

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

080311

蝸牛認得回家路嗎？蝸牛要往哪裡去？

學校名稱：桃園縣桃園市中山國民小學

作者：	指導老師：
小六 李泓燁	張秀鳳
小六 蔡念成	林文鄉
小六 陳世旻	
小六 林郁中	
小六 傅天揚	
小六 許凱捷	

關鍵詞：回到原點、趨性、痕跡跟隨

摘要

這個研究選擇學校及住家附近花園，常見的蝸牛為對象，來研究蝸牛回到原點的行為與機制。研究 1 發現並非所有的蝸牛都會回到原點，而回到原點的機制與食物及環境有關。研究 2 發現蝸牛是在找尋食物，扁蝸牛會棲息在食物附近而高音符絲鱉甲蝸牛也要求潮濕陰暗的環境。研究 3 發現蝸牛有逆趨地性、逆趨光性、趨濕性，這都會影響蝸牛往哪裡去。研究 4 發現蝸牛沒有聽覺，視覺不佳，沒有分辨顏色的能力，靠嗅覺來感知及分辨外界的訊息。研究 5 發現蝸牛具有痕跡跟隨的現象，而痕跡能遺留很久，讓蝸牛可以依循而找到原來的環境或同伴。研究 6 發現高音符絲鱉甲蝸牛沒有明確的記憶能力。

壹、研究動機

英國的 69 歲老奶奶布魯克斯，發現蝸牛有返家本能，距離最遠大約在 100 公尺左右，還因此贏得英國廣播公司「最優秀業餘科學家」的榮譽，但生物學家目前對於蝸牛認路回家的原因並不十分了解，認為蝸牛可能擁有某種聰明機制，幫助牠們返家，或是牠們只是到處移動，碰巧回到來處時就停了下來。

五年級下學期的自然課，介紹動物的行為，例如雁兒的銘印現象，蜜蜂跳舞傳遞訊息……，我們才知道身邊的小動物有許多有趣的行為，等著去發掘，剛好又看到一位英國老奶奶發現蝸牛會認路回家的報導，讓我們感到非常新奇，因為晚上常看到蝸牛四處亂跑，不像螞蟻會排隊集體行動，難道蝸牛真的會回家嗎？如果牠會回家，又是靠什麼方法找到回家的路？是靠牠的嗅覺、視覺、記憶還是痕跡跟隨？為了證實我們的猜想，於是展開這個問題的研究探討。觀察結果蝸牛並不會築巢，牠的「家」與人類家的意義不太相同，未避免混淆，特別用「回到原點來」取代回家。

貳、研究目的

- 一、研究蝸牛是否有回到原點的現象
- 二、探討食物對蝸牛回到原點的影響
- 三、探討趨性對蝸牛行動的影響
- 四、探討感官對蝸牛行動的影響
- 五、探討痕跡跟隨對蝸牛行動的影響
- 六、探討蝸牛是否有記憶

參、研究設備及器材

彩色監視攝影機、長效型錄影儲存主機、各種顏色指甲油、飼養箱、玻璃魚缸（62x29x42cm）2 個、透明塑膠管、噴霧器、照度計、鎢絲燈泡（60、100、250 瓦）、可變電阻、白黃光省電燈泡各 1 個（23 瓦）、鐵架、塑膠盤數個、各種顏色色紙、保鮮膜、音叉、28% 氨水、各種蔬菜、研鉢、三通管、牽牛花

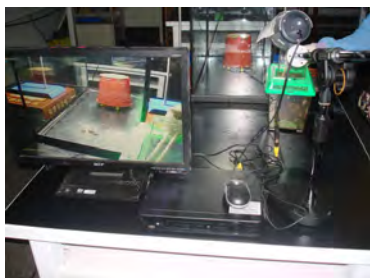


圖 1-1：攝影設備



圖 1-2：照度計



圖 1-3：可變電阻

		
<p>圖 1-4：魚缸</p>	<p>圖 1-5：燈泡</p>	<p>圖 1-6：指甲油</p>
		
<p>圖 1-7：各種蔬菜</p>	<p>圖 1-8：扁蝸牛</p>	<p>圖 1-9：高音符絲鼈甲蝸牛</p>

肆、研究過程或方法

一、研究對象：

以學校及住家庭院最常見的兩種蝸牛，扁蝸牛及高音符絲鼈甲蝸牛為研究對象。

- (一) 扁蝸牛 (*Bradybaena similaris*)：學校花園常見的蝸牛，數量多，適合作為實驗的對象。
- (二) 高音符絲鼈甲蝸牛 (*Macrochlamys hippocastaneum*)：像台灣原生的台灣鼈甲蝸牛，但外套膜延伸物成絲狀。

<p>扁蝸牛殼的識別： 殼形：球圓錐形 螺旋方向：右旋 殼高：約 10mm 螺層數：約 4 層 殼臍：開口狹深，略被軸脣遮蔽 殼口：半月形殼唇，唇緣不連續，唇口略為外翻（增厚呈白色） 殼寬：最大約 15mm</p>	 <p>圖 2-1：扁蝸牛</p>
<p>高音符絲鼈甲蝸牛殼的識別： 殼形：扁圓錐形 螺旋方向：右旋 殼高：約 15mm 螺層數：約 4 層 殼臍：開口窄淺 殼口：半月形 殼唇：唇緣不連續 殼寬：最大約 25mm</p>	 <p>圖 2-2：高音符絲鼈甲蝸牛</p>

二、研究地點：

採集、觀察蝸牛的地點有四處：

- (一) 甲地：學校三樓陽台花園，有定時灑水系統供給植物水份，這裡也是扁蝸牛的棲息地，而幾乎沒有別種蝸牛，晚上也沒有人為及光害干擾的問題，是研究扁蝸牛回到原點行為的主要地點（圖 3）。



圖 3-1：甲地



圖 3-2：扁蝸牛躲在花盆凹槽

- (二) 乙地：同學家花園，這裡環境潮濕，有為數眾多的高音符絲鼈甲蝸牛及少數非洲大蝸牛，是研究高音符絲鼈甲蝸牛回到原點行為的主要地點（圖 4）。



圖 4-1：乙地的花園



圖 4-2：乙地量距離



圖 4-3：高音符絲鼈甲蝸牛棲息在倒蓋的花盆中

- (三) 丙地：老師家花園，這裡有為數眾多的高音符絲鼈甲蝸牛及少數扁蝸牛，是觀察高音符絲鼈甲蝸牛回到原點行為的地點（圖 5）。

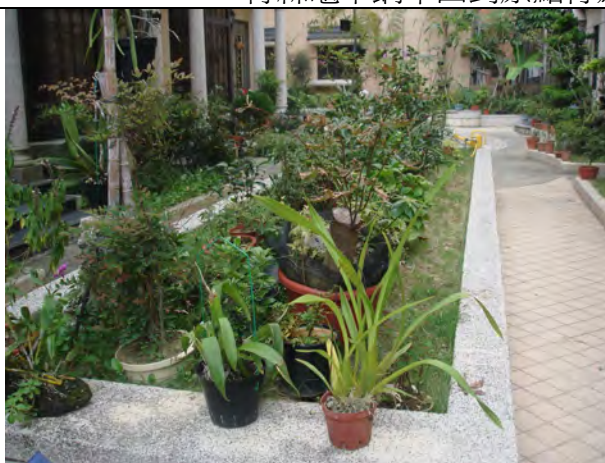


圖 5-1：丙地的花園



圖 5-2：高音符絲鼈甲蝸牛躲在潮濕的花盆底下

(四) 丁地：同學家庭院，這裡發現高音符絲鼈甲蝸牛、扁蝸牛及少數非洲大蝸牛（圖 6）。



圖 6-1：丁地的花園



圖 6-2：高音符絲鼈甲蝸牛躲在水溝旁

三、蝸牛的標記：

- (一) 每個研究地點細分區域，收集每個區域的蝸牛，使用不同顏色的指甲油，畫點標記（圖 7-1）。
- (二) 若每個區域再細分成小區域，收集每個小區域的蝸牛，使用不同顏色的指甲油，畫點標記小區域記號之外，標明數字，數字顯示小區域中不同的蝸牛，數字顏色區分不同區域（圖 7-2）。



圖 7-1：標記的蝸牛



圖 7-2：標小區域記號的蝸牛

四、照度的調整：

- (一) 以可變電阻連接 250 瓦鎢絲燈泡，調整蝸牛水族箱實驗區底部的照度（圖 8）。
- (二) 使用 23 瓦白、黃光省電燈泡，因省電燈泡無法以可變電阻調整亮度，所以調整燈泡距離實驗區底部的高度，使照度與使用鎢絲燈泡時一樣，進行比較。

