

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物科

佳作

030317

橙五線陸生渦蟲（*Bipalium aurantiacus*）廣頭部彎曲功能之探討

學校名稱：臺北縣立林口國民中學

作者： 國二 陳奕翔 國三 李佳欣 國二 林晉宇 國二 連子維	指導老師： 鍾兆晉
---	------------------

關鍵詞：陸生渦蟲（*Diversibipalium* sp.）、廣頭部、生物檢測（Bioassay）

橙五線陸生渦蟲 (*Bipalium aurantiacus*) 廣頭部彎曲功能之探討

摘要

本研究經實驗橙五線陸生渦蟲 (*Bipalium aurantiacus*) 發現，其廣頭部有不同的彎曲方式，分別為波浪形、左右形及上下形。在探測獵物時，其廣頭部使用波浪形彎曲；探測獵物味道、攻擊時，使用左右形；探測環境光度時，則使用上下形。在探測時，不同彎曲方式接近不同感應物的頻率並不相同。此外，廣頭部在探測時會有擴大的情形，進一步推測感覺神經分布情形，並運用生物檢測 (Bioassay) 驗證。經觀察不同種廣頭地科陸生渦蟲，發現廣頭部彎曲情形無太大差異，且無廣頭部之陸生渦蟲廣頭部敏感度會下降，由此知廣頭部對陸生渦蟲的重要性。前人對渦蟲的研究，多針對水生渦蟲，對陸生渦蟲的著墨較少，且僅是初步研究，經本研究，將對橙五線陸生渦蟲的廣頭部有更進一步了解。

橙五線陸生渦蟲 (*Bipalium aurantiacus*) 廣頭部彎曲功能之探討

壹、研究動機

在一次的社團課，老師帶領我們進行了一項活動「Under the Stone」，此活動針對石頭底下的生物進行觀察，並探討石頭底下生物之習性及探討石底下的生態系。此時，看到一隻不明黑色物體正在蠕動，仔細一看才發現是條陸生渦蟲，牠以頭部的扭動前進，且陸生渦蟲頭部的彎曲方式並不只一種。我們不禁好奇，是否其他陸生渦蟲皆有頭部彎曲的現象？而牠們頭部的彎曲究竟有什麼功能？不同種的陸生渦蟲是否有相同的彎曲方式？而牠是以何處控制頭部彎曲？種種的問題，引起我們對陸生渦蟲廣頭部的興趣，就此踏上研究之路。

貳、研究目的

- 一、研究橙五線陸生渦蟲之基本生物學知識。
- 二、觀察橙五線陸生渦蟲在各環境下行為模式與廣頭部彎曲之主要功能。
- 三、觀察陸生渦蟲使用各種廣頭部彎曲之分區頻率。
- 四、探討橙五線陸生渦蟲頭部彎曲之神經分布。
- 五、驗證橙五線陸生渦蟲的廣頭部受器分布。
- 六、比較不同種廣頭地科陸生渦蟲頭部彎曲與功能差異。
- 七、探討陸生渦蟲廣頭部對本身個體的利弊。



圖一、橙五線陸生渦爬行於人工飼養環境圖 (4x)。

參、 研究器材

本研究所需各項設備及器材詳如表一。

表一、實驗器材列表

物品名稱	使用數量	用途
數位相機	1 台(SONY T90)	拍攝實驗、生活型態圖
參考書籍、論文	7 份	了解陸生渦蟲的生活型態
實驗記錄本、筆	1 本、1 枝	記錄實驗結果、過程
溼度、溫度計	1 支(CHY722)	記錄實驗當天溼度、溫度
飼養箱 A (14cm×7cm×4cm)	10 盒	飼養陸生渦蟲的容器
飼養箱 B (21cm×14cm×4cm)	10 盒	飼養陸生渦蟲的容器
黑色膠帶	1 捲	製作光度實驗中之暗區
鏟子	4 把	找尋陸生渦蟲所需工具
噴水器	2 個	保持飼養箱的濕潤
自製單線光手電筒	1 支	驗證陸生渦蟲受器分布
數位顯微鏡	1 組(DinoLite)	觀察陸生渦蟲廣頭部
線蟲 (<i>Hoplolaimus daday</i>)	100 隻	作為陸生渦蟲之獵物
橙五線陸生渦蟲 (<i>B. aurantiacus</i>)	15 隻	實驗主體之生物
陸生渦蟲 (<i>Diversibipalium sp.10</i>)	10 隻	實驗主體之生物
棉花棒	20 枝	沾取獵物味道用
攪拌棒	2 枝	作為攻擊陸生渦蟲的工具
方格紙	1 張	測量陸生渦蟲廣頭部擴大比率
玻璃紙	10 張	製作實驗中的陰暗區
奇異筆	1 枝	在飼養箱上標上距離
熱熔槍	1 把	製作實驗用飼養箱中分隔板

肆、 研究過程及方法

一、研究橙五線陸生渦蟲之基本生物學知識

(一) 文獻探討

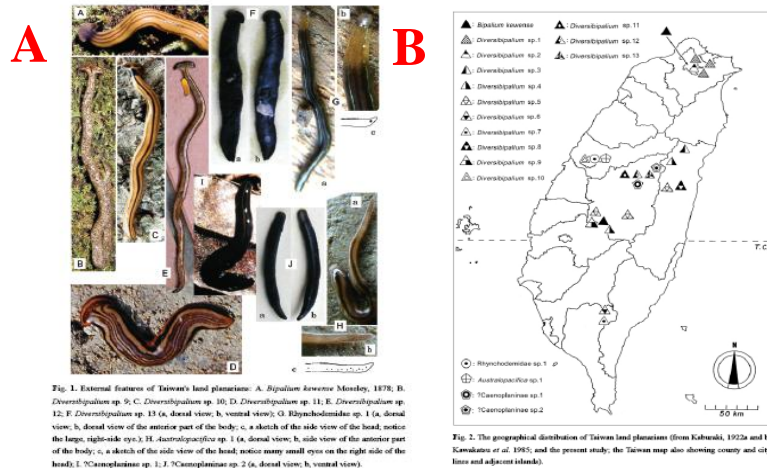
1. 查詢橙五線陸生渦蟲之相關文獻，統整並翻譯查詢到之資料。
2. 了解橙五線陸生渦蟲生活習性、特徵與過去相關之研究資料，並與實驗結果比對。

(二) 設立樣區

1. 在文獻(吳錫圭等, 2005)提到, 陸生渦蟲多於潮濕與多落葉的環境下活動, 我們選定校園內較常出現陸生渦蟲之環境作為捕捉區域。
2. 比較各樣區的溼度、溫度及土質, 並以統計圖呈現。

(三) 分類及命名陸生渦蟲

1. 查詢前人研究的分類方式，比對捕捉到的陸生渦蟲與論文中所提到的蟲體外觀差異（線條、廣頭部形狀）並查詢其學名（屬名加編號），再依文獻（吳錫圭等，2005）進行分類。
2. 詢問專家於樣區捕捉到的陸生渦蟲種類，增加實驗準確度。
3. 由於陸生渦蟲大多尚未被命名，為了方便實驗進行，除了查詢其學名、編號，另外也對未命名之陸生渦蟲進行命名。



圖二、台灣陸生渦蟲初步研究（吳錫圭等，2005）截圖

（A：陸生渦蟲分類圖，B：台灣陸生渦蟲主要分布圖）。

(四) 飼養並模擬橙五線陸生渦蟲之生長環境

1. 於樣區捕捉陸生渦蟲，進行分類，並採用橙五線陸生渦蟲為主要研究生物。
2. 模擬橙五線陸生渦蟲平時環境於飼養箱 A 內，放置落葉、並放置水杯於箱中，每次 20ml，維持其溼度於 RH80%。
3. 提供獵物（兩天 1 次，每次 1 隻），保持陸生渦蟲正常生理狀況。
4. 探討利於陸生渦蟲生長與棲息之環境，並以表格呈現。

(五) 定義頭部彎曲

1. 以數位顯微鏡（倍率：30x）拍攝陸生渦蟲廣頭部，並觀察其頭部彎曲行為。
2. 從其頭部彎曲行為，討論並定義陸生渦蟲廣頭部彎曲方式。



圖三、橙五線陸生渦蟲爬行時廣頭部拍攝圖。

(六) 探討陸生渦蟲最主要的頭部彎曲方式

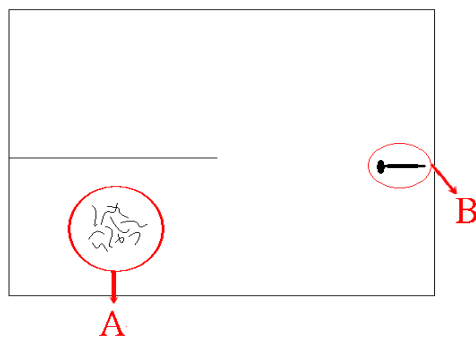
1. 以數位顯微鏡（倍率：30x）觀察橙五線陸生渦蟲廣頭部彎曲行為。
2. 使用數位顯微鏡的攝影功能，記錄其一天內最主要的頭部彎曲方式，再用圓餅圖表示，並以之後實驗探討出現時機。

二、觀察橙五線陸生渦蟲在各環境下行為模式與廣頭部彎曲之主要功能

(一) 探討獵物對橙五線陸生渦蟲廣頭部之影響

1. 觀察陸生渦蟲廣頭部接近獵物之行為

- (1) 使用一飼養箱 B，以噴霧器噴水，並以溼度計測量，保持溼度於 RH80%，並從中間處至飼養箱邊界設置隔區（圖四）。
- (2) 集中放置 10 隻線蟲於飼養箱隔區左處之中央。
- (3) 分次置入橙五線陸生渦蟲，觀察其在飼養箱中的頭部彎曲行為，並以 5 分鐘為單位，每單位更換一隻橙五線陸生渦蟲，每一橙五線陸生渦蟲實驗 30 次，為避免其因覓食過多而產生實驗誤差，每一橙五線陸生渦蟲皆在實驗後休息 60 分鐘再進行實驗。
- (4) 以數位顯微鏡（倍率：30x）觀察陸生渦蟲對線蟲的感應行為，探討獵物對橙五線陸生渦蟲廣頭部之影響，並以示意圖呈現。



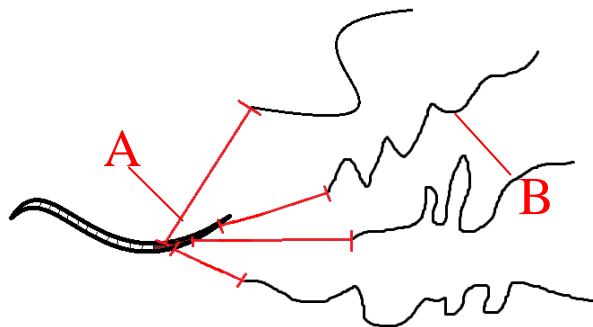
圖四、探討獵物對陸生渦蟲廣頭部影響實驗之示意圖

(A：線蟲 10 隻，B：橙五線陸生渦蟲)。

2. 觀察橙五線陸生渦蟲廣頭部探測獵物範圍

在觀察期間，發現到橙五線陸生渦蟲探測獵物時，會有廣頭部彎曲的情形，且到達一定的範圍內便會有固定的彎曲方式並以直線前進，因此我們推測牠有一定的獵物探測範圍。

- (1) 將橙五線陸生渦蟲置入飼養箱 B，讓其自由爬行到放有 10 隻線蟲的線蟲區，並探討其頭部彎曲的時機及距離。
- (2) 觀察橙五線陸生渦蟲前往獵物的直線距離，統計出橙五線陸生渦蟲廣頭部偵測獵物的最大距離。



