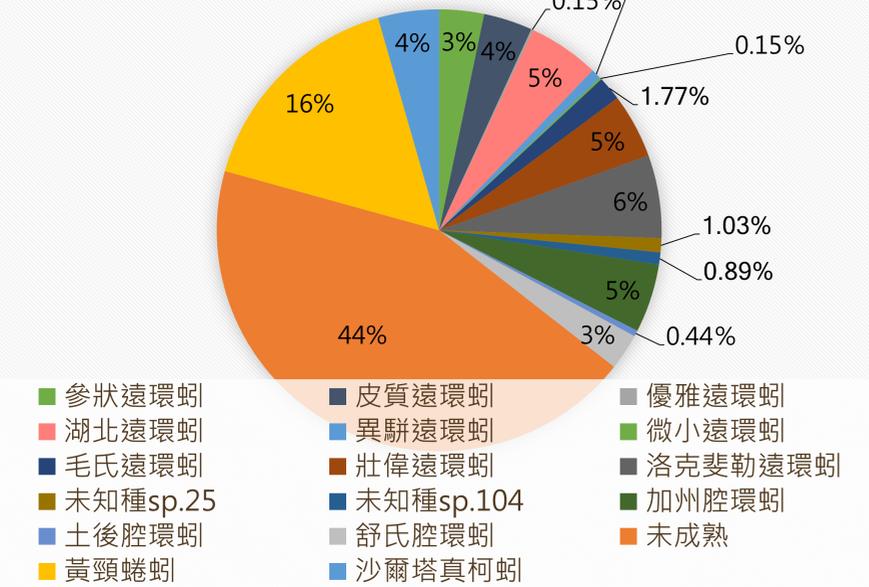
### 大肚地區各種蚯蚓所佔比例



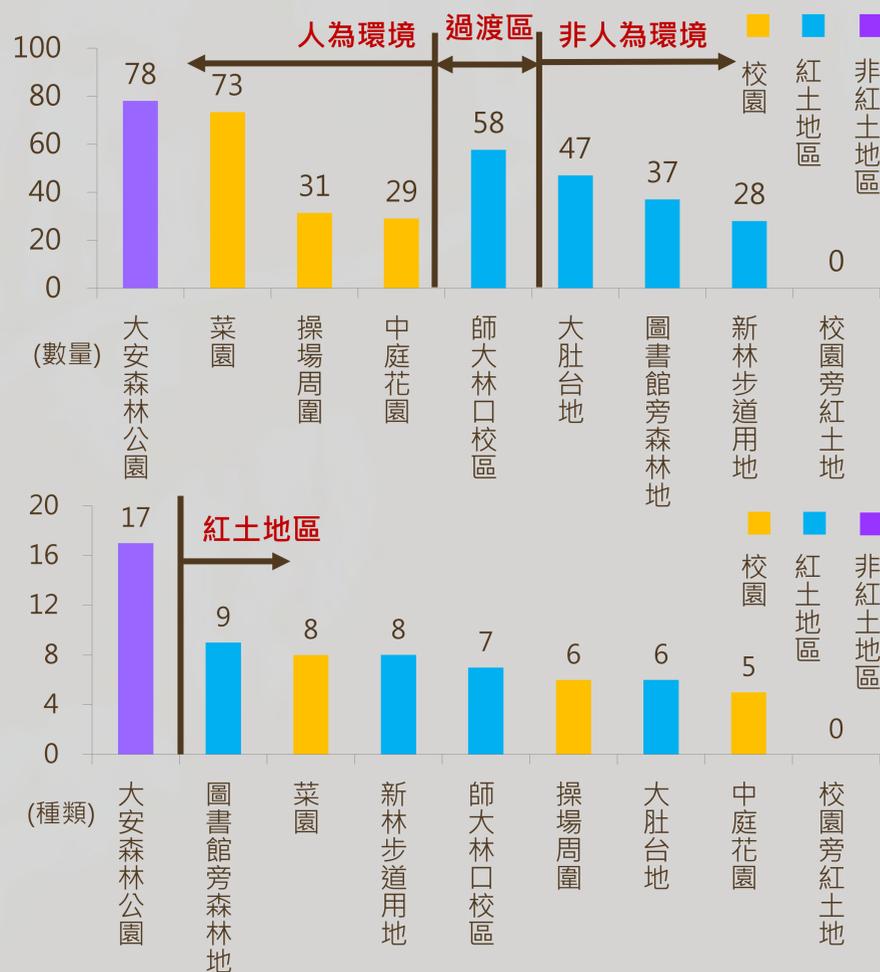
### (二) 非紅土地區蚯蚓與土質調查 (大安森林公園)