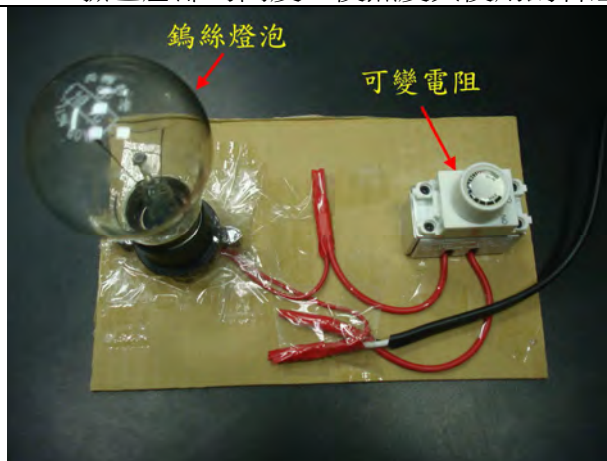


圖 8-1：可變電阻調亮度



圖 8-2：測照度

五、蝸牛實驗動態觀察攝影：

利用學校監視攝影機進行錄影，觀察蝸牛動態行為（圖 9）。

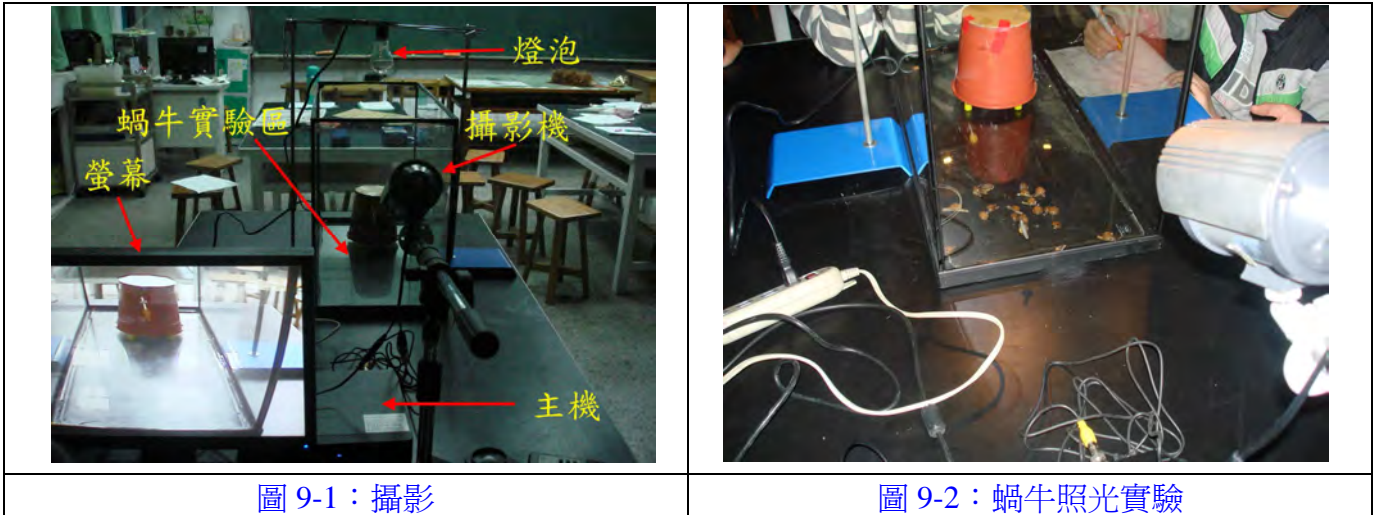


圖 9-1：攝影

圖 9-2：蝸牛照光實驗

六、研究 1：蝸牛回到原點現象實驗

（一）扁蝸牛回到原點現象實驗：以甲地為實驗地點（圖 12）

1. 將實驗地點分為紅區、綠區、藍區、粉紅區。
2. 每個區域再劃分幾個小區域（圖 30）。
3. 在每個小區域逐一搜尋蝸牛，並在蝸牛殼上標明小區域記號。
4. 用區域的顏色在蝸牛殼上編號，以顯示各別的蝸牛。
5. 噴水讓蝸牛從休眠中醒來。
6. 紅區蝸牛放在綠區（回到原點距離：短）（圖 10、11）。
7. 綠區蝸牛放在藍區（回到原點距離：中）。
8. 粉紅區蝸牛放在紅區（回到原點距離：中）。
9. 藍區蝸牛放在粉紅區（回到原點距離：長）。
10. 隔一段時間紀錄蝸牛回到原點的情形。

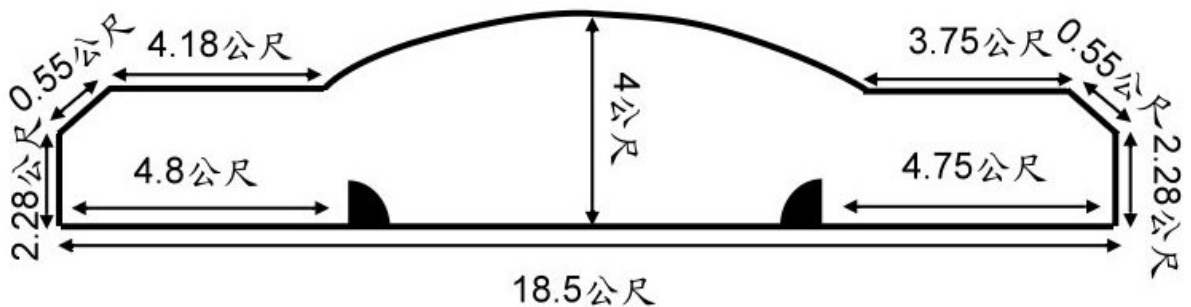


圖 10：甲地的尺寸

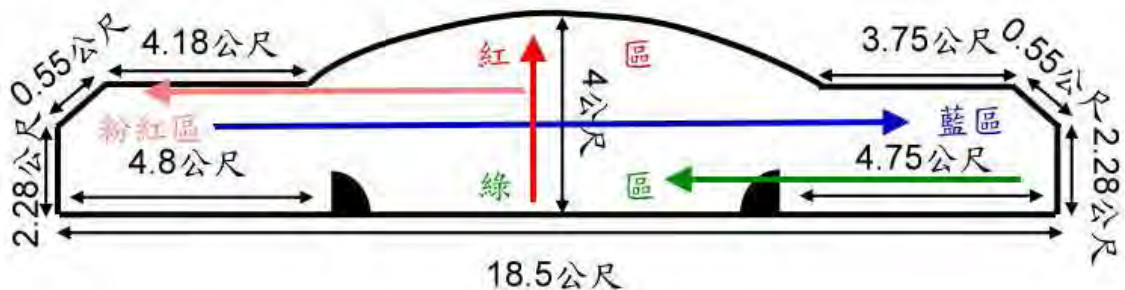


圖 11：蝸牛從野放區到原點的路徑



(二) 高音符絲鼈甲蝸牛回到原點現象實驗：以乙地為實驗地點 (圖 14)。

1. 實驗地點分為紅區、藍區、黃區 (圖 13)。
2. 每個區域逐一搜尋蝸牛，並在蝸牛殼上用區域的顏色標點作記號。
3. 噴水讓蝸牛從休眠中醒來。
4. 紅區蝸牛放在野放區 1 (回到原點距離約 30 公尺)。
5. 藍區蝸牛放在野放區 2 (回到原點距離約 40 公尺)。
6. 黃區蝸牛放在野放區 2 (回到原點距離約 30 公尺)。
7. 隔一段時間紀錄蝸牛回到原點的情形。

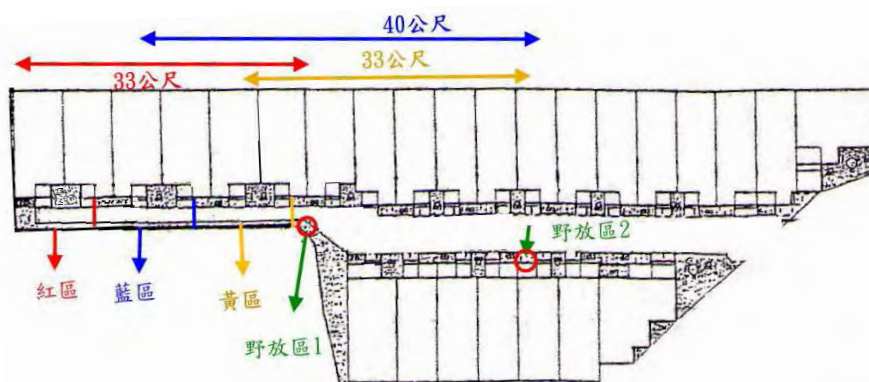


圖 13：乙地蝸牛分區與野放區



(三) 蝸牛行走速率研究 (圖 15)

1. 分別以高音符絲鼈甲蝸牛及扁蝸牛在地上爬行。
2. 用棉線在蝸牛 1 分鐘所爬行的軌跡上量出所走的長度。



七、研究 2：食物對蝸牛回到原點的影響

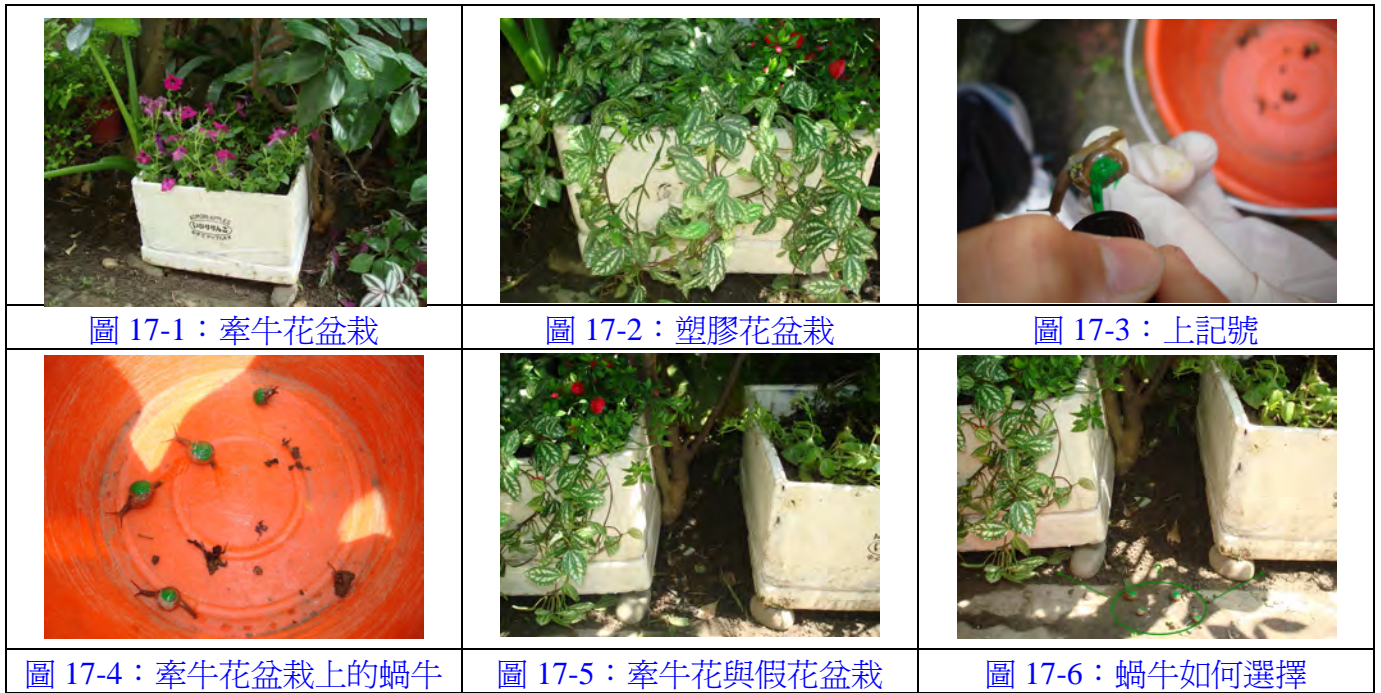
(一) 以甲地為實驗地點，研究食物對扁蝸牛的影響 (圖 16)

1. 以甲地聚集最多蝸牛的孤挺花盆栽為實驗對象。
2. 搜尋孤挺花盆栽中的蝸牛，暫時移除並標上黃色記號。
3. 移動孤挺花盆栽置於一旁，原來的位置用大小、顏色相似的花盆取代，再裝上土壤及塑膠花。
4. 標記的蝸牛喚醒後，置於兩個盆栽中間。
5. 隔一天觀察記錄蝸牛在兩個盆栽中的數量。



(二) 以乙地為實驗地點，研究食物對高音符絲鼈甲蝸牛的影響 (圖 17)