圖五、橙五線陸生渦蟲探測獵物距離示意圖（A：感應獵物後移動路線，B：原移動路線）。

3. 統計覓食獵物時橙五線陸生渦蟲所使用的彎曲形

綜合以上實驗的結果，我們在實驗出來橙五線陸生渦蟲在覓食獵物時，會使用相同的彎曲形。因此我們在最遠距離裡，統計出在覓食獵物時，橙五線陸生渦蟲最主要探測獵物的廣頭部彎曲形。

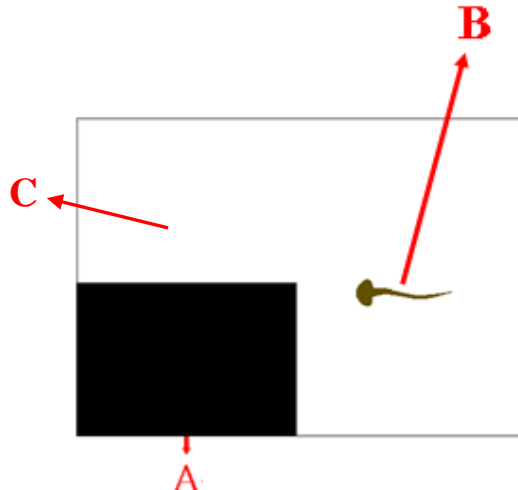
(二) 探討橙五線陸生渦蟲廣頭部探測明亮與陰影之功能

經觀察陸生渦蟲在落葉中休息後，初步推測橙五線陸生渦蟲可能較喜愛陰暗的環境，為了證明此一推論，進行了此實驗：

1. 觀察陸生渦蟲廣頭部探測明亮與陰影之行為

(1) 於飼養箱 B 中設置兩種亮度環境，一邊以黑色膠帶遮光，一邊則無，以噴霧器噴水，並以溼度計測量及控制其溼度 (RH80%) (圖六)，分次置入橙五線陸生渦蟲於飼養箱，觀察其在飼養箱中的頭部彎曲行為，並以 5 分鐘為單位，每單位更換一隻橙五線陸生渦蟲，每一橙五線陸生渦蟲實驗 30 次。

(2) 以數位顯微鏡 (倍率：30x) 觀察每隻橙五線陸生渦蟲於不同亮度的感應與頭部彎曲差異，並以錄影記錄，再以示意圖呈現。



圖六、分區亮度實驗之實驗箱示意圖 (A：暗區，B：橙五線陸生渦蟲，C：亮區)。

2. 觀察陸生渦蟲廣頭部探測光度範圍

在觀察期間，發現到橙五線陸生渦蟲探測光度時，會在一定距離開始使用彎曲形，推測牠會有一定的探測範圍。

(1) 將橙五線陸生渦蟲置入飼養箱 B，讓其自由爬行至陰暗區，並探討其頭部彎曲的時機及距離。

(2) 觀察陸生渦蟲使用上下形時，距離陰暗區的直線距離，記錄其探測光度的最遠距離。

3. 觀察探測光度時橙五線陸生渦蟲所使用的彎曲形

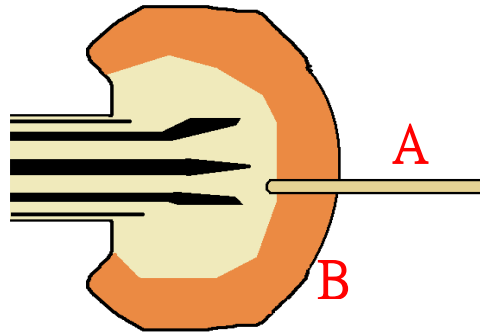
(1) 綜合橙五線陸生渦蟲廣頭部探測光度範圍之實驗結果。

(2) 統計出在探測光度時，橙五線生渦蟲最主要用來探測明亮區和陰影區的廣頭部彎曲形。

(三) 觀察橙五線陸生渦蟲蟲體遭攻擊時廣頭部之反應

在自然環境中，陸生渦蟲會遭外物的攻擊，為了探討橙其廣頭部反應，進行以下實驗：

1. 將橙五線陸生渦蟲移至實驗用飼養箱 B，讓橙五線陸生渦蟲於布滿落葉的透明飼養箱中自由爬行。
2. 於其爬行時，我們選擇表面平滑的攪拌棒觸碰橙五線陸生渦蟲廣頭部，以數位顯微鏡（倍率：30x）觀察感應攻擊之行為。
3. 以錄影記錄，再以示意圖呈現。



圖七、以攪拌棒戳擊橙五線陸生渦蟲蟲體示意圖（A：攪拌棒，B：橙五線陸生渦蟲）。

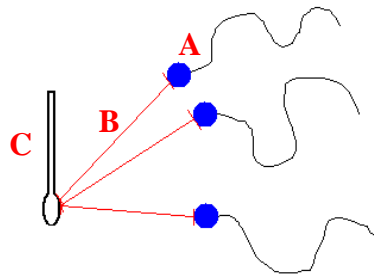
(四) 觀察橙五線陸生渦蟲廣頭部懸空反應之功能

在觀察時，發現橙五線陸生渦蟲在覓食獵物前會將廣頭部舉起探測，我們認為這一行為為廣頭部懸空，為了探討此一行為，進行了廣頭部懸空的實驗：

1. 觀察陸生渦蟲廣頭部懸空時之行為
 - (1) 在飼養箱中讓橙五線陸生渦蟲在落葉上爬行，並以噴霧器噴水，用溼度計測量並固定飼養箱的溼度（RH80%）。
 - (2) 分次置入橙五線陸生渦蟲於飼養箱，觀察其在飼養箱中的頭部彎曲行為，並以 5 分鐘為單位，每單位更換一隻橙五線陸生渦蟲，每一橙五線陸生渦蟲實驗 30 次。
 - (3) 以數位顯微鏡（倍率：30x）觀察橙五線陸生渦蟲廣頭部離開葉緣時的彎曲行為，並錄影記錄再以示意圖表示。
2. 觀察陸生渦蟲廣頭部探測獵物味道範圍

我們發現到橙五線陸生渦蟲探測獵物味道時，會在一定距離開始使用彎曲形，因此我們推測牠有一定的探測範圍。

 - (1) 在飼養箱內放置一已經沾有獵物味道的棉花棒，使陸生渦蟲在飼養箱內爬行至有獵物未到的棉花棒。
 - (2) 記錄橙五線陸生渦蟲開始探測獵物味道的最遠距離。



圖八、陸生渦蟲探測獵物味道距離示意圖（A：開始使用左右形的地點，B：距離獵物味道源的直線距離，C：獵物位置）。

3. 觀察探測獵物味道時橙五線陸生渦蟲所使用的彎曲形

(1) 綜合以上實驗結果。

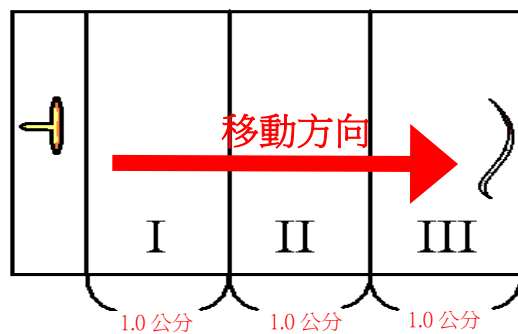
(2) 在橙五線陸生渦蟲探測的最遠距離，統計在探測獵物味道時，橙五線生渦蟲最主要用的廣頭部彎曲形。

三、觀察陸生渦蟲使用各種廣頭部彎曲之分區頻率

從前項實驗結果中發現，陸生渦蟲主要的彎曲方式有波浪形、上下形以及左右形。波浪形彎曲多在覓食獵物時採用；左右形彎曲則是感應攻擊以及懸空；而上下形彎曲多出現於感應光源。之後，我們探討其接近獵物、感應獵物味道以及光源採取彎曲形的反應頻率。

(一) 實驗橙五線陸生渦蟲覓食獵物時使用波浪形的頻率

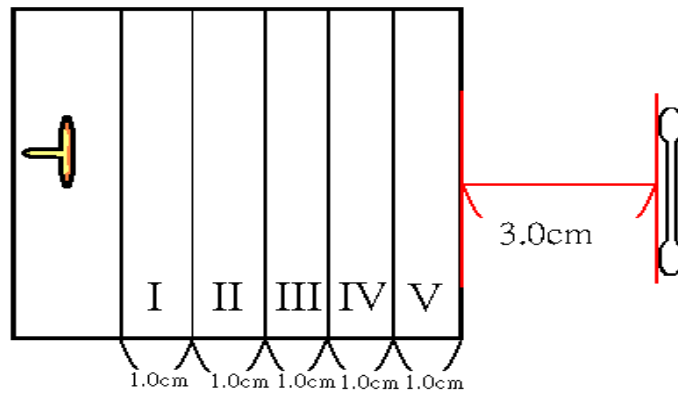
1. 將橙五線陸生渦蟲置於一飼養箱 A 中，並將飼養箱以靠獵物的距離不同分為三區，每區 1 公分（圖九）。
2. 觀察橙五線陸生渦蟲使用波浪形彎曲的情形，在三個區域內分別用次數/秒數計算出使用彎曲形頻率。
3. 記錄橙五線陸生渦蟲各位置產生反應的差異。



圖九、陸生渦蟲接近獵物使用波浪形彎曲頻率實驗示意圖。

(二) 實驗橙五線陸生渦蟲探測獵物味道使用左右形的頻率

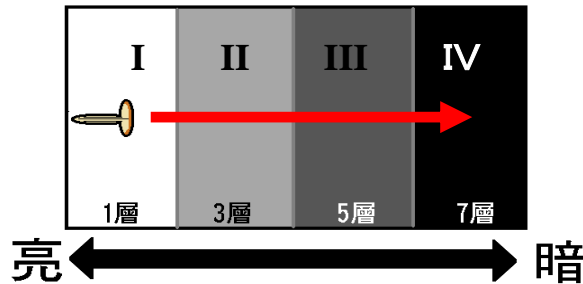
1. 將橙五線陸生渦蟲置於一飼養箱 A 中，並將飼養箱以靠近獵物的距離不同分為四區。
2. 觀察橙五線陸生渦蟲使用左右形彎曲探測獵物味道的情形，在四個區域內分別計算出使用彎曲形頻率。
3. 記錄橙五線陸生渦蟲各位置產生反應頻率的差異。