地點	酸鹼值	濕度	植物覆蓋率
	水 & 土混合 (1:1)		
大安森林公園	6.9±0.7	8.6	78.4%

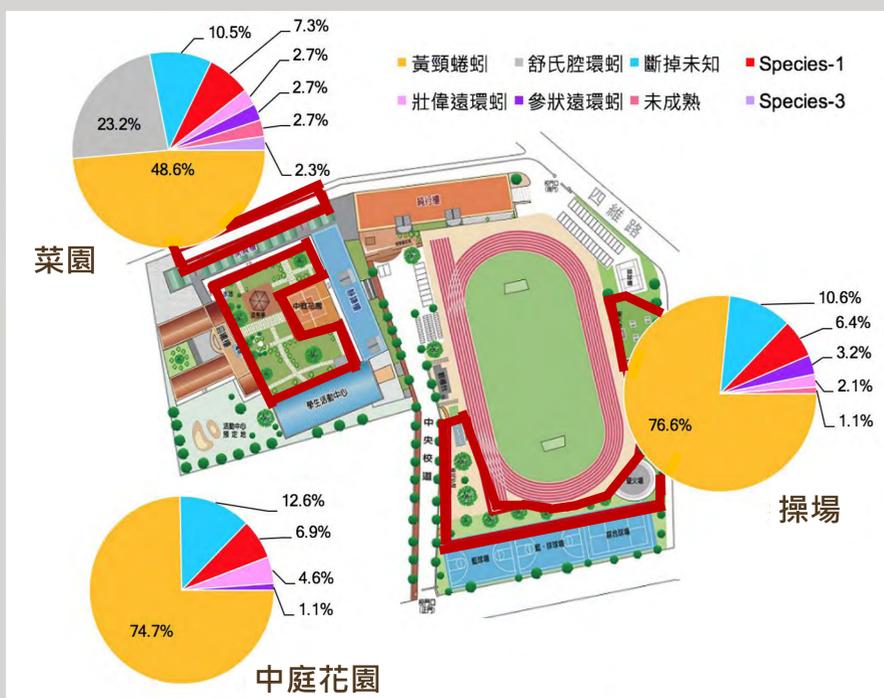
## 大安森林公園蚯蚓所佔比例



### (三) 綜合比較各地區蚯蚓數量、種類：



### 五、建構校園蚯蚓地圖



## 伍、討論

### 一、校內外土壤土質的差異：

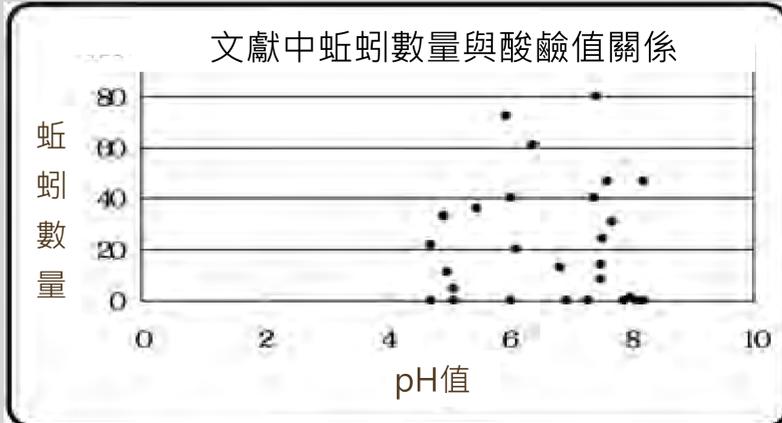
林口地區原始土質為**酸性紅土**，但學校建築時移植樹木將他處土壤**連同植物**挾帶而來，故與校外林口地區原始土壤特質不同。

### 二、林口地區土質對蚯蚓數量及種類的影響：

紅土與水混合會形成**聚集體**(aggregates)，黏性大不利於蚯蚓挖掘，而紅土中的鋁會造成蚯蚓**神經病變**，故難以在紅土地找到蚯蚓，其餘地方所挖掘到的**外來種**黃頸蝟蚓，推測是由他處植物夾帶土壤帶來。此種蚯蚓能在酸性土質中生存，成為林口地區的**優勢種**，但其會造成**土壤硬化**，不利其他動植物生存。

### 三、單一土壤變因為何與蚯蚓數量較無相關：

土壤的各項變因同時變動，因此除植物覆蓋率外，實驗結果中無法看出蚯蚓數量與**單一土質變因**的相關，原推測跟「取樣數不足」有所關聯。但查詢文獻報告後，發現其挖掘的土地酸鹼值範圍介於pH4.5~8，推測在**自然生態**的環境中不易找到酸鹼值**極端**的土壤，為此我們增加室內控制各項變因的實驗，了解單項變因對於蚯蚓的影響。



### 四、為何植物覆蓋率能影響蚯蚓的數量：

蚯蚓的食物為土壤中有**有機質**，而有機質大部分是**植物殘體**形成的**含碳化合物**，故植物是影響蚯蚓食物的關鍵，有機質含量高且穩定的地區，同時也是原生生態系的特徵，可給予本土種蚯蚓較好的生存環境，使其較能與黃頸蝟蚓競爭。

### 五、適合蚯蚓的活動環境

進行分析後，可看出蚯蚓偏好的環境特徵為濕度大於**70%**、酸鹼度**7.0**上下、植物覆蓋面積大於**60%**的土地。未來希望能進行多變因的實驗，與實際調查的結果進行比較。

### 六、各地區蚯蚓數量、種類比較：

紅土地區蚯蚓種類皆少於非紅土地區，而在紅土地區中，菜園之蚯蚓數量卻高於其餘紅土樣區，推測蚯蚓種類與是否為紅土土質之**土質條件**有較大的關聯性，而蚯蚓數量則是以如施肥、翻動土壤等**人為活動**和植物覆蓋率等**環境條件**影響較深。

### 七、未來展望：

進行了本次研究後，了解黃頸蝟蚓於紅土土質中的優勢，未來希望能持續研究，探討如何防止外來種蚯蚓入侵狀況持續惡化。

## 陸、結論

由於校內外土壤**酸鹼值**呈顯著差異，推測兩者土質有所不同，且紅土較非紅土地區挖到較多**黃頸蝟蚓**，本物種能適應酸性土壤，在紅土中為**優勢種**。除植物覆蓋率外，蚯蚓數量與單一土質變因無相關，因為各項因素**交錯影響**。紅土地區蚯蚓種類較非紅土地區少，但有少數樣區因**人為活動**影響，蚯蚓數量變化較大。繪製出**蚯蚓地圖**，可成為林口地區在地的**生態教材**。有機質高且穩定的地方，較適合原生蚯蚓擴張，較能與黃頸蝟蚓競爭，故維持原生生態系的完整，較能減少外來種入侵。