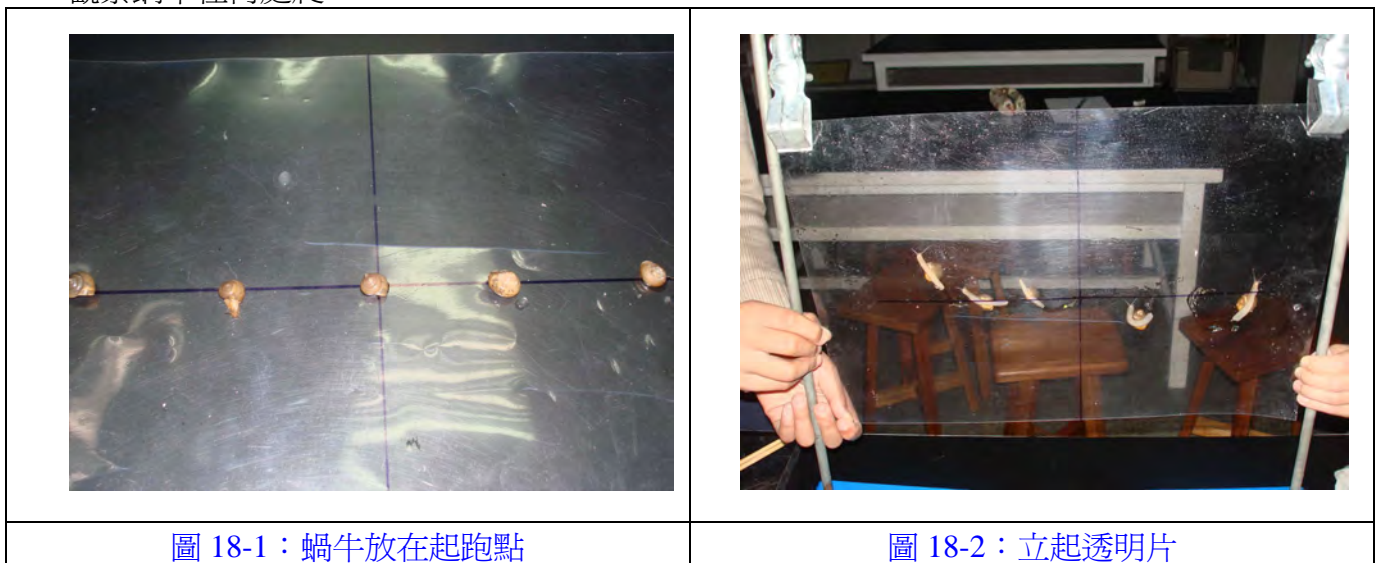
1. 在乙地放置牽牛花盆栽為實驗對象。
2. 一星期後將盆栽中的蝸牛，暫時移除，並標上綠色記號。
3. 移動牽牛花盆栽置於一旁，原來的位置用大小、顏色相似的花盆取代，再裝上土壤及塑膠花。
4. 標記的蝸牛喚醒後，置於兩個盆栽中間。
5. 隔一天觀察記錄蝸牛在兩個盆栽中的數量。



八、研究 3：趨性對蝸牛行動的影響

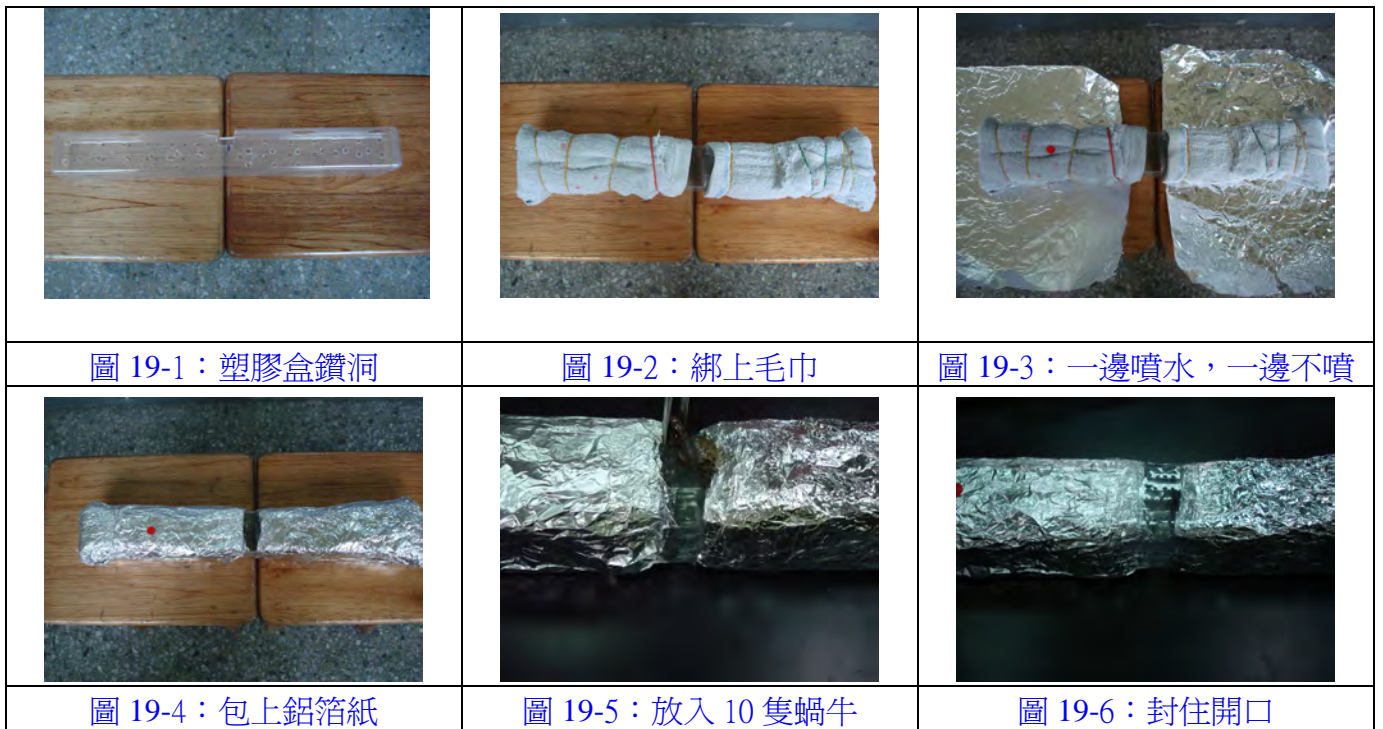
(一) 趨地性 (圖 18)

1. 將透明片標好記號。
2. 將五隻蝸牛放在透明片上。
3. 透明片用架子立起來。
4. 觀察蝸牛往何處爬。



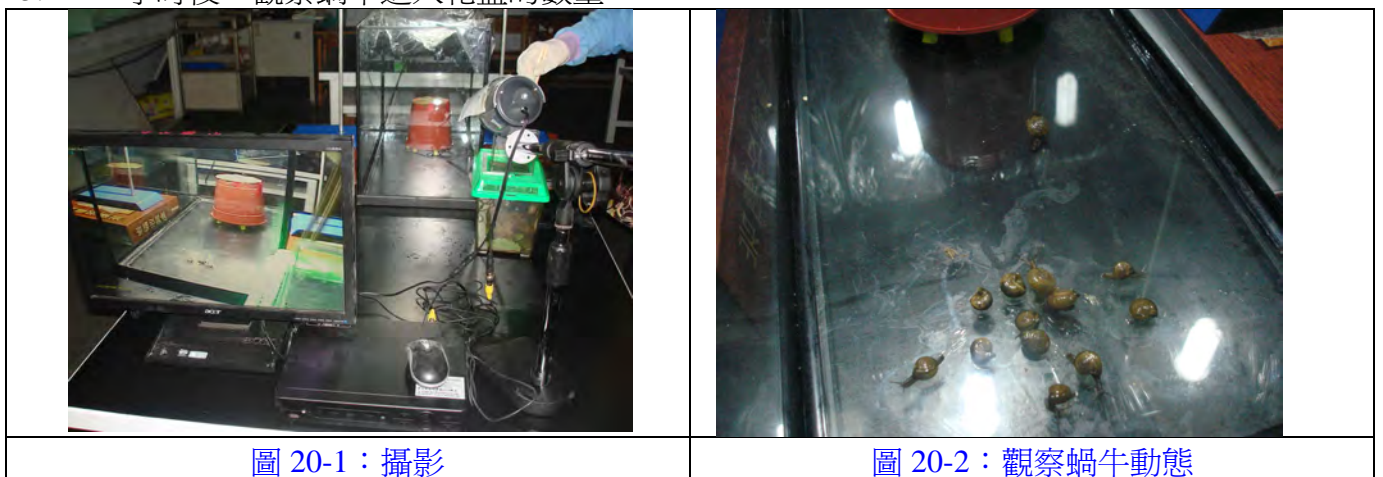
(二) 趨濕性 (圖 19)

1. 兩個大小相同長方形塑膠盒在兩邊周圍鑽孔。
2. 鑽孔部份周圍包上毛巾。
3. 一邊噴水，一邊不噴。
4. 兩邊都用鋁箔紙包起來遮光。
5. 每個長方形塑膠盒各放 10 隻蝸牛後，封住入口，並留通氣孔。
6. 隔天觀察蝸牛會往濕地，還是乾地棲息？



(三) 趨光性 (圖 20)

1. 使用玻璃魚缸作為實驗場地，其中放置倒蓋的塑膠花盆，觀察蝸牛在光照下，進入塑膠花盆躲避的數量。
2. 分別以 23 瓦白光、黃光省電燈泡及 250 瓦鎢絲燈泡當光源，調整光源的高度或可變電阻，使魚缸底部的最大照度都一樣。
3. 每次放入 20 隻蝸牛在光源下，蓋上保鮮膜，封住魚缸。
4. 以監視器攝影觀察蝸牛動態。
5. 12 小時後，觀察蝸牛進入花盆的數量。



九、研究 4：感官對蝸牛行動的影響

(一) 聽覺 (圖 21)

1. 以不同音高的音叉或鐵琴在蝸牛附近振動，觀察蝸牛是否受影響。
2. 相同的音叉，以不同的力氣或加音箱振動，觀察蝸牛是否受較大音量的影響。



圖 21-1：實驗蝸牛聽覺



圖 21-2：實驗蝸牛聽覺

(二) 視覺 (圖 22)

1. 用厚紙板作成六角型柵欄，再貼上藍橙紫黃綠紅等各種顏色色紙，外表套上透明塑膠片。
2. 上方架設 60 瓦的鎢絲燈泡作為光源。
3. 將蝸牛放在中間，每一次對準一種顏色，看蝸牛最後會選擇接觸哪種顏色。
4. 擦拭蝸牛痕跡後，重複步驟 3。