圖十、陸生渦蟲接近棉花棒（獵物味道）使用左右形彎曲頻率實驗示意圖。

(三) 實驗橙五線陸生渦蟲探測光源使用上下形的頻率

1. 將橙五線陸生渦蟲置於貼上玻璃紙的飼養箱 A 中，並將飼養箱以玻璃紙層數不同分為四區。
2. 觀察橙五線陸生渦蟲使用上下形彎曲的情形，在四個區域內分別計算出使用彎曲形之頻率。
3. 記錄橙五線陸生渦蟲各位置產生反應頻率的差異。



圖十一、陸生渦蟲使用上下形彎曲頻率實驗示意圖。

四、探討橙五線陸生渦蟲頭部彎曲之神經分布

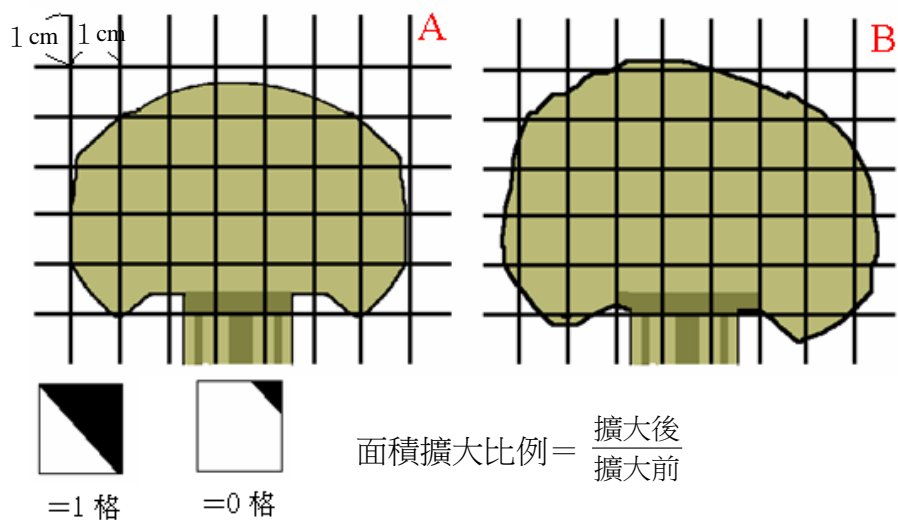
(一) 探討橙五線陸生渦蟲廣頭部面積變化的情形

1. 統整實驗中橙五線陸生渦蟲廣頭部擴大情形，以數位顯微鏡（倍率：30x）錄影及觀察其廣頭部。
2. 以數位顯微鏡（倍率：30x）觀察其廣頭部面積變化情形。

(二) 探討橙五線陸生渦蟲廣頭部面積變化之比例

在網路資料（Scolarpedia，2008）中得知渦蟲綱生物擁有神經系統，因此我們推測橙五線陸生渦蟲擴大廣頭部的行為是由腦控制神經帶動受器並感應，為了證實以上推論，針對陸生渦蟲**覓食獵物**、**探測獵物味道**、**探測光度**和**探測攻擊時**進行以下實驗：

1. 以數位顯微鏡（倍率：30x）拍攝橙五線陸生渦蟲廣頭部。
2. 將拍攝之照片放大至 A4 紙大小。
3. 以單位 1cm^2 的方格紙測量廣頭部所含面積。
4. 計算橙五線陸生渦蟲廣頭部擴大比例，並以圖表呈現。
5. 藉由擴大比例，推測陸生渦蟲的神經分布。



圖十二、以方格紙計算陸生渦蟲廣頭部面積示意圖（A：擴大前，B：擴大後）。

五、驗證橙五線陸生渦蟲的廣頭部受器分布

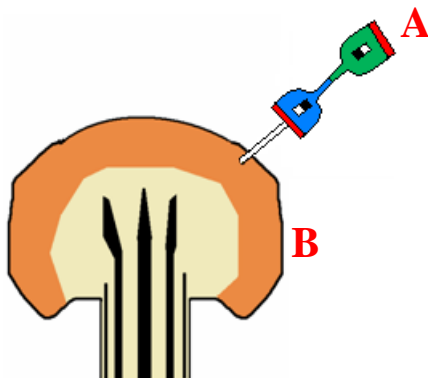
（一）自製單線手電筒檢查橙五線陸生渦蟲廣頭部感測光度之受器分布

1. 自製單線光手電筒

- （1）取一手電筒，並使用多層紙將手電筒的光源處全部包覆。
- （2）將紙包緊燈光處，在中心點刺一直徑 0.5 毫米的洞，使光能直線射出。

2. 檢測陸生渦蟲感應光度的受器分布位置

- （1）將橙五線陸生渦蟲置於飼養箱 A 中，用鑷子固定彎曲軸。
- （2）關閉周圍光源，使用自製單線光手電筒在距離 1cm 處將直線光線投在橙五線陸生渦蟲廣頭部上。
- （3）記錄橙五線陸生渦蟲產生反應的位置，將每隻陸生渦蟲反應的位置進行對照，藉以推測橙五線陸生渦蟲廣頭部受器位置和區域，並以示意圖呈現。



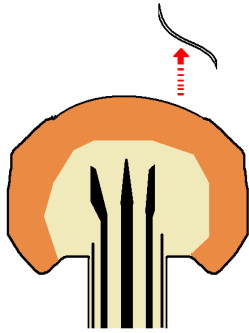
圖十三、檢測陸生渦蟲廣頭部感應光度受器實驗示意圖。

（二）運用生物檢測（Bioassay）檢查橙五線陸生渦蟲廣頭部感應獵物之受器分布

經由文獻（林南慧等，2003）得知陸生渦蟲的主要食物是線蟲和蚯蚓，因此我們取線蟲，對陸生渦蟲的廣頭部進行生物檢測（Bioassay），檢驗陸生渦蟲廣頭部受器的分佈。

1. 將橙五線陸生渦蟲置於一飼養箱 A 中，並使用鑷子固定橙五線陸生渦蟲彎曲軸。
2. 用鑷子夾取線蟲，將線蟲置於蟲體之廣頭部前方 3cm 處。

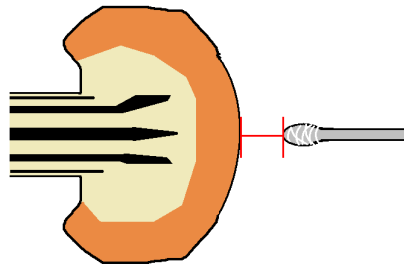
3. 記錄橙五線陸生渦蟲產生反應的部位，將每隻陸生渦蟲反應的位置重疊，藉以推測橙五線陸生渦蟲廣頭部感覺獵物神經、受器的位置和區域。



圖十四、檢測陸生渦蟲廣頭部感應獵物受器實驗示意圖。

(三) 利用生物檢測 (Bioassay) 檢查橙五線陸生渦蟲廣頭部感應獵物味道之受器分布

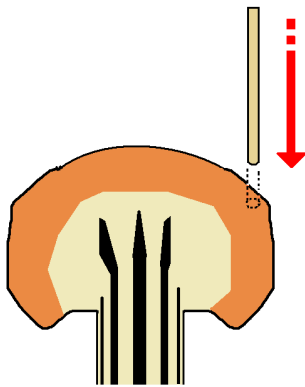
1. 將橙五線陸生渦蟲置於一飼養箱 A 中，並使用鑷子固定橙五線陸生渦蟲彎曲軸。
2. 用沾取過獵物味道的棉花棒置於橙五線陸生渦蟲之廣頭部前方 1cm 處。
3. 記錄橙五線陸生渦蟲產生反應的部位，將每隻陸生渦蟲反應的位置重疊，藉以推測橙五線陸生渦蟲廣頭部感覺獵物受器的位置和區域。



圖十五、檢測陸生渦蟲廣頭部感應獵物味道受器實驗示意圖。

(四) 檢查橙五線陸生渦蟲廣頭部感應壓覺受器神經分布

1. 將橙五線陸生渦蟲置於一飼養箱 A 中，並用鑷子固定橙五線陸生渦蟲彎曲軸。
2. 用攪拌棒置於橙五線陸生渦蟲廣頭部上方 1 公分，以墜落的方式使表面平滑的攪拌棒觸擊其廣頭部。
3. 記錄橙五線陸生渦蟲產生反應的位置，將每隻陸生渦蟲反應的位置重疊，藉以推測橙五線陸生渦蟲廣頭部感應壓覺受器位置和區域。



圖十六、檢查陸生渦蟲廣頭部感應壓覺受器實驗示意圖(箭號表示攪拌棒落下)。

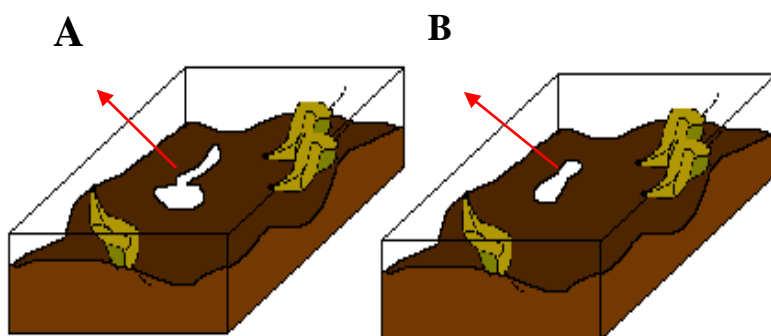
六、比較不同種廣頭地科陸生渦蟲頭部彎曲與功能差異

我們捕捉了兩種陸生渦蟲，由其在相同環境下的廣頭部彎曲方式，觀察不同種陸生渦蟲的彎曲功能。在一透明布滿落葉的飼養箱內，以數位顯微鏡（倍率：30x）觀察陸生渦蟲（*Diversibipalium sp. 10*）、橙五線陸生渦蟲的頭部彎曲情形，並比較其彎曲方式及功能之差異性。

七、探討陸生渦蟲廣頭部對本身個體的利弊

（一）比較廣頭地科陸生渦蟲

在捕捉陸生渦蟲時發現有許多陸生渦蟲廣頭部並不完整，所以我們以有完整廣頭部陸生渦蟲及無廣頭部之陸生渦蟲，觀察其差異，推測陸生渦蟲廣頭部之功能並探討陸生渦蟲頭部彎曲對其生存之影響。