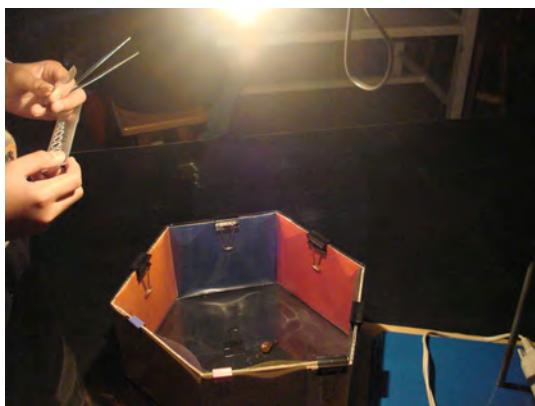


圖 22-1：六角型柵欄



圖 22-2：蝸牛對顏色的選擇

(三) 嗅覺 (圖 23)

1. 利用蝸牛喜歡爬高的特性，讓蝸牛爬上直立的管子中。
2. 當蝸牛通過設定點時 (橡皮筋位置)，在上方管口塞上沾有 2cc28% 氨水的棉花球，並開始計時。
3. 記錄當蝸牛掉頭時，所花的時間及蝸牛距離棉花球的長度。
4. 將各種蔬菜搗碎，以棉花球吸收汁液後，塞入管口，測試管中行進的蝸牛是否會掉頭轉身。

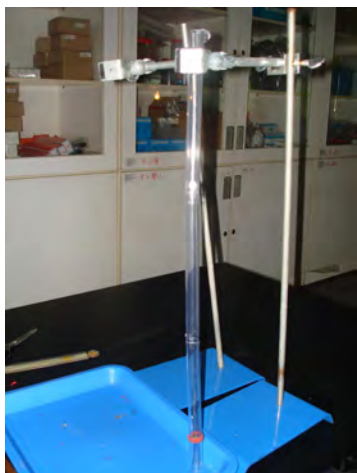


圖 23-1：蝸牛嗅覺實驗設備



圖 23-2：蝸牛聞到味道開始轉彎

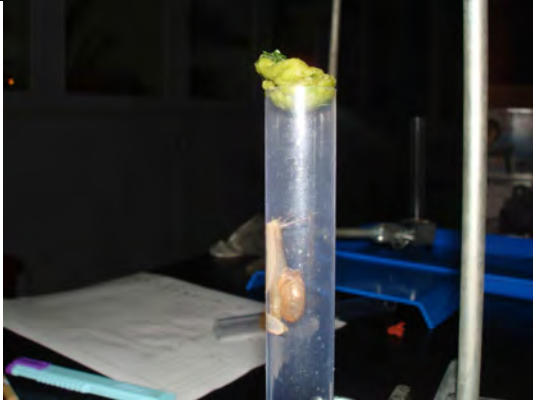


圖 24-1：蝸牛不討厭這個味道持續前進



圖 24-2：蝸牛討厭這個味道掉頭轉身

十、研究 5：痕跡跟隨對蝸牛行動的影響

(一) 直立型的實驗 (圖 25)：

1. 先讓管子直立，讓蝸牛爬過管子內，讓管子裡有蝸牛爬過的痕跡。
2. 把蝸牛爬過的管子與另一乾淨的管子綁在一起，下面再用透明片圍起可以容納蝸牛的空間。
3. 將蝸牛放在兩根管子下面，再將管子直立起來，觀察蝸牛會往哪一個管子爬。
4. 以同一隻蝸牛重複步驟 2、3 多次，直到蝸牛不爬為止。
5. 以不同隻蝸牛重複步驟 2、3。



圖 25-1：蝸牛留痕跡



圖 25-2：立式痕跡跟隨實驗

(二) 平放型的實驗 (圖 26)：

1. 先讓管子直立，讓蝸牛爬過管子內，讓管子裡有蝸牛爬過的痕跡。
2. 把蝸牛爬過的管子與另一乾淨的管子綁在一起。
3. 把空電池盒的一側挖兩個洞，把兩根管子插入洞中，將管子平放。
4. 讓蝸牛爬行一段距離後，以盒子罩住蝸牛，讓蝸牛選擇要往哪一個管子爬。
5. 以同一隻蝸牛重複步驟 2、3、4 多次，直到蝸牛不爬為止。
6. 以不同隻蝸牛重複步驟 2、3、4。

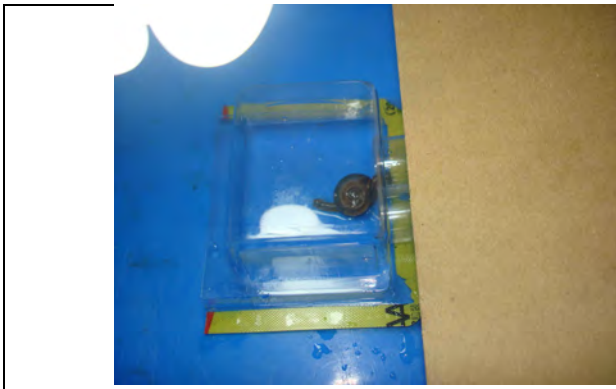


圖 26-1：平式痕跡跟隨實驗



圖 26-2：平式痕跡跟隨實驗

(三) 蝸牛痕跡的聚水性觀察 (圖 27)：

1. 讓蝸牛先爬過保鮮膜、樹葉……等平面，留下痕跡。
2. 用噴霧器在痕跡上面噴水。



圖 27-1：蝸牛在平面留下痕跡



圖 27-2：用噴霧器在痕跡上面噴水

(四) 蝸牛痕跡的持久性實驗 (圖 28)：

1. 先讓蝸牛在山蘇葉上爬過痕跡，再模擬下雨的方式，沖洗山蘇葉，觀察痕跡是否會被沖掉。
2. 讓蝸牛實際爬過戶外的植物，觀察痕跡可以持續多久。

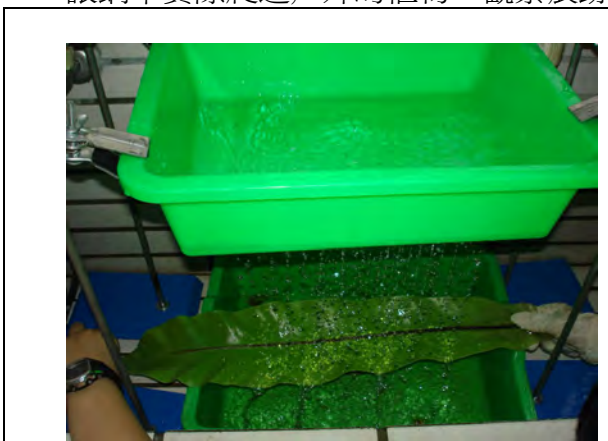


圖 28-1：模擬下雨沖洗蝸牛痕跡

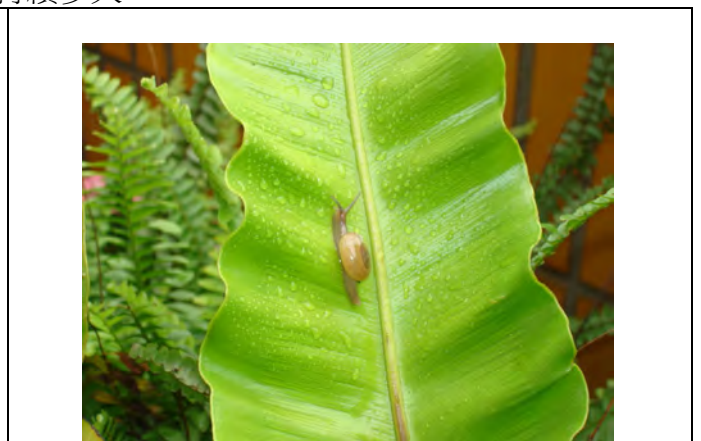


圖 28-2：蝸牛在戶外的葉子留下痕跡

十一、研究 6：蝸牛是否有記憶（圖 29）

1. 以高音符絲鼈甲蝸牛為研究對象。
2. 在 Y 形三通管的右邊放置半朵牽牛花，左邊不放食物，讓蝸牛在晚上進行試誤學習。
3. 每次學習完，必須把管子刷洗乾淨。
4. 經過五天晚上的學習後，第六天不放食物後，看看蝸牛往哪裡走。



圖 29-1：食物放置 Y 形三通管右邊



圖 29-2：試誤學習

伍、研究結果

一、研究 1：蝸牛回到原點現象實驗

（一）甲地：11 月 3 日開始實驗，扁蝸牛原始總數紅區：124 隻；綠區：103 隻；粉紅區：117 隻；藍區：65 隻。紅區蝸牛放在綠區（回到原點距離：短）；綠區蝸牛放在藍區（回到原點距離：中）；粉紅區蝸牛放在紅區（回到原點距離：中）；藍區蝸牛放在粉紅區（回到原點距離：長）（圖 30）。

（蝸牛次數統計資料，請參考實驗日誌）

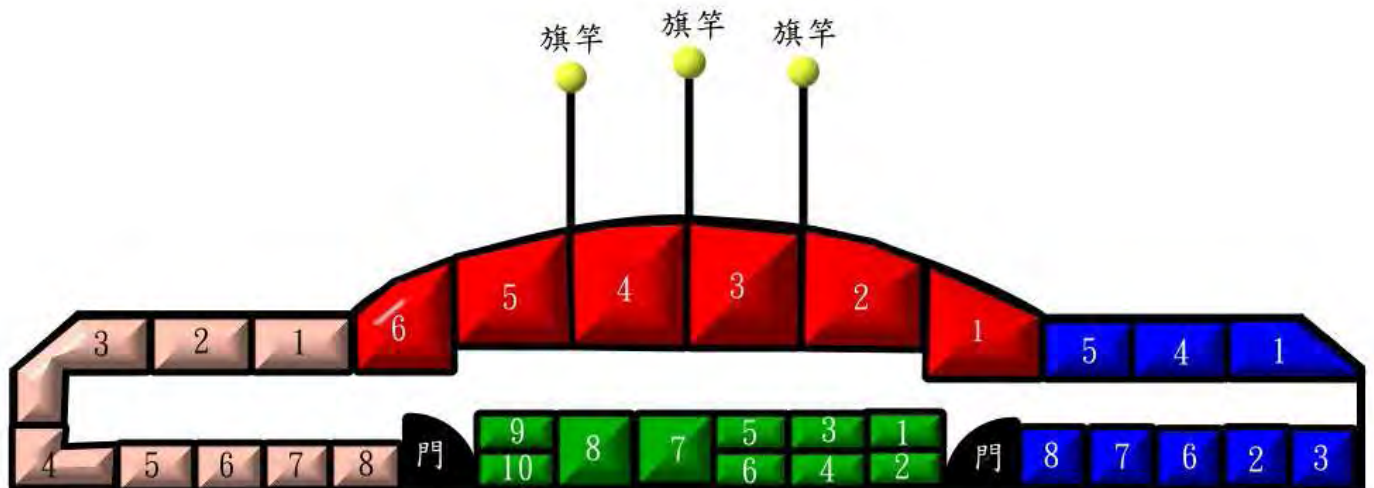


圖 30：甲地小區域分佈

結果：

表 1：扁蝸牛在各區域出現的數量統計

蝸牛停留的區域		隔 1 星期 蝸牛數量	隔 2 星期 蝸牛數量	隔 3 星期 蝸牛數量	隔 4 星期 蝸牛數量	隔 8 星期 蝸牛數量
紅記號 蝸牛	回小區域	12	11	23	13	12
	回區域	17	27	18	21	25
	留在野放區（綠區）	18	13	11	9	13
	跑到粉紅區	2	4	1	2	4
	跑到藍區	4	7	8	11	5
綠記號 蝸牛	回小區域	11	14	11	3	7
	回區域	6	7	13	19	21
	留在野放區（藍區）	23	13	15	15	3
	跑到粉紅區	0	0	0	1	2
	跑到紅區	1	5	8	4	4
粉紅記號 蝸牛	回小區域	0	8	5	2	1
	回區域	15	9	15	18	10
	留在野放區（紅區）	25	26	24	11	14
	跑到藍區	1	5	4	8	5
	跑到綠區	1	2	2	4	8
藍記號 蝸牛	回小區域	0	3	2	1	4
	回區域	1	2	3	3	3
	留在野放區（粉紅區）	13	14	11	8	6
	跑到紅區	4	7	5	3	5
	跑到綠區	0	0	5	3	3