圖十七、比較有無廣頭部陸生渦蟲實驗之示意圖

（A：完整廣頭部陸生渦蟲，B：無廣頭部陸生渦蟲）。

（二）廣頭部復育計畫

捕捉回來的陸生渦蟲除了進行有無廣頭部功能之比較，另外也對其進行廣頭部復育計畫。

1. 將無完整廣頭部的陸生渦蟲置於飼養箱 A。
2. 使溼度達 RH80%、溫度 23°C，每兩天給予一隻線蟲當作獵物，直至其廣頭部能進行探測功能為止。

伍、研究結果

一、研究陸生渦蟲之基本生物學知識

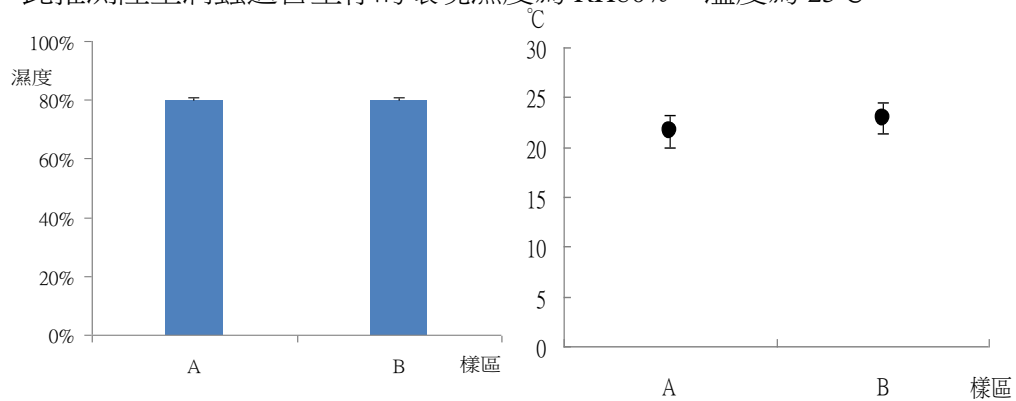
（一）文獻探討

動物界 (Animalia)，扁形動物門 (Platyhelminthes)，渦蟲綱 (Turbellaria)，Seriata 目，廣頭地渦蟲科 (Bipaliidae)，笄渦蟲屬 (*Bipalium*)，橙五線陸生渦蟲 (*Bipalium aurantiacus*)。

從文獻（林南慧等，2003）得知，陸生渦蟲體長約 10 到 100 毫米，頭部呈扇狀，身體扁平；陸生渦蟲多生長於陰暗潮濕的地方，但太過潮濕牠也無法適應。牠以土壤中的小動物和有機物為食。由文獻（吳錫圭等，2005）發現，陸生渦蟲的廣頭部可辨識方向和感應，進而選擇適合陸生渦蟲生存之環境，實驗將針對這些問題，設計且進行實驗，了解廣頭部會採用何種應對方式。

(二) 設立樣區

樣區 A 屬於泥土土質，平均濕度是 $RH80\% \pm 1.05\%$ 、平均溫度是 $23.1^{\circ}\text{C} \pm 1.56^{\circ}\text{C}$ 。
樣區 B 屬於紅土土質，平均濕度是 $RH80\% \pm 1.4\%$ 、平均溫度是 $22.8^{\circ}\text{C} \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 。因此推測陸生渦蟲適合生存的環境濕度為 $RH80\%$ 、溫度為 23°C 。



圖十八、捕捉陸生渦蟲之樣區濕度、溫度統計圖。



圖十九、捕捉陸生渦蟲之樣區示意圖 (A：籃球場樹下，B：烤肉區)。

(三) 分類及命名陸生渦蟲

我們所研究的陸生渦蟲主要是橙五線陸生渦蟲 (*B. aurantiacus*)。從前人文獻中發現此種陸生渦蟲尚未被命名，原為陸生渦蟲 (*Diversibipalium sp.11*)。由於此種陸生渦蟲蟲體具五條黑色線條及偏橘色之廣頭部及尾部，因此我們將其命名為橙五線陸生渦蟲。



圖二十、橙五線陸生渦蟲於落葉休息照 (倍率：30x)。

(四) 飼養並模擬橙五線陸生渦蟲之生長環境

由於陸生渦蟲需有乾淨的土壤及落葉、環境及適當的水分才能生存，且由文獻（吳錫圭等，2005）得知陸生渦蟲屬於環境指標生物，一旦環境有些許汙染，便會造成陸生渦蟲的死亡。我們使用飼養箱 A 飼養陸生渦蟲，飼養箱內的落葉，以採集到陸生渦蟲的棲息地之落葉布置，並定期給予水分，每日噴水三次，每次 5ml，維持環境的濕度於 RH80%，兩天也給予 1 隻線蟲當作獵物，並每兩週更換一次落葉。

表二、模擬陸生渦蟲適合之生活環境

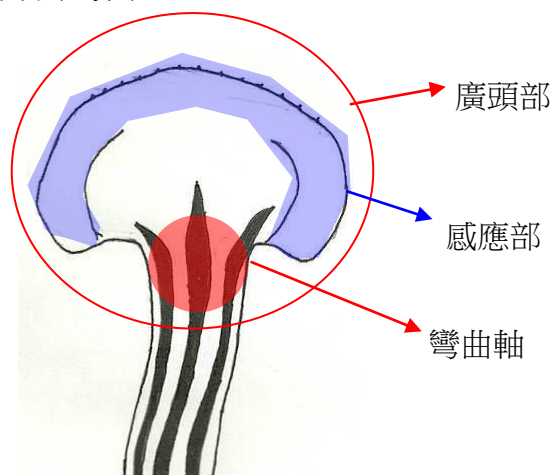
陸生渦蟲適合環境	
土質	泥土
溼度	RH80%
溫度	24°C±0.5°C



圖二十一、飼養陸生渦蟲之基本環境照片。

(五) 定義頭部彎曲

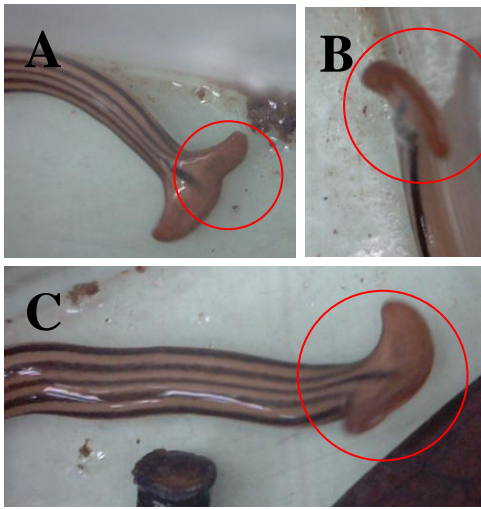
經由觀察及實驗，發現橙五線陸生渦蟲主要以頸部作為彎曲軸來進行頭部彎曲（圖二十二）。因此以彎曲軸進行彎曲的行為以及廣頭部之感應部有彎曲，即定義為頭部彎曲。



圖二十二、定義廣頭部彎曲之手繪圖。

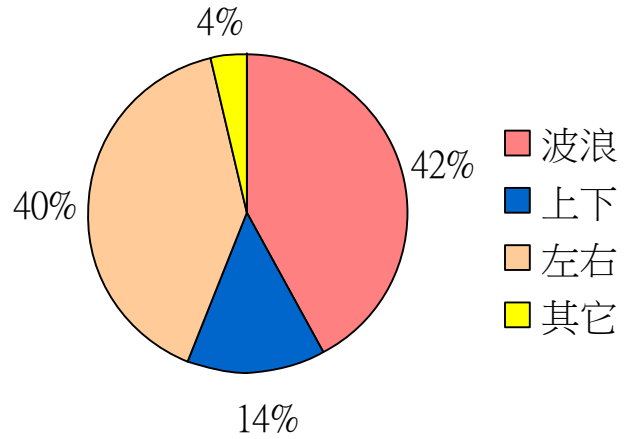
(六) 探討橙五線陸生渦蟲最主要的頭部彎曲方式

從實驗中發現，橙五線陸生渦蟲主要的頭部彎曲方式分為三大類：**波浪形**、**左右形**及**上下形**彎曲，其他彎曲方式多是短暫出現後便不再觀察到，因此實驗主要探討其三種彎曲方式之功能。



圖二十三、橙五線陸生渦蟲廣頭部彎曲圖

(A：波浪形，B：左右形，C：上下形)。



圖二十四、橙五線陸生渦蟲各種廣頭部彎曲方式統計圖。

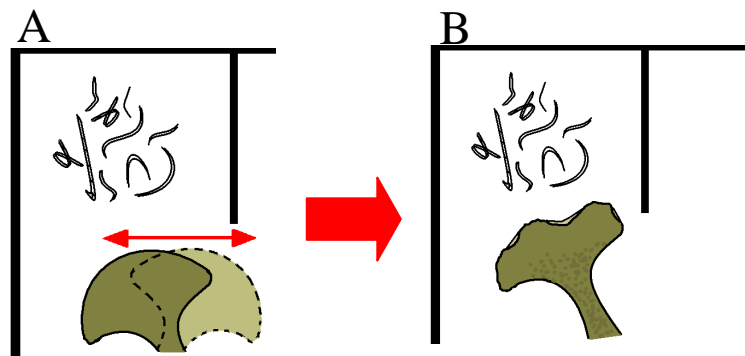
二、觀察橙五線陸生渦蟲在各環境下行為模式與廣頭部彎曲之主要功能

(一) 探討獵物對橙五線陸生渦蟲廣頭部之影響

1. 觀察陸生渦蟲廣頭部接近獵物之行為

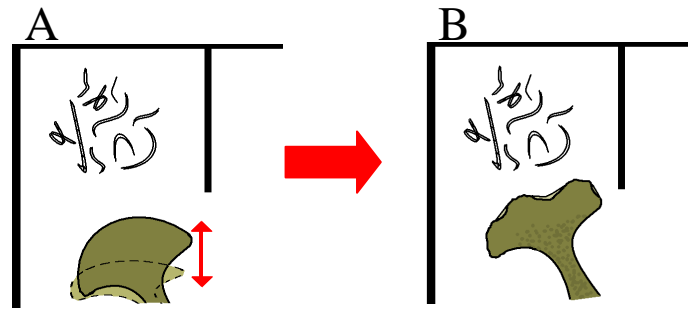
在無土壤環境，橙五線陸生渦蟲會以**波浪形**彎曲往線蟲區前進，橙五線陸生渦蟲以波浪形彎曲從飼養箱一端爬向線蟲區，最後包覆線蟲捕食完畢：

(1) 狀況一：先以左右形探測，再以波浪形往線蟲區前進，最後把線蟲捕食（圖二十五）。



圖二十五、陸生渦蟲向線蟲區爬行示意圖（一）（A：以左右形確認線蟲位置，B：以波浪形向線蟲位置前進）。

(2) 狀況二：先以上下形探測，之後再以波浪形彎曲往線蟲區前進（圖二十六）。



圖二十六、陸生渦蟲向線蟲區爬行示意圖(二)(A：先以上下形彎曲，
B：以波浪形向線蟲位置前進)。

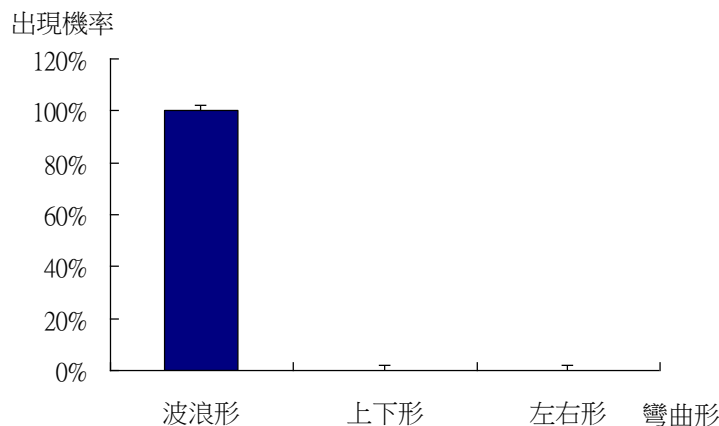
(3) 狀況三：以波浪形彎曲往有線蟲區前進。

2. 觀察橙五線陸生渦蟲廣頭部探測獵物範圍

實驗結果發現，陸生渦蟲在靠近獵物前會先使用左右形，而在平均 3 公分處會開始使用波浪形朝獵物前進並覓食。因此推測陸生渦蟲探測獵物範圍之距離平均為 3 ± 0.8 公分。

3. 統計覓食獵物時橙五線陸生渦蟲所使用的彎曲形

由以上實驗得知，橙五線陸生渦蟲都會在距離獵物 3 公分內使用同種彎曲形前往獵物的確切位置，由圖表發現橙五線陸生渦蟲是以波浪形彎曲探測線蟲所在，使用機率为 $100\% \pm 2\%$ (圖二十七)。



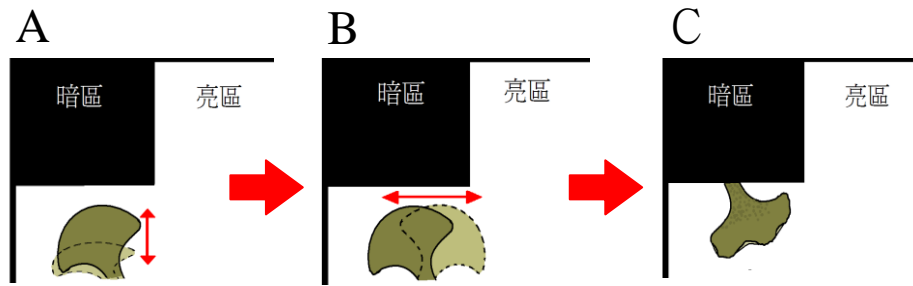
圖二十七、橙五線陸生渦蟲探測獵物時各種彎曲形出現機率圖。

(二) 探討橙五線陸生渦蟲廣頭部探測明亮與陰影之功能

1. 觀察陸生渦蟲廣頭部探測光度之行為

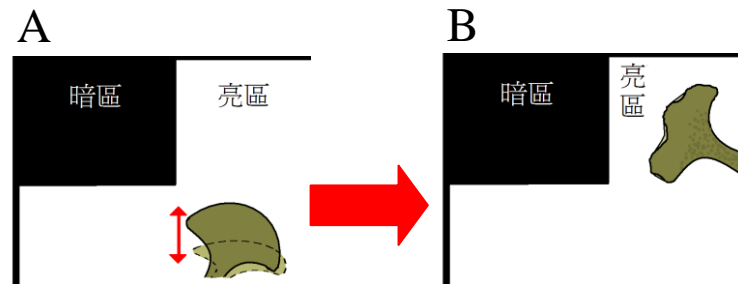
從實驗中發現，不同隻橙五線陸生渦蟲在不同光度的環境中，頭部彎曲行為皆會使用上下形：

(1) 狀況一：在進入飼養箱後，會先以上下形彎曲探測環境及使用左右形彎曲移動。當橙五線陸生渦蟲進入暗區後，會出現波浪形及左右形的爬行方式，最後再以波浪形爬行方式爬出暗區 (圖二十八)。



圖二十八、陸生渦蟲向暗區彎曲示意圖（一）（A：以上下形彎曲探測環境亮度，B：以左右形向暗區前進，C：以波浪形彎曲爬出）。

(2) 狀況二：進入飼養箱後，先以上下形彎曲探測環境，進入亮區後，以波浪形和上下形移動後，之後再往暗區移動，並以上下形彎曲（圖二十九）。



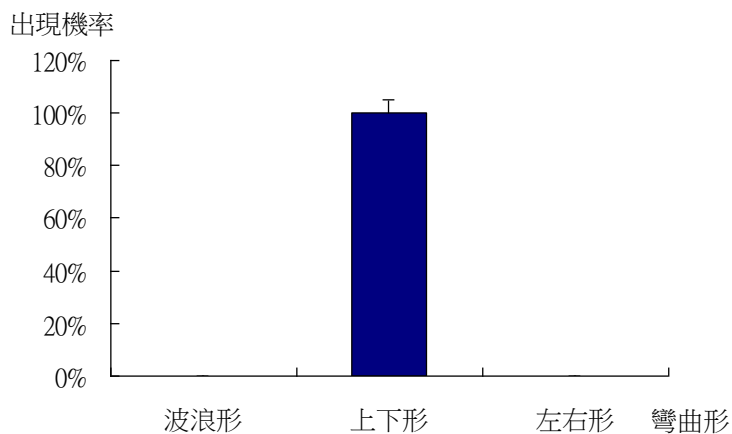
圖二十九、陸生渦蟲以波浪形彎曲向暗區爬行示意圖（三）（A：以上下形向亮區前進，B：以波浪形彎曲向暗區爬行）。

2. 觀察陸生渦蟲廣頭部探測光度範圍

經過實驗發現，每隻橙五線陸生渦蟲皆會使用同種彎曲形並前往暗區。每隻橙五線陸生渦蟲皆會在距離暗區 2.1 ± 0.72 公分的地方使用頭上下形。因此在統計其在探測明亮處和陰影處所使用的上下形機率時，就以 2.1 公分做為統計標準。

3. 觀察探測光度時橙五線陸生渦蟲所使用的彎曲形

由以上實驗得知，不同隻橙五線陸生渦蟲皆會在陰影處外 2.1 公分內使用同種彎曲形探測，接著前往陰暗處，由圖表可發現橙五線陸生渦蟲是以上下形彎曲探測陰暗處，使用機率為 $100\% \pm 6\%$ （圖三十）。

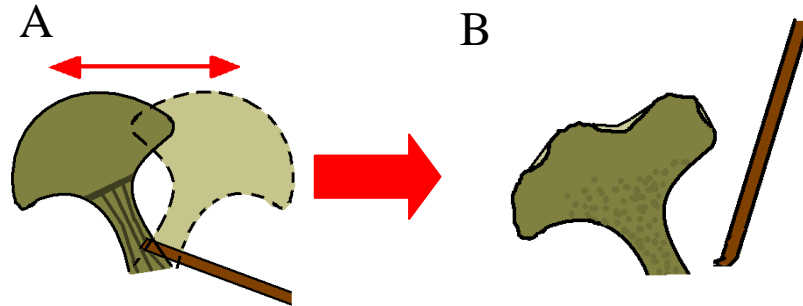


圖三十、橙五線陸生渦蟲探測亮度時各種彎曲形出現機率圖。

(三) 觀察橙五線陸生渦蟲蟲體遭攻擊時廣頭部之反應

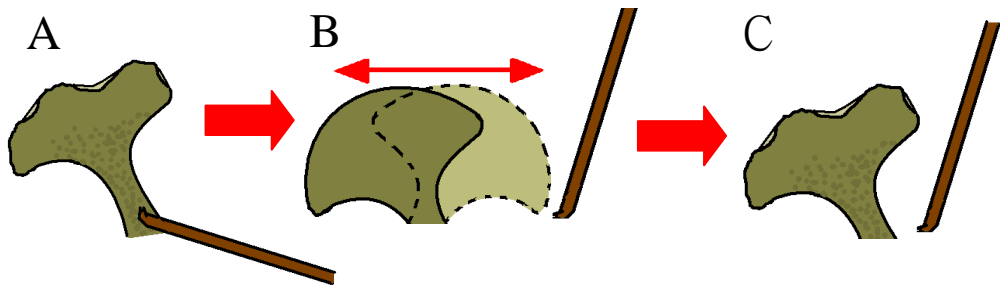
從實驗中，發現橙五線陸生渦蟲受到攻擊後，頭部彎曲以左右形彎曲居多，使用機率为 $74\% \pm 3.7\%$ (圖三十三)。

1. 狀況一：橙五線陸生渦蟲感應到攻擊時會以左右形彎曲反應，接著改採以波浪形探測及爬行 (圖三十一)。

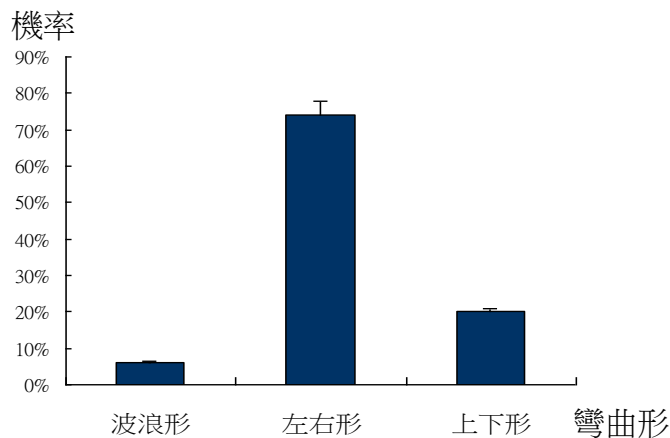


圖三十一、陸生渦蟲遭攻擊彎曲示意圖 (一) (A：遭攻擊時用左右形彎曲，B：以波浪形彎曲爬行)。

2. 狀況二：橙五線陸生渦蟲感應到攻擊時會先以波浪形彎曲，接著即進行左右形彎曲，並繼續以波浪形探測爬行 (圖三十二)。



圖三十二、陸生渦蟲遭攻擊彎曲示意圖 (二) (A：遭攻擊時使用波浪形彎曲，B：以左右形短暫移動，C：以波浪形爬行)。



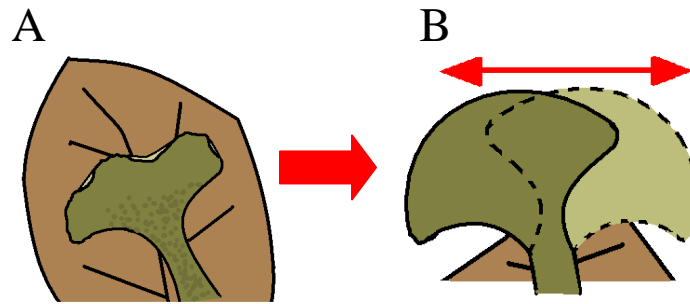
圖三十三、橙五線陸生渦蟲感應攻擊時各種彎曲形出現機率圖。

(四) 觀察橙五線陸生渦蟲廣頭部懸空反應之功能

1. 觀察陸生渦蟲廣頭部懸空時之行為

從實驗中發現，橙五線陸生渦蟲廣頭部離開葉緣後，頭部彎曲皆以左右形彎曲居多：

- (1) 狀況一：爬行到葉片邊緣時，以左右形彎曲探測，推測是為了探測空氣中獵物的味道而採用此彎曲情形（圖三十四）。



圖三十四、陸生渦蟲在葉緣彎曲示意圖（一）（A：以波浪形爬行至葉緣，B：以左右形彎曲感應）。

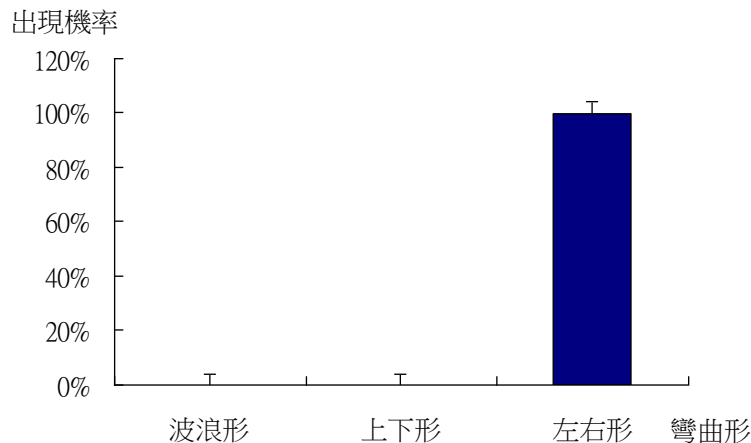
- (2) 狀況二：爬行到葉片邊緣時，以左右形彎曲探測，接著將廣頭部伸到下片葉片。