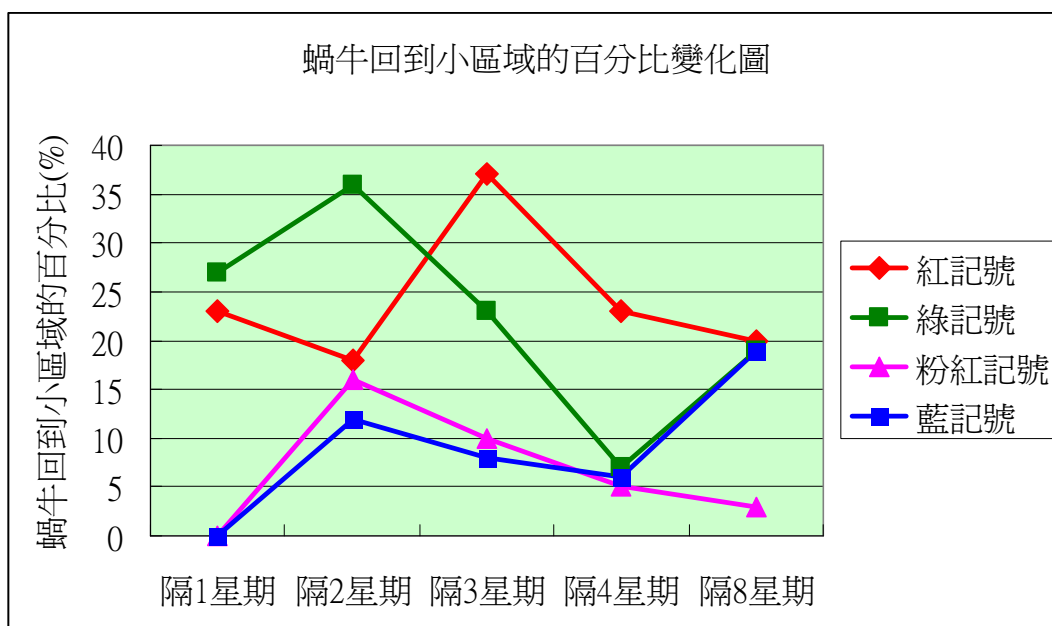


圖 31

表 2：扁蝸牛在各區域出現次數統計

出現區域	紅記號蝸牛 出現次數	綠記號蝸牛 出現次數	粉紅記號蝸 牛出現次數	藍記號蝸牛 出現次數	所有蝸牛 出現次數
紅區	89	18	45	20	172
綠區	32	61	3	11	107
粉紅區	6	2	37	43	88
藍區	17	50	11	19	97

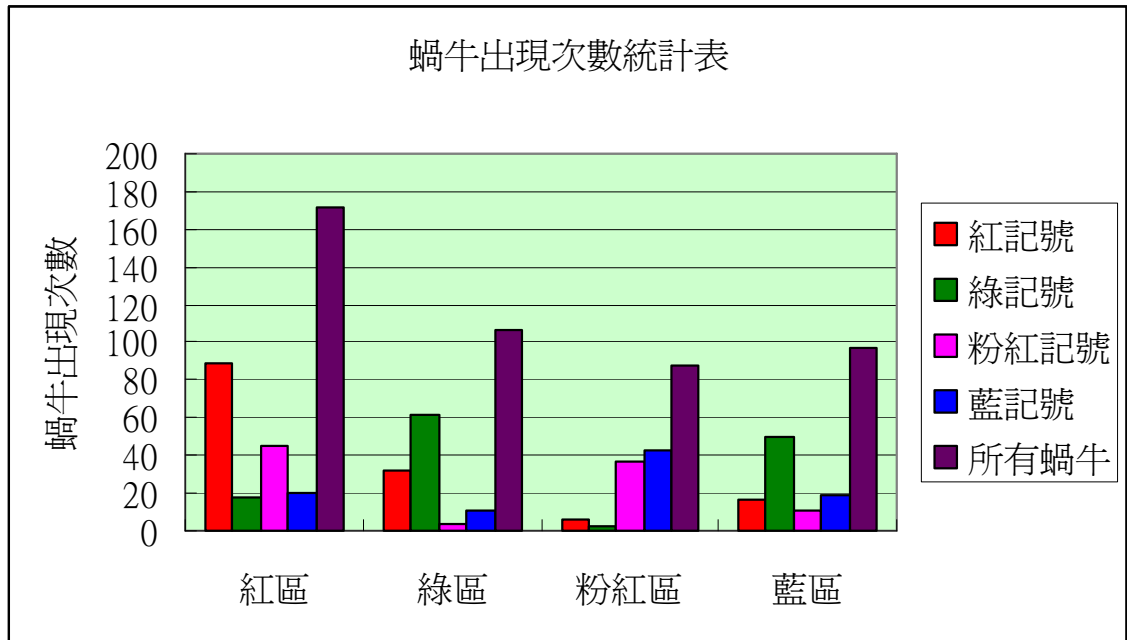


圖 32

表 3：扁蝸牛出現次數最多的前 10 個小區域

小區域	紅 2 區	紅 3 區	紅 5 區	綠 1 區	綠 3 區	綠 7 區	粉 1 區	粉 3 區	藍 1 區	藍 4 區
蝸牛出現次數	47	63	32	26	17	34	17	21	35	26
區域環境描述	噴水孔、圍牆、孤挺花、黃金葛	噴水孔、圍牆、孤挺花	圍牆、孤挺花	圍牆、噴水孔、長盆	噴水孔、長盆	噴水孔、長盆	噴水孔、圍牆	圍牆、噴水孔、蓮花盆	噴水孔、圍牆、大蓮花盆	噴水孔、圍牆、山蘇
備註	潮濕的環境：噴水孔附近；遮光：圍牆擋住早上的陽光；躲藏的地方：長盆、蓮花盆；食物：孤挺花、黃金葛、山蘇									

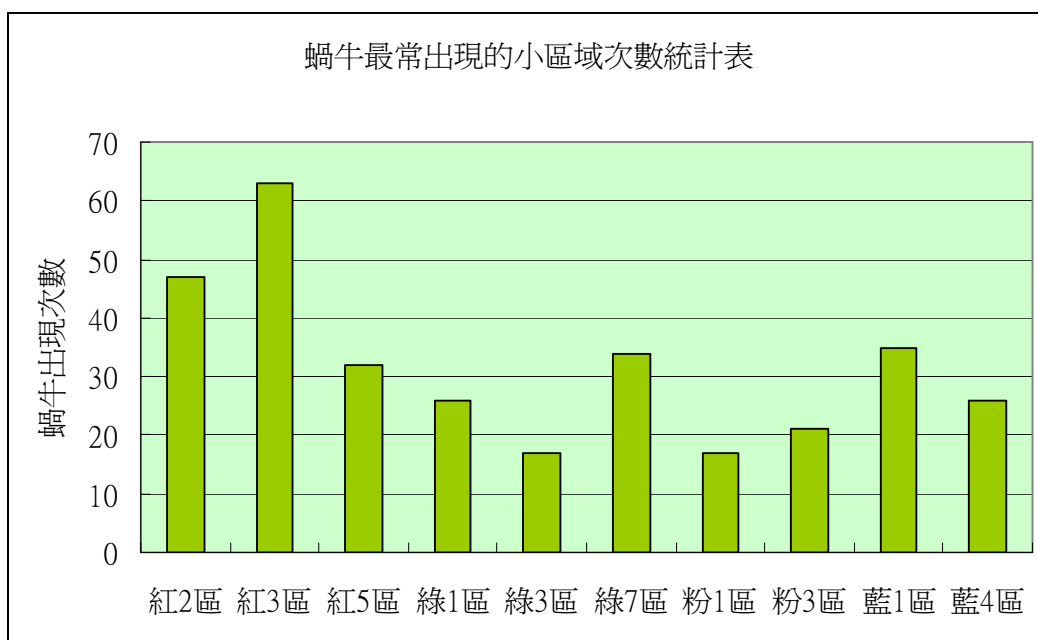


圖 33

表 4：回到原點蝸牛次數與在該區出現的所有蝸牛次數比值

小區域		隔1 星期	隔2 星期	隔3 星期	隔4 星期	隔8 星期	合計	回原 點比 率
紅2區出現 的蝸牛次數	紅2蝸牛	2	2	3	3	0	10	21%
	所有蝸牛	12	18	10	6	4	47	
紅3區出現 的蝸牛次數	紅3蝸牛	5	3	5	1	3	17	27%
	所有蝸牛	18	10	12	11	12	63	
紅5區出現 的蝸牛次數	紅5蝸牛	1	1	1	1	1	5	16%
	所有蝸牛	6	5	12	3	6	32	
綠1區出現 的蝸牛次數	綠1蝸牛	0	2	1	1	1	5	19%
	所有蝸牛	0	4	12	6	5	26	
綠3區出現 的蝸牛次數	綠3蝸牛	3	4	0	1	0	8	47%
	所有蝸牛	6	6	2	2	1	17	
綠7區出現 的蝸牛次數	綠7蝸牛	3	4	1	0	2	10	29%
	所有蝸牛	7	8	3	2	14	34	
粉1區出現 的蝸牛次數	粉1蝸牛	0	0	2	2	0	4	24%
	所有蝸牛	3	5	4	2	3	17	
藍1區出現 的蝸牛次數	藍1蝸牛	0	2	0	1	4	7	20%
	所有蝸牛	5	8	6	8	8	35	

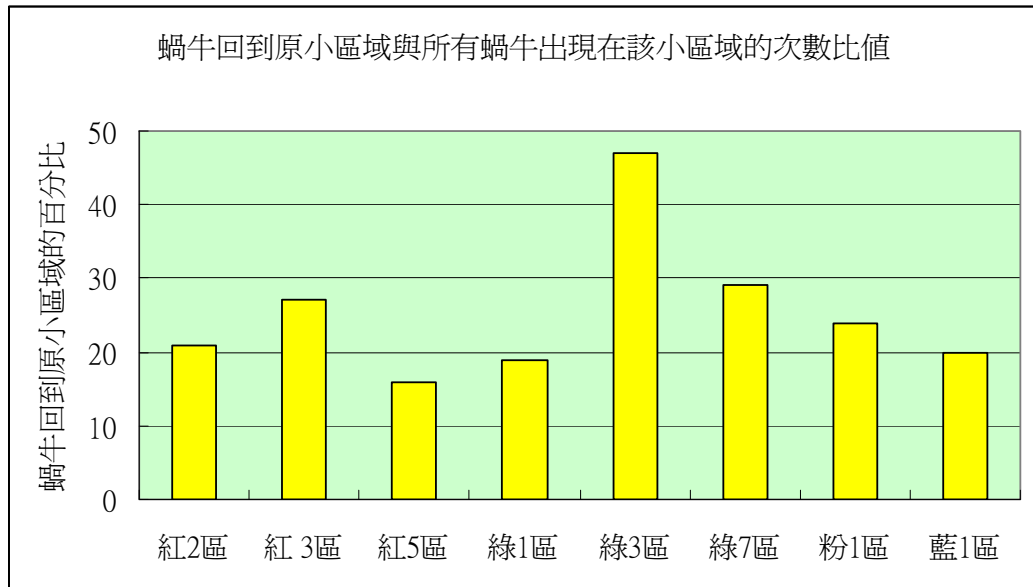


圖 34

發現：

1. 由圖 31，蝸牛回到小區域（原點）的百分比變化很大，顯示蝸牛沒有固定停留在原點，而粉紅記號與藍記號蝸牛的百分比偏低。由圖 32，粉紅記號蝸牛留在紅區，藍記號蝸牛留在粉紅區的次數最多，表示這兩種記號蝸牛大多留在野放區，顯示只要食物、環境適合，蝸牛也會停留在野放區，而不一定回到原點。
2. 由圖 32，蝸牛經過野放後，所有蝸牛在紅區出現的次數比其它區高出很多，顯示紅區的食物與環境最有吸引力，而紅記號蝸牛回到原點的數量最多（表 1），但並不表示蝸牛回「家」了，牠只是尋找好環境與食物，這點可由其它記號的蝸牛也常出現在紅區而得到證明。
3. 由圖 33 及表 3，蝸牛最常出現的小區域都是具備食物：孤挺花、山蘇；潮濕：噴水孔附近；有躲藏的地方，長盆與蓮花盆附近；光線陰暗：圍牆旁邊，的地方。
4. 由圖 34 及表 4，雖然紅 2 與紅 3 區的蝸牛回到原點的數量最多，但其它蝸牛出現在這裡的次數也很多，比較起來，百分比並沒有特別突出，顯示這是環境與食物的條件適合，吸引蝸牛比較常出現在這裡，而不是只有紅 2、紅 3 區的蝸牛要回到原點。

（二）乙地：11 月 28 日開始實驗，高音符絲鼈甲蝸牛原始總數紅區：118 隻；藍區：115 隻；黃區：25 隻。紅區蝸牛放在野放區 1（回到原點約 30 公尺）；藍區蝸牛放在野放區 2（回到原點距離約 40 公尺）；黃區蝸牛放在野放區 2（回到原點距離約 30 公尺）（圖 13）

結果：

表 5：高音符絲鼈甲蝸牛在各區域出現的數量統計

蝸牛的區域劃分		隔 1 星期 蝸牛數量	隔 2 星期 蝸牛數量	隔 3 星期 蝸牛數量	隔 4 星期 蝸牛數量	隔 8 星期 蝸牛數量
紅記號 蝸牛	回到紅區	0	0	0	0	1
	跑到藍區	7	5	2	5	1
	跑到黃區	10	2	0	2	0
	留在野放地	3	3	1	5	0
藍記號 蝸牛	跑到紅區	0	0	0	0	0
	回到藍區	1	0	0	0	0
	跑到黃區	0	0	0	0	0
	留在野放地	4	3	0	4	0
黃記號 蝸牛	跑到紅區	0	0	0	0	0
	跑到藍區	0	0	0	0	0
	回到黃區	0	0	0	0	0
	留在野放地	0	0	0	0	0

發現：

1. 由表 5，紅記號蝸牛因為回程距離較短，所以在紅、藍、黃區域出現較多。
2. 藍記號蝸牛回程距離較長，而且回程有一處大轉彎，路徑環境較複雜，所以出現較少，但隔 1 星期（12 月 4 日）也有一隻蝸牛回到原區。
3. 黃記號蝸牛原始總數（25 隻）較少，所以一直沒有發現。
4. 隨著天氣越來越冷，蝸牛出現越來越少。
5. 乙地範圍較大，到處都有高音符絲鼈甲蝸牛，也有許多蝸牛可以躲藏的地方，所以回原區域的較少，整體蝸牛出現的比率也很少。

（三）蝸牛行走速率研究

結果：

表 6：蝸牛每分鐘行走的路徑長

隻數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
扁蝸牛每 分鐘所行 走的距離 (mm)	127.2	105.2	119.5	130.1	117.8	128.4	100.1	117.7	108.1	107.6	116.17
高音符絲 鼈甲蝸牛 每分鐘所 行走的距 離 (mm)	192.8	187.4	200.5	135.0	195.0	130.0	190.2	140.5	124.3	150.7	164.64

發現：

1. 由表 6，扁蝸牛平均速率 1.936mm/s；高音符絲鼈甲蝸牛平均速率 2.744mm/s。以 100 公尺的距離來估算，扁蝸牛行走的時間是 14.35 小時；高音符絲鼈甲蝸牛是 10.12 小時。

二、研究 2：食物對蝸牛回到原點的影響

1. 以甲地為實驗地點，在孤挺花花盆中找到 40 隻扁蝸牛，將所有的蝸牛移出花盆後，比較蝸牛會選擇到孤挺花花盆（位置移到另一旁），還是回到原本放置孤挺花位置的塑膠花花盆。
2. 以乙地為實驗地點，在牽牛花花盆中找到 4 隻高音符絲鼈甲蝸牛，將所有的蝸牛移出花盆後，比較蝸牛會選擇到牽牛花花盆(位置移到另一旁)，還是回到原本放置牽牛花位置的塑膠花花盆。

結果：



圖 35-1：孤挺花中的扁蝸牛



圖 35-2：孤挺花中的黃記號扁蝸牛



圖 35-3：牽牛花中的高音符絲鼈甲蝸牛



圖 35-4：塑膠花盆下的高音符絲鼈甲蝸牛

表 7：食物對扁蝸牛的影響統計表

日數	跑到孤挺花花盆的蝸牛數		跑到塑膠花花盆的蝸牛數	
	黃記號蝸牛	其它蝸牛	黃記號蝸牛	其它蝸牛
第 2 天	5	8	0	0
第 3 天	9	11	0	0
第 4 天	14	11	0	0
第 5 天	11	10	0	0
第 6 天	12	11	0	0

表 8：食物對高音符絲鱉甲蝸牛的影響統計表

次數	跑到牽牛花花盆的蝸牛數		跑到塑膠花花盆的蝸牛數	
	綠記號蝸牛	其它蝸牛	綠記號蝸牛	其它蝸牛
第 1 次	0	2	1	0
第 2 次	0	6	0	2
第 3 次	0	4	0	4
第 4 次	0	4	0	4
第 5 次	0	5	0	3

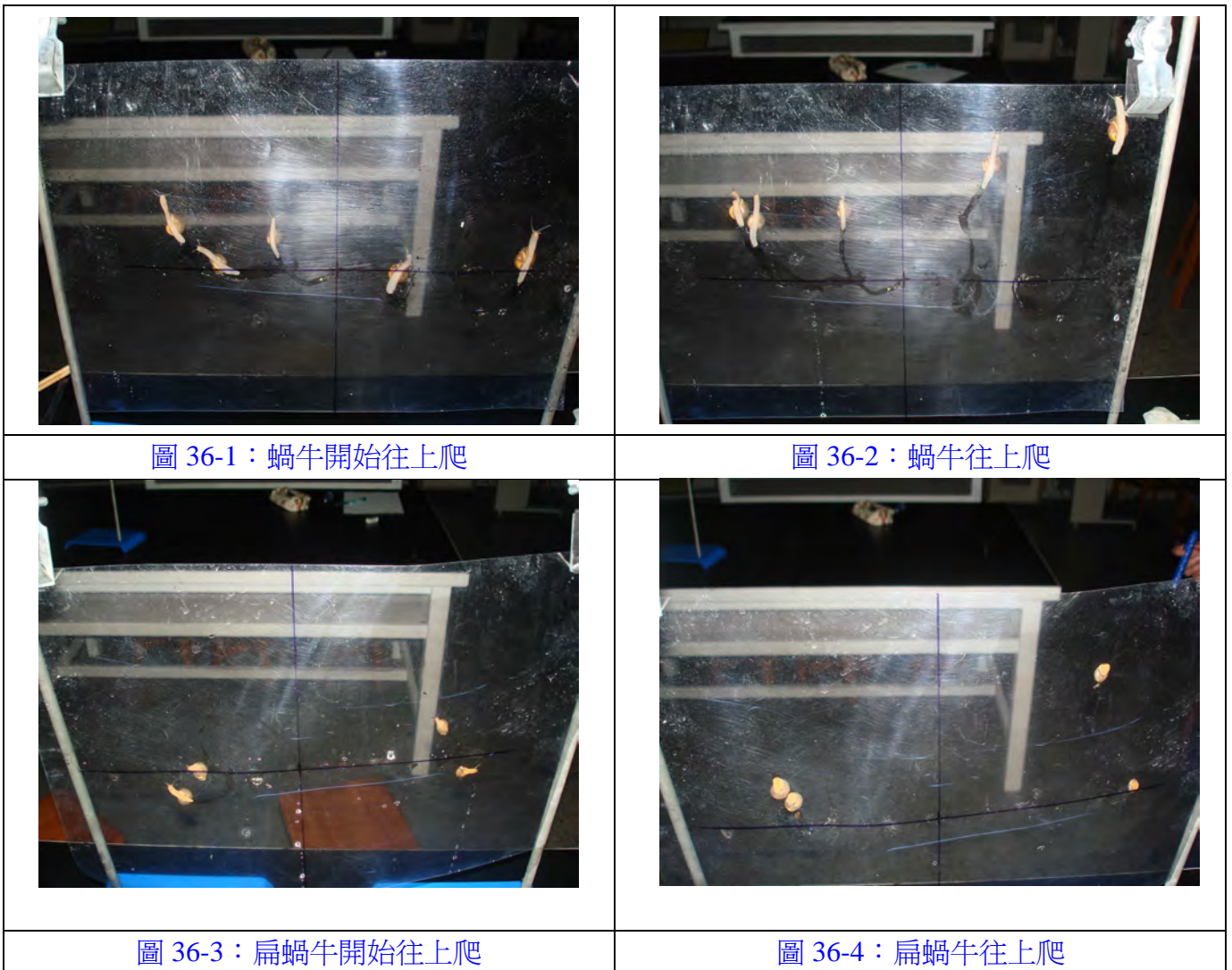
發現：

1. 由表 7，就算環境、溼度與原來差不多，扁蝸牛不會停留在塑膠花花盆裡，和花盆邊緣的溝槽中，蝸牛會跟隨食物（孤挺花）而移動，蝸牛會停留在食物附近（圖 35-1、2）。
2. 由表 8，高音符絲鱉甲蝸牛除了會停留食物附近外，也會選擇躲在陰暗潮濕的環境（塑膠花）（圖 35-3、4）。