2. 觀察陸生渦蟲廣頭部探測獵物味道範圍

經過實驗發現，每隻橙五線陸生渦蟲皆會使用同一種彎曲形並前往獵物味道源頭。而每隻橙五線陸生渦蟲皆會在距離獵物味道 4.7 ± 0.5 公分的地方使用頭部彎曲。因此我們在觀察其在探測獵物味道所使用的頭部彎曲形時，就會以 4.7 公分做為統計標準。

3. 統計覓食獵物時橙五線陸生渦蟲所使用的彎曲形

由以上實驗得知，不同隻橙五線陸生渦蟲皆會在棉花棒外 4.7 公分內使用同種彎曲形探測，接著前往有獵物味道處，由圖表可發現橙五線陸生渦蟲是以左右形彎曲探測獵物味道，使用機率为 $100\% \pm 4\%$ （圖三十五）。

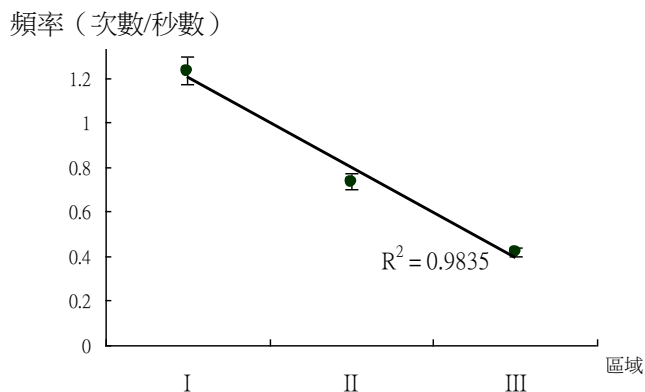


圖三十五、橙五線陸生渦蟲於葉緣時各種彎曲形出現機率圖。

三、觀察陸生渦蟲使用各種廣頭部彎曲之分區頻率

（一）實驗橙五線陸生渦蟲覓食獵物時使用波浪形的頻率

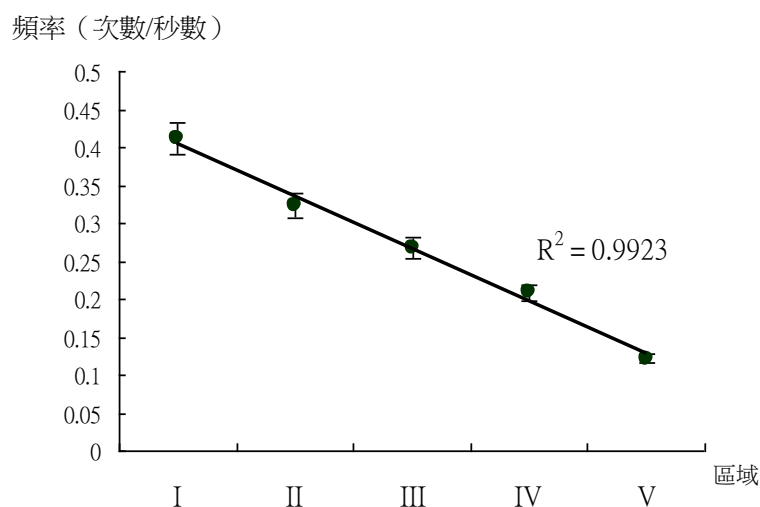
實驗結果發現：離獵物越近，橙五線陸生渦蟲使用波浪形頻率越低，在 III 區（距離獵物前方 1 公分處）使用頻率為 0.421 ± 0.0021 （次數/秒數）。



圖三十六、橙五線陸生渦蟲使用波浪形彎曲頻率統計圖 ($R^2=0.9835$)。

(二) 實驗橙五線陸生渦蟲探測獵物味道使用左右形的頻率

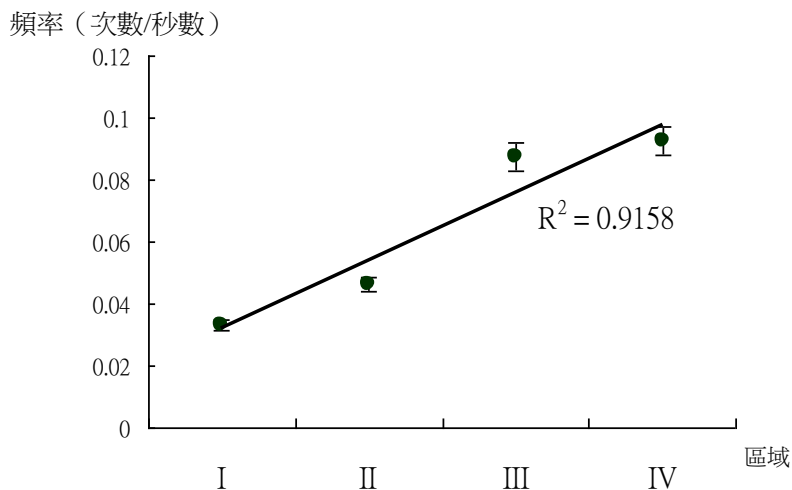
實驗結果發現：離獵物越近，橙五線陸生渦蟲使用左右形頻率越低，在 V 區使用頻率為 0.41 (次數/秒數) ± 0.006 (次數/秒數)。



圖三十七、橙五線陸生渦蟲使用左右形彎曲頻率統計圖 ($R^2=0.9923$)。

(三) 實驗橙五線陸生渦蟲探測光源使用上下形的頻率

實驗結果發現：亮度越低的地方，橙五線陸生渦蟲使用上下形頻率越高，在 IV 區 (亮度最低區) 使用頻率為 0.093 ± 0.0043 (次數/秒數)。



圖三十八、橙五線陸生渦蟲使用上下形彎曲頻率統計圖 ($R^2=0.9158$)。

四、探討橙五線陸生渦蟲頭部彎曲之神經分布

(一) 探討橙五線陸生渦蟲廣頭部面積變化的情形

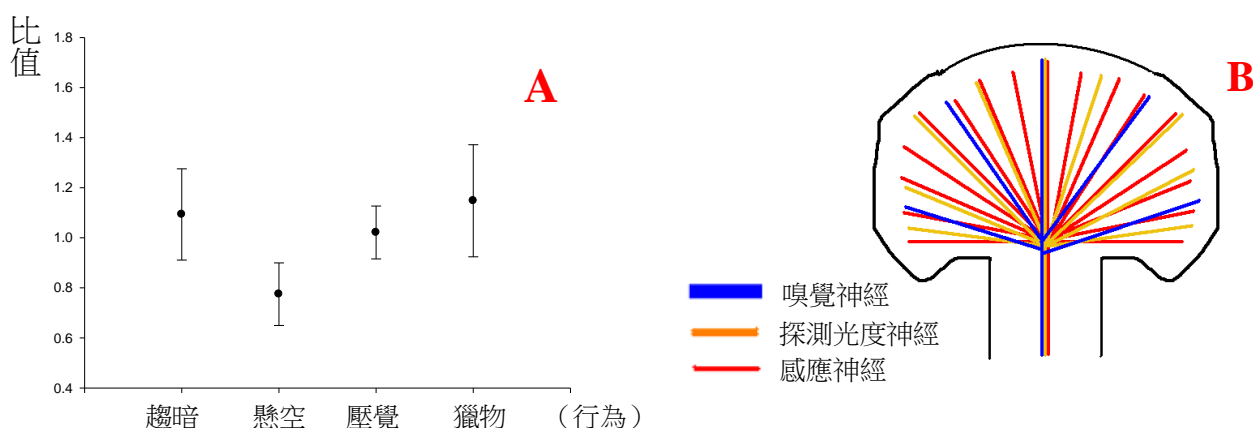
從觀察及實驗中，發現橙五線陸生渦蟲的廣頭部除了在休息時，皆會有擴大的行為。進而推測，橙五線陸生渦蟲的廣頭部是為了探測更大的範圍，因此產生**廣頭部面積擴大**之行為。



圖三十九、橙五線陸生渦蟲廣頭部面積擴大照片 (A：擴大前，B：擴大後)。

(二) 探討橙五線陸生渦蟲廣頭部面積變化之比例

從實驗中發現，橙五線陸生渦蟲在探測獵物時廣頭部面積擴大最多 (圖四十 A，平均擴大 114%)，由此也假設橙五線陸生渦蟲感應獵物的感覺神經在廣頭部裡的分布較密 (圖四十 B)，因此需要擴大廣頭部以減少重疊的部分，增加探測範圍。而在懸空時其廣頭部面積擴大最少 (圖四十 A，平均擴大 76%)，推測橙五線陸生渦蟲探測空氣中獵物味道的嗅覺神經分布較疏 (圖四十 B)。



圖四十、A：橙五線陸生渦蟲廣頭部擴大比率統計圖，B：陸生渦蟲推測廣頭部神經分布之示意圖。

五、驗證橙五線陸生渦蟲的廣頭部受器分布

(一) 自製單線手電筒檢查橙五線陸生渦蟲廣頭部感測光度之受器分布

1. 自製單線光手電筒

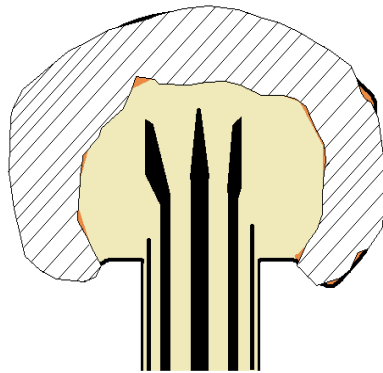
此自製手電筒可以直線的点狀光線打在橙五線路生渦蟲的廣頭部上。



圖四十一、自製單線光手電筒拍攝圖。

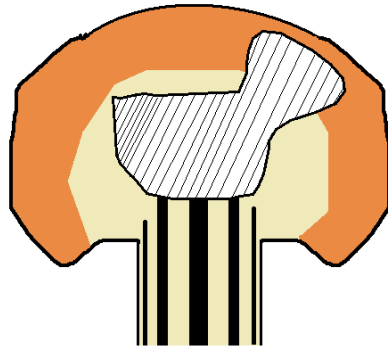
2. 檢測陸生渦蟲感應光度的受器分布位置

從圖四十二中發現，其廣頭部的感光受器多分布於前端，且其他範圍並無反應，這與教授提出廣頭部前端才分布有眼點相符，此外其在受到感應後，會有避開光源的現象。



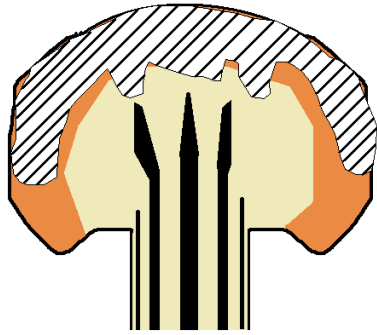
圖四十二、橙五線陸生渦蟲廣頭部感測光度受器分布圖。

(二) 運用生物檢測 (Bioassay) 檢查橙五線陸生渦蟲廣頭部感應獵物之受器分布經由實驗後發現，橙五線陸生渦蟲感應獵物的受器位置位於廣頭部中央及右上少部份區域 (圖四十三)。