三、研究 3：趨性對蝸牛行動的影響

（一）趨地性：蝸牛會趨向地球引力還是逆地球引力方向移動？

結果：



發現：

1.不論高音符絲鼈甲或扁蝸牛，一開始也許頭朝下，但最後都會往上爬行，也就是逆趨地性（反地球引力）（圖 36）。

（二）趨濕性：蝸牛對溼度喜好的研究

結果：

表 9：趨濕性研究統計表

蝸牛種類	高音符絲鼈甲蝸牛數量		扁蝸牛數量	
	溼地	乾地	溼地	乾地
第一次	8	2	5	5
第二次	10	0	5	3
第三次	7	3	3	5
第四次	10	0	4	5
第五次	10	0	3	6

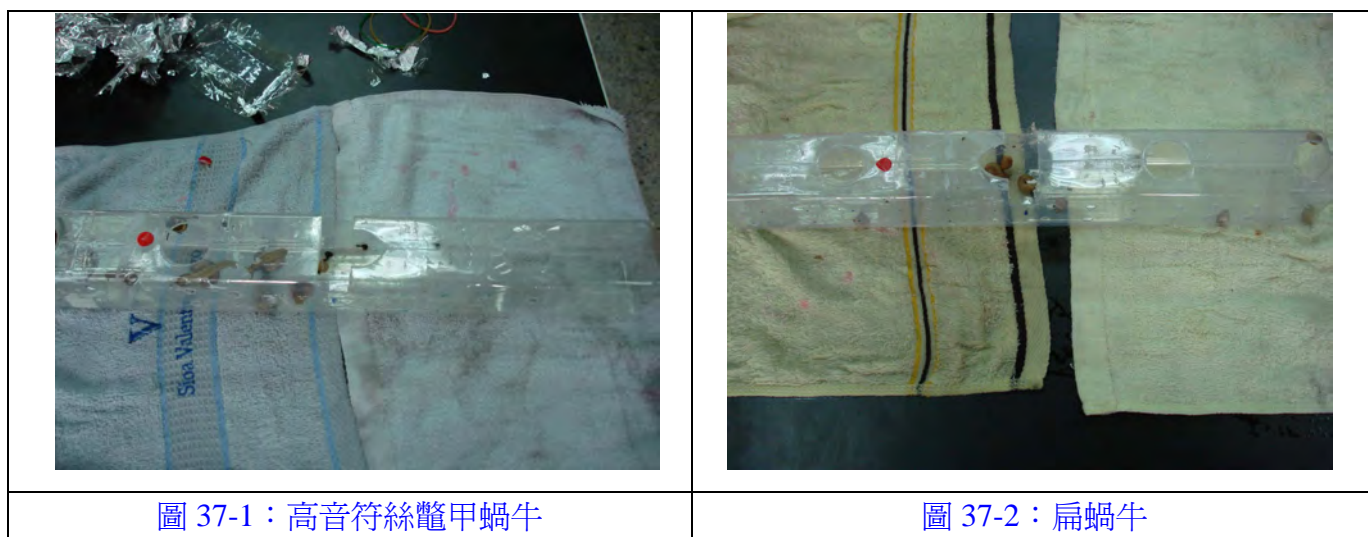


圖 37-1：高音符絲鼈甲蝸牛

圖 37-2：扁蝸牛

發現：

1. 由表 9，高音符絲鼈甲蝸牛比較喜歡待在潮濕環境（圖 37-1），其對潮濕條件的需求比扁蝸牛高。

(三) 趨光性：蝸牛對於不同光源及照度的研究

結果：

表 10：趨光性實驗統計表

蝸牛種類 光源種類 (魚缸底部最大照度)	高音符絲鼈甲蝸牛				扁蝸牛			
	花盆外 蝸牛數		花盆 內蝸 牛數	合計	花盆外 蝸牛數		花盆 內蝸 牛數	合計
	活動 或頭 外露	休眠			活動 或頭 外露	休眠		
省電燈泡白光 (375Lux)	1	6	13	20	7	12	1	20
省電燈泡黃光 (375Lux)	3	8	9	20	1	18	1	20
日光燈 (394Lux)	2	4	14	20	7	9	4	20
鎢絲燈泡 (375Lux)	17	0	3	20	3	17	0	20
鎢絲燈泡 (1587Lux)	17	1	2	20	0	16	4	20
無光源 (0Lux)	7	3	3	13	11	5	4	20

發現：

1. 由表 10，雖然蝸牛都怕光，可是高音符絲鼈甲蝸牛比較喜歡躲在陰暗的花盆裡（圖 38-1），扁蝸牛選擇縮進殼中休眠。
2. 高音符絲鼈甲蝸牛對於白熾燈光（日光燈或省電燈泡）很懼怕。
3. 高音符絲鼈甲蝸牛對鎢絲燈泡的光較不懼怕（圖 38-2）。

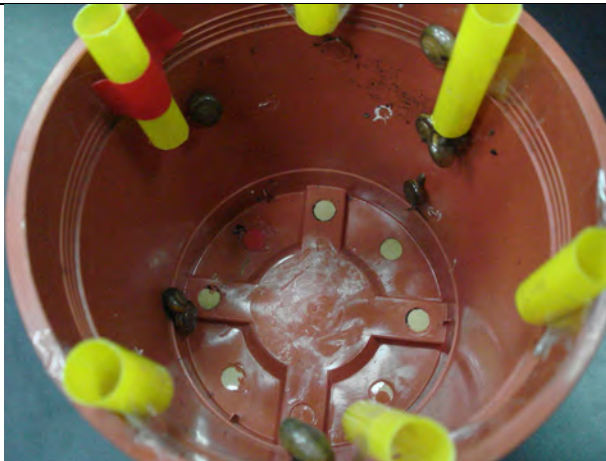


圖 38-1：躲在花盆中的高音符絲鼈甲蝸牛



圖 38-2：高音符絲鼈甲蝸牛不怕鎢絲燈光，還停留在燈光下，不躲進花盆中。

四、研究 4：感官對蝸牛行動的影響

(一) 聽覺

發現：

1. 蝸牛對不同音高、大小聲的聲音皆沒有反應。
2. 除非對蝸牛所在的盤面振動，刺激到腹足，蝸牛才會有縮觸角的反應。

(二) 視覺

結果：

表 11：蝸牛選擇顏色實驗記錄表

次數 隻數	第 1 次 (頭朝藍)	第 2 次 (頭朝橙)	第 3 次 (頭朝紫)	第 4 次 (頭朝黃)	第 5 次 (頭朝綠)	第 6 次 (頭朝紅)
第 1 隻	橙	橙	紅	紅	紅	紅
第 2 隻	藍	紅	紫	紫	藍	藍
第 3 隻	藍	紅	橙	紫	黃	黃
第 4 隻	紫	紫	黃	綠	紅	紅
第 5 隻	紫	藍	黃	紫	綠	綠
第 6 隻	綠	紅	藍	黃	藍	紅

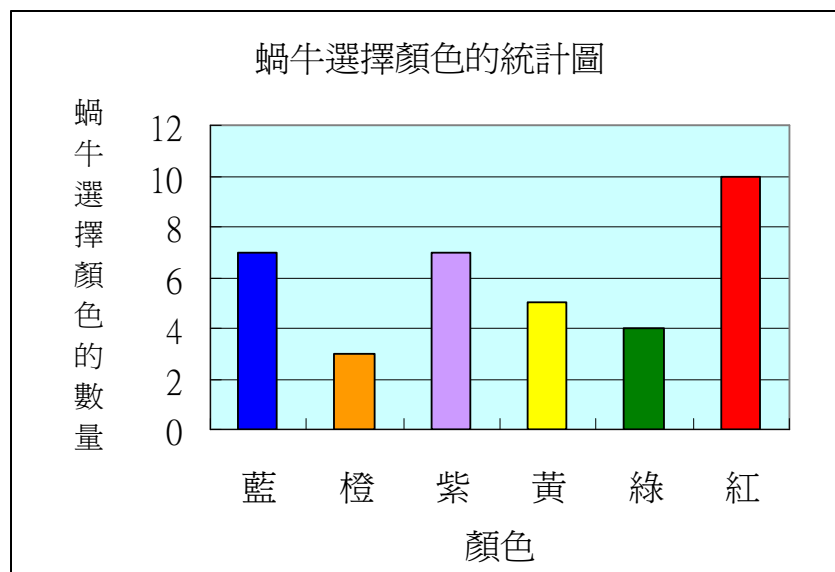


圖 39

發現：

1. 由表 11 及圖 39，蝸牛選擇暖色系紅、橙、黃的加總次數是 18 次；寒色系綠、紫、藍的加總次數也是 18 次，可見蝸牛對顏色沒有特別的喜好。
2. 蝸牛都是在觸角碰到色紙後，才突然縮起觸角，然後再慢慢摸索著往上爬，顯示在這之前蝸牛並不知道前方有障礙物，推測蝸牛的視覺能力不佳。

(三) 嗅覺

結果：

表 12：高音符絲鼈甲蝸牛嗅覺實驗記錄表

高音符絲鼈甲蝸牛						
蝸牛 距離及 時間	第 1 隻	第 2 隻	第 3 隻	第 4 隻	第 5 隻	平 均
反應時間 (分:秒)	5:19	5:35	4:38	7:20	4:10	5:24
蝸牛與棉球的距離 (公分)	46.5	46.0	35.0	45.0	48.0	44.10