圖四十三、橙五線陸生渦蟲廣頭部感測獵物受器分佈圖。

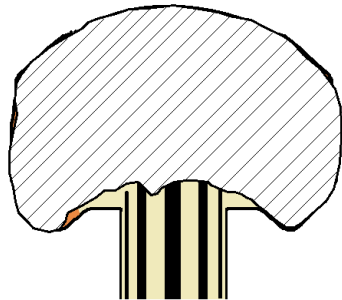
(三) 利用生物檢測 (Bioassay) 檢查橙五線陸生渦蟲廣頭部感應獵物味道之受器分布經過實驗後發現，橙五線陸生渦蟲廣頭部分布有探測獵物味道的受器，其位置位於廣頭部前緣 (圖四十四)。從實驗中發現，橙五線陸生渦蟲的廣頭部在探測時，會以前緣部份感應獵物味道。



圖四十四、橙五線陸生渦蟲廣頭部感測獵物味道受器分布圖。

(四) 檢查橙五線陸生渦蟲廣頭部感應壓覺受器神經分布

實驗後發現，橙五線陸生渦蟲的廣頭部皆分布有感應壓覺的受器（圖四十五）。發現橙五線陸生渦蟲的廣頭部只要一受攻擊，便可發現並採取立即的應對動作。

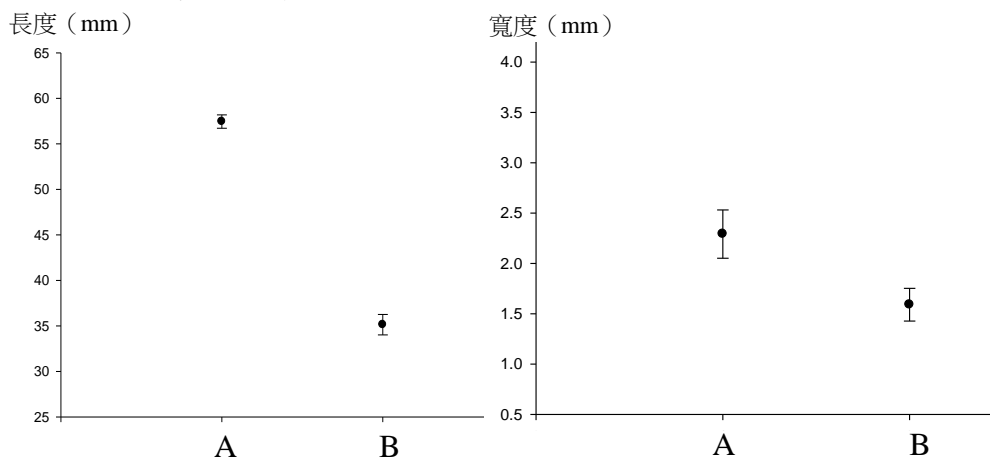


圖四十五、橙五線陸生渦蟲廣頭部感測攻擊受器分布圖。

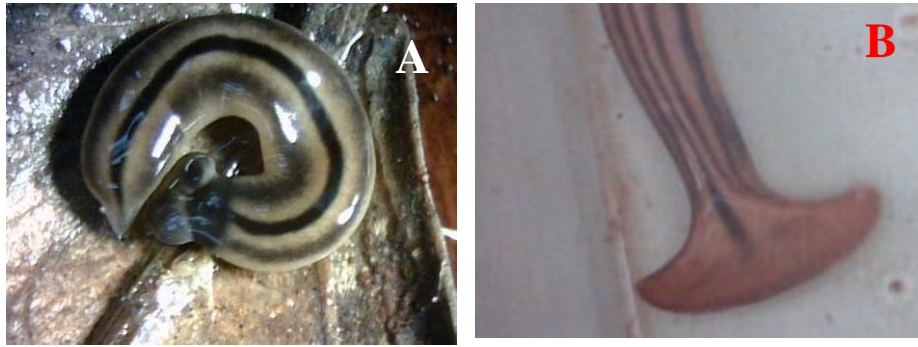
六、比較不同種廣頭地科陸生渦蟲頭部彎曲與功能差異

我們捕捉了二種陸生渦蟲：

- (一) 陸生渦蟲 (*Diversibipalium sp. 10*)：體型較小，平均長度為 $35.1 \pm 3.38\text{mm}$ ，廣頭部平均寬度為 $1.59 \pm 0.64\text{mm}^2$ ，廣頭部較橙五線陸生渦蟲小。
- (二) 橙五線陸生渦蟲 (*B. aurantiacus*)：廣頭部最大，平均長度為 $57.5 \pm 2.2\text{mm}$ ，廣頭部平均寬度為 $2.29 \pm 0.96\text{mm}^2$ ，面積變化明顯，實驗中發現在特定狀況下會有不同的彎曲方式。

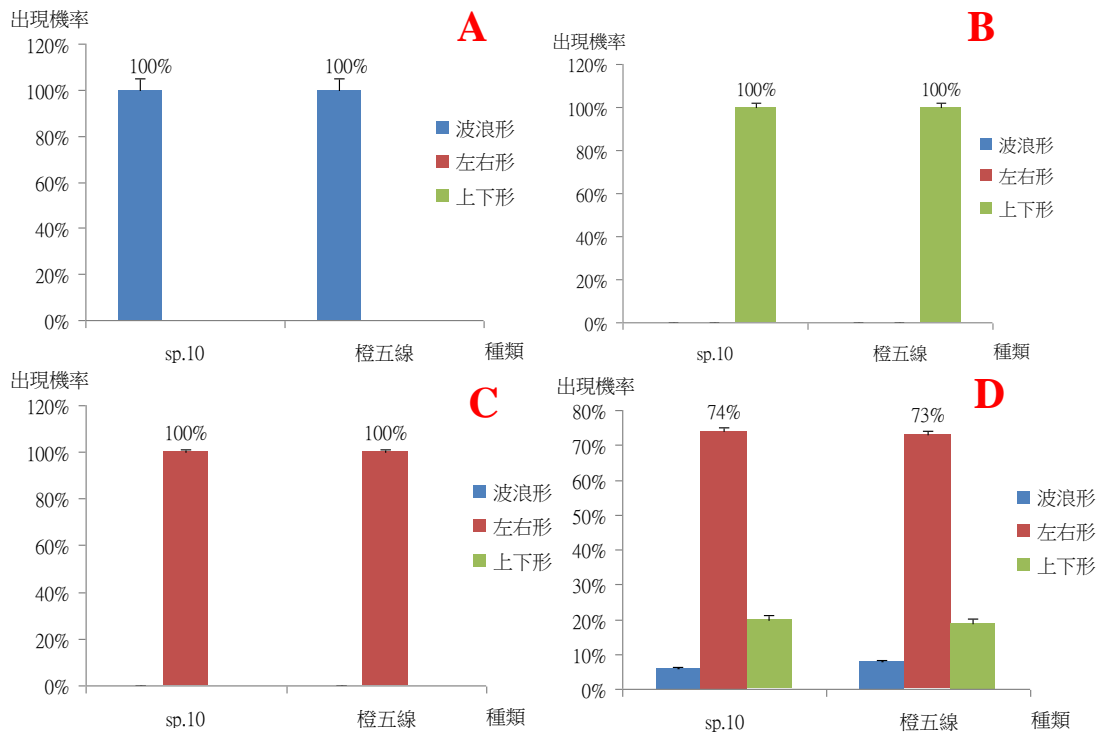


圖四十六、不同種陸生渦蟲長度、廣頭部寬度統計圖。〔A：橙五線陸生渦蟲，B：陸生渦蟲 (*Diversibipalium sp. 10*)〕。



圖四十七、不同種類陸生渦蟲之示意圖 (A: *Diversibipalium sp. 10*, B: *B. aurantiacus*)。

(三) 我們發現不同種類的陸生渦蟲，頭部彎曲差異不大 (圖四十八)。陸生渦蟲 (*Diversibipalium sp. 10*) 和橙五線陸生渦蟲 (*B. aurantiacus*) 使用波浪形彎曲的時機皆是在有獵物時較頻繁，所以推測不同種的陸生渦蟲會有相似的頭部彎曲方式。



圖四十八、不同種陸生渦蟲使用各種彎曲形之統計圖 (A: 覓食獵物時, B: 探測光度時, C: 探測獵物味道時, D: 探測攻擊時)。

七、探討陸生渦蟲廣頭部對本身個體的利弊

(一) 比較廣頭地科陸生渦蟲

經實驗後發現，陸生渦蟲在無法用到廣頭部時，便無法感應獵物、感應光度，如表三，因而影響陸生渦蟲的生存。且由於陸生渦蟲頭部彎曲可以帶動蟲體行動，所以無廣頭部後，行動也減緩。陸生渦蟲的廣頭部可幫助陸生渦蟲感應獵物、感應光度、感應壓覺及探測獵物味道，因此推測失去廣頭部後，陸生渦蟲無法尋找適合的生存環境，使生存受到阻礙。

表三、陸生渦蟲廣頭部功能差異比較表（+代表有此功能，-代表無此功能）

	有廣頭部	無廣頭部
探測獵物	+	-
感應光度	+	-
感應壓覺	+	+
探測空氣	+	+

（二）廣頭部復育計畫

經過實驗發現，在飼養箱中成功長出廣頭部的廣頭地科陸生渦蟲在廣頭部復原之後，廣頭部功能會恢復。能夠再度使用廣頭部彎曲探測獵物、探測光度。



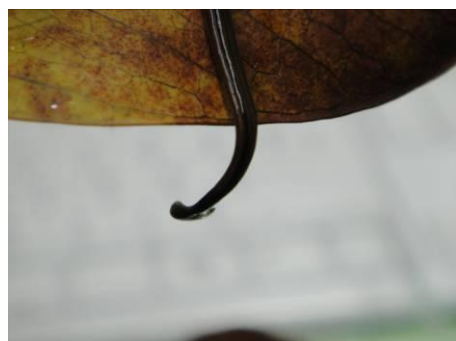
圖四十九、陸生渦蟲廣頭部復原示意圖（A：無廣頭部之陸生渦蟲，B：廣頭部復原之陸生渦蟲）。

陸、討論

- 一、在台灣陸生渦蟲初步研究（吳錫圭等，2005）中，得知陸生渦蟲屬於環境指標生物，必須要有乾淨的土壤、環境及適當的水分才能生存。實驗時，會將飼養箱內布置成捕捉到橙五線陸生渦蟲之環境，否則可能很容易造成陸生渦蟲死亡。文獻中也提到橙五線陸生渦蟲的最適濕度是RH80%，測試不同濕度的環境後，也發現橙五線陸生渦蟲在濕度RH80%的頭部彎曲出現機率最高。
- 二、在觀察時發現，橙五線陸生渦蟲有三種頭部彎曲方式。波浪狀的頭部彎曲，覓食獵物時採用，（圖五十）。左右形彎曲則多是出現在探測獵物味道時和探測攻擊時，（圖五十一）。而上下形彎曲則是多出現在感應光度時，（圖五十二）。因此將針對觀察中的發現，設計相關實驗，進而了解其彎曲主要功能及原因。



圖五十、陸生渦蟲使用波浪形之照片。



圖五十一、陸生渦蟲於葉緣使用左右形之照片。



圖五十二、陸生渦蟲使用上下形之照片。



圖五十三、陸生渦蟲廣頭部變形移動照。

三、在觀察期間發現，橙五線陸生渦蟲在爬行時會沿著邊緣爬行，並將廣頭部改變形狀移動，(圖五十三)，但牠的廣頭部不會直接接觸地面而會與地面保持一段距離，因此推測牠出現廣頭部形狀改變時，是為了使蟲體能夠隨著地形起伏移動。



四、我們發現在實驗過後，陸生渦蟲會將身體蜷曲，並休息一段時間，期間不會有明顯的活動及頭部彎曲，(圖五十四)。因此在實驗進行後，我們會隔20分鐘再進行下一個實驗，以降低實驗誤差。

圖五十四、陸生渦蟲於飼養箱休息之照片。

五、我們發現橙五線陸生渦蟲在感應有線蟲之土壤的實驗中，並不是所有橙五線陸生渦蟲都會利用波浪形彎曲往線蟲區前進，推測橙五線陸生渦蟲是先感應土壤環境再感應獵物，所以我們去除土壤的因素，另外設置無土壤之環境實驗，了解橙五線陸生渦蟲頭部彎曲對線蟲之感應。

六、在大自然的環境，由於可能會有陸生渦蟲相遇的情況發生，所以我們在飼養箱中觀察陸生渦蟲相遇的情形：

(一) 當不同種的陸生渦蟲 (*Diversibipalium sp. 10*) 和橙五線陸生渦蟲 (*B. aurantiacus*) 相遇時，並不會相碰，甚至會相互排斥，廣頭部也會彎曲避開另一隻陸生渦蟲，(圖五十五)。

(二) 當同種的橙五線陸生渦蟲 (*B. aurantiacus*) 和橙五線陸生渦蟲 (*B. aurantiacus*) 相遇時有排斥的現象，(圖五十六)。



圖五十五、陸生渦蟲和橙五線陸生渦蟲的排斥情形。



圖五十六、橙五線陸生渦蟲和橙五線陸生渦蟲的排斥情形。

- 七、在各種實驗後，發現每隻橙五線陸生渦蟲在實驗結果上會有些許差異。但從實驗結果也可得知，其行為相似。因此我們推測實驗中橙五線陸生渦蟲的行為差異和採用的探測行為，是橙五線陸生渦蟲個體上的差異所造成。
- 八、為了驗證橙五線陸生渦蟲所使用的左右形彎曲的功能，我們使用棉花棒來回摩擦獵物沾取獵物的味道，作為對照組，並置於飼養箱觀察陸生渦蟲的頭部彎曲行為。結果發現橙五線陸生渦蟲先在距離棉花棒直線距離較遠處也會採用左右形彎曲，由此可推知其左右形彎曲的功能即用來探測獵物味道。
- 九、藉由觀察橙五線陸生渦蟲廣頭部擴大之比例後，我們認為，如果廣頭部須擴大較大，表示其行為之感覺神經分布較密，所以需要擴大較多面積以使探測範圍增大；廣頭部擴大比率較小，則此行為感覺神經分布較為稀疏，所以廣頭部不需要擴大，就已具有較大的探測範圍。
- 十、在廣頭部復育計畫中，發現廣頭部剛復原的陸生渦蟲，其廣頭部顏色較淡。橙五線陸生渦蟲廣頭部剛復育完成時，顏色較偏向體色（米色），而陸生渦蟲 (*Diversibipalium sp. 10*) 的廣頭部剛復育完成時，顏色較偏向灰色，因此我們在觀察各種陸生渦蟲時，可藉由其廣頭部的顏色，推算其廣頭部是否處於最佳狀態。
- 十一、在實驗中，使用照相機較難清楚表現出橙五線陸生渦蟲廣頭部彎曲情形，照片上無法明顯看出左右形、上下形及波浪形彎曲，因此我們除了使用照相機記錄橙五線陸生渦蟲的彎曲情形，同時也使用數位顯微鏡進行錄影，更清楚看出橙五線陸生渦蟲廣頭部彎曲後的變化。
- 十二、生物檢測 (Bioassay) 定義為：採用一生物感應另一生物，觀察並測得另一生物反應。在受器實驗方面，因實驗較不便解剖陸生渦蟲以了解其感應受器與神經分布，因此實驗採用生物檢測 (Bioassay) 了解獵物對陸生渦蟲反應，並從陸生渦蟲反應處推得其感應獵物神經與受器分布，藉由此實驗將會更加了解其廣頭部受器範圍。
- 十三、在控制濕度方面，我們發現如果只是向飼養箱內進行噴水，無法使飼養箱保持溼度，因此改在其飼養箱中放置一小水杯，運用水杯裡水分的蒸發，保持水杯中的水分濕度，並定期以溼度計測量與噴水，維持其飼養箱內的濕度達到RH80%。
- 十四、在餵食橙五線陸生渦蟲獵物時，發現橙五線陸生渦蟲會環繞著獵物爬行，接著分泌大量黏液，並包覆獵物。初步推測，橙五線陸生渦蟲所分泌的大量黏液是用來捕食獵物。另外觀察不同種陸生渦蟲捕食情形也有類似的現象，推測廣頭地科陸生渦蟲的黏液皆擁有同樣功能（圖五十七）。



圖五十七、陸生渦蟲捕食後獵物殘渣分解圖 (4x)。

- 十五、在實驗過程中，發現橙五線陸生渦蟲對獵物的產生反應之實驗中，可能會有吃飽而影響實驗結果的情形發生，因此我們餵食橙五線陸生渦蟲獵物後，將橙五線陸生渦蟲所生活的飼養箱中放置獵物，觀察橙五線陸生渦蟲距離下次捕食的間隔時間。觀察後發現，橙五線陸生渦蟲每次捕食的間隔時間為 60 ± 5 分鐘，因此每次捕食獵物實驗後，距離下次實驗都會間隔60分鐘，以確保實驗的準確度。
- 十六、飼養陸生渦蟲時，將飼養箱內模擬成野生棲地，箱內放置樣區之落葉，並放置水杯維持濕度。但是發現在飼養過程中發現，箱內的落葉常常因為潮濕導致黴菌生長，枯木、樹皮腐爛進而影響到陸生渦蟲的生活環境衛生，為了保持飼養箱內的清潔，我們每兩個星期就會更換一次箱內落葉及枯木，使箱內環境達到乾淨狀態。
- 十七、在觀察橙五線陸生渦蟲廣頭部的細部構造時，我們使用數位顯微鏡進行實驗。但是發現一般數位顯微鏡所使用的黃色燈光會因為溫度過高而威脅橙五線陸生渦蟲生命，因此在使用數位顯微鏡進行觀察時我們會採用冷光燈進行實驗，提高實驗準確度並保持橙五線陸生渦蟲健康。
- 十八、在橙五線陸生渦蟲對獵物的實驗裡，我們放置了已死亡線蟲和尚未死亡的獵物。發現實驗時橙五線陸生渦蟲只會對尚未死亡的獵物進行捕食，而到了下一次進食後仍然不會捕食死亡的獵物。因此我們推測橙五線陸生渦蟲是以味道判斷其獵物位置，故牠並不會對死亡的獵物進行捕食行為，針對此部分我們設計了獵物味道實驗。
- 十九、在文獻（R. P. Esser, 1981）中得知，陸生渦蟲的廣頭部有類似昆蟲複眼的眼點分布，但因其眼點並無像昆蟲的複眼般緊密排列，而是於廣頭部前緣處分布，同時在捕捉獵物時，其可準確得知獵物位置，因此推測其眼點可能有幫助其具有短距離視覺的功能。

柒、 結論

綜合以上實驗，發現陸生渦蟲的廣頭部以探測為主要功能，並使用三種彎曲方式：波浪形、左右形與上下形進行感應。在探測獵物時，使用波浪形彎曲；探測獵物味道、攻擊時，使用左右形；探測環境光度時，則使用上下形，而在感測物距離不同時，其使用頻率也有所不同。此外，從實驗中也發現，其廣頭部分布著探測獵物、光度及獵物味道受器，並連接著感覺神經及搭配廣頭部彎曲進行探測。研究也發現，不同種的廣頭地科陸生渦蟲，廣頭部彎曲模式並無太大差異，且發現無廣頭部之新生陸生渦蟲感應光度及獵物敏感度下降，使得牠無法尋找適合的環境及覓食，使其生存能力降低。本研究了解廣頭部對陸生渦蟲的重要性，彌補了科學界對此最早登陸陸地生物之研究空缺。

捌、參考資料

一、期刊論文

- (一) 尹文英。 2002。 中國土壤動物檢索圖鑑。 しぶきつぼ No.23：47-52。
- (二) 吳錫圭、呂光洋、李政諦、林旭宏、蔡奇立、川勝正治、佐佐木玄佑、羅納德・斯路伊。 2005。 台灣陸生渦蟲初步研究。 特有生物研究 7 (2) 23-45。
- (三) 林南慧、陳晉揚。 2003。 渦蟲的生態。
- (四) 川勝正治、山本清彦、米山昇、村山均。 1998。 オオミスジコウガイビルの分布記録。 しぶきつぼ No.19：25-32。
- (五) 川勝正治、OGREN、Robert E.、FROEHLICH、Eudoxia、M.、村山。 2001。 On the Places Origin of Three, Very Large Bipaliid Land Planarians from Japan。 しぶきつぼ No.22：39-52。
- (六) 川勝正治、山本清彦、佐佐木玄祐。 2003。 Bepaliid Land planarians from Nagasaki Prefecture and the Vicinity, Kyushu, Japan； Color Photographs of Living Specimens and the Karyotypes。
- (七) R. P. Esser。 1981。 Land Planarian。

二、網路資料

- (一) Scholarpedia。 2008。 Planaria Nervous System。
http://www.scholarpedia.org/article/Planaria_nervous_system。

【評語】 030317

此研究探討橙五線陸生渦蟲之廣頭部彎曲功能，研究動機為作者觀察到渦蟲廣頭部之活動分為三種形式，而研究不同刺激的活動方式。此研究之觀察非常有趣，但內容偏重對刺激的反應。若能進一步了解渦蟲的身體構造，對其活動的方式將有更深入的了解。