表 13：扁蝸牛嗅覺實驗記錄表

扁蝸牛						
蝸牛 距離及 時間	第 1 隻	第 2 隻	第 3 隻	第 4 隻	第 5 隻	平 均
反應時間 (分:秒)	6:13	5:10	4:20	5:01	5:37	5:16
蝸牛與棉球的距離 (公分)	45.6	44.5	43.4	43.5	46.7	44.74

表 14：蝸牛對不同蔬菜的好惡

蝸牛 \ 蔬菜	油菜	薄荷	芹菜	高麗菜	萵苣	香菜	金針菇	九層塔	洋蔥
高音符絲鼈甲蝸牛的喜好	○	×	○	○	○	○	○	×	×
扁蝸牛的喜好	○	×	○	○	○	○	○	×	×

註：○表示蝸牛不排斥這個味道，一直前進；×表示蝸牛討厭這個味道，會掉頭轉身。

發現：

1. 由表 12、13，蝸牛平均在 44 公分左右就可以聞到氨水的味道，顯示蝸牛可以聞到一段距離遠的味道，嗅覺顯然比視覺及聽覺靈敏多了。
2. 由表 14 對味道比較嗆鼻的蔬菜，如薄荷、九層塔、洋蔥，蝸牛很討厭這個味道，但有些味道也很濃烈的蔬菜，如香菜、芹菜卻不排斥，顯示蝸牛對味道有分別能力。

五、研究 5：痕跡跟隨對蝸牛行動的影響

(一) 直立型的實驗：

發現：

研究 3 的實驗發現，蝸牛有向上爬的趨性，造成蝸牛會不假思索的就向上爬，所以只要放入蝸牛時的頭朝哪裏，蝸牛就往哪邊爬，這樣所做出的實驗結果，痕跡跟隨的現象不明顯，所以還是放成水平來實驗較客觀。

(二) 水平型的實驗：

結果：

表 15：高音符絲鼈甲蝸牛痕跡跟隨實驗統計表

高音符絲鼈甲蝸牛			
不同的蝸牛	走有痕跡管子次數	走無痕跡管子次數	走有痕跡管子的比率
第一隻（同一隻重複走 6 次）	4	2	66.67%
第二隻（同一隻重複走 7 次）	5	2	71.43%
第三隻（同一隻重複走 5 次）	5	0	100%
不同的 10 隻，分別走一次	8	2	80%

表 16：扁蝸牛痕跡跟隨實驗統計表

扁蝸牛			
不同的蝸牛	走有痕跡管子次數	走無痕跡管子次數	走有痕跡管子的比率
第一隻（同一隻重複走 4 次）	3	1	75%
第二隻（同一隻重複走 4 次）	2	2	50%
不同的 7 隻，分別走一次	4	3	57.14%

發現：

1. 由表 15，高音符絲鼈甲蝸牛走有痕跡管子的比率平均是 78.57%，顯示跟隨痕跡走的比率很高。
2. 由表 16，扁蝸牛走有痕跡管子的比率平均是 60%。
3. 高音符絲鼈甲蝸牛的行動迅速，扁蝸牛行動遲緩。

(三) 蝸牛痕跡的聚水性觀察：

結果：

	
圖 39-1：蝸牛在琴葉榕葉子留下痕跡	圖 39-2：噴水後痕跡上聚集出一條水路
	
圖 39-3：蝸牛在山蘇葉子留下痕跡	圖 39-4：噴水後痕跡上聚集出一條水路
	
圖 39-5：噴水、用水後依然可看到清晰的痕跡	圖 39-6：立著持續噴水依然能看到清晰的痕跡

發現：

1. 由圖 39，噴水之後，蝸牛的痕跡有聚水性，形成一條明顯的水路。
2. 蝸牛痕跡經數次噴水沖刷之後，依然保持一條明顯的水路，顯示蝸牛痕跡不易因水沖刷而消失。
3. 蝸牛痕跡在數日過後依然保持噴水後聚水的特性。

(四) 蝸牛痕跡的持久性實驗

發現：

1. 由圖 40-1，經過下雨模擬實驗的沖洗，在雨量達到 1000 毫米時，痕跡依然還在。
2. 由圖 40-2，蝸牛的痕跡在戶外經過日曬雨淋之後，可維持達一個月左右。



圖 40-1：下雨模擬實驗的沖洗，痕跡依然還在



圖 40-2：戶外的蝸牛痕跡

六、研究 6：蝸牛是否有記憶

結果：

表 17：高音符絲鼈甲蝸牛的記憶實驗

不同的蝸牛	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
蝸牛的選擇	○	○	○	x	x	○	x	x	○	x

○：蝸牛往右覓食；x：蝸牛往左覓食

發現：

1. 由表 17，高音符絲鼈甲蝸牛沒有很明顯的記憶能力。

陸、討論

一、蝸牛是否有回到原點的現象

- (一) 動物的家或巢指的是提供育幼、食物、休息、繁殖、躲避敵害、遮風避雨、睡覺、適合的環境的場所；試問蝸牛有家嗎？觀察發現蝸牛不會築巢，也不會挖洞，牠只是躲到適合的環境和食物充足的地方，如果這些都可以說是蝸牛的家，那蝸牛會有很多個家。
- (二) 研究 1 的結果顯示，大部分的蝸牛不會回到原點。英國老奶奶的實驗證明：蝸牛有回家的現象；我們發現：適合蝸牛生存的條件差別很大的情況下，蝸牛會選擇較佳的條件，所以才好像有回到家的現象出現，但要是很多個地方都有好的食物與環境，那蝸牛就會到處停留，四處為家，就如同我們的實驗結果一樣。所以，這跟人類回到家的意義有些不同，蝸牛是在找好的環境和食物。
- (三) 英國老奶奶說：最高紀錄曾有蝸牛從 100 公尺外回到家，研究 1 顯示，以高音符絲鼈甲蝸牛的速率為例，100 公尺只要走大約 10 個小時就到了，所以只要一到二個晚上就可以到達終點，對蝸牛而言，顯然並不困難，所以只要蝸牛數量夠，環境條件又適合，應該不難發現蝸牛從這麼遠的距離又回到原點。

(四) 我們在所實驗的四個區域中，發現扁蝸牛及高音符絲鼈甲蝸牛為數眾多，顯示這兩種蝸牛的傳播能力及適應能力良好，尤其是高音符絲鼈甲蝸牛，2000 年第一次在屏東發現之後，目前已廣及全台，牠的影響及危害，值得再繼續追蹤及研究。

二、食物對蝸牛回到原點的影響

(一) 由研究 2 顯示，蝸牛喜歡停留在食物的附近，所以在不移動花盆的情形下，蝸牛回到原點的情形，會比較明顯。扁蝸牛由於行動較緩慢，耐旱能力較高，所以會直接選擇留在食物附近；高音符絲鼈甲蝸牛對環境的要求比較高，行動又迅速，會在天亮前趕快找到潮濕陰暗的環境，所以也常會在不是食物的地方發現牠。

三、趨性對蝸牛行動的影響

(一) 蝸牛有逆趨地性，爬高的好處是下大雨時可以避免走避不及而被淹死。

(二) 研究 3 顯示高音符絲鼈甲蝸牛對潮濕的要求比較高，在實驗場地的觀察，大部分都躲在潮濕的花盆下，這也顯示這樣的環境比較容易找到牠，如果能佈置這種潮濕的場地，那他回到這個地點的意願就會提高。

(三) 研究 3 顯示高音符絲鼈甲蝸牛害怕白熾燈光，因白熾燈光比較接近太陽光，高音符絲鼈甲蝸牛對陰暗潮濕的要求比較高(圖 41)，而白光意味著熱與乾旱，對牠來說具有致命的威脅，所以要盡量躲避。扁蝸牛相對喜歡躲在較乾燥的高處，比較耐乾旱(圖 42)。



圖 41：在潮濕花盆下的高音符絲鼈甲蝸牛



圖 42：躲在花盆邊緣凹槽的扁蝸牛

四、感官對蝸牛行動的影響

(一) 研究 4 顯示，蝸牛的視覺及聽覺並不靈敏，有些資料指出，蝸牛懼怕紅色、橙色，喜歡綠色、藍色，實驗顯示並非如此，蝸牛選擇顏色是隨機的，分辨顏色的能力與視力不佳，牠主要是靠嗅覺來感覺外界的一切，所以回到原點行為與嗅覺比較有關係。

五、痕跡跟隨對蝸牛行動的影響

(一) 研究 5 顯示，蝸牛確實有痕跡跟隨的現象，因為這樣子確實可以減少摩擦力，而達到省力的目的，根據參考資料二指出，痕跡跟隨對蝸牛很重要，因為 1.蝸牛可藉此爬回休息的地方 2.蝸牛可分辨出同種類的黏液痕跡，並找到可交配的對象 3.肉食性的蝸牛可追蹤其他種類蝸牛的痕跡，來找到牠並吃掉。

(二) 觀察顯示：扁蝸牛在清晨及黃昏的活動力較強。

(三) 實驗的過程中發現，蝸牛痕跡在噴水後並不容易消失，反而會聚集成一條明顯的水路，而且蝸牛對潮濕本來就比較敏感，這是否意味下雨過後蝸牛反而更容易找到回家的路？我們查閱相關資料後，目前並沒有發現這方面的相關研究，因此值得再深入探討。

六、蝸牛是否有記憶

- (一) 關於蝸牛是否有記憶？參考資料三是一篇有關於非洲大蝸牛記憶的相關研究，他們的研究指出：非洲大蝸牛有一到四天的短期記憶，但我們以高音符絲鼈甲蝸牛的實驗結果，並沒有明確的記憶現象，而且大自然的環境比較複雜，這樣經過試誤學習好幾次後才獲得的記憶，能應付複雜的環境變化嗎？所以蝸牛真的有記憶嗎？記憶會影響蝸牛的行動嗎？我們持保留的態度，但值得繼續探討。

柒、結論

一、蝸牛是否有回到原點的現象

- (一) 蝸牛不一定會回到原點，而回到原點的機制與食物及環境有關。

二、食物對蝸牛回到原點的影響

- (一) 扁蝸牛會跟著食物移動並停留在食物附近。
- (二) 高音符絲鼈甲蝸牛夜晚會在食物附近覓食，白天會選擇陰暗潮濕的環境棲息。

三、趨性對蝸牛行動的影響

- (一) 蝸牛有逆趨地性，可以避免被水淹死。
- (二) 蝸牛有趨濕性，高音符絲鼈甲蝸牛對潮濕的要求較高，扁蝸牛較耐乾旱。
- (三) 蝸牛有負趨光性，尤其高音符絲鼈甲蝸牛不喜歡白熾燈光。

四、感官對蝸牛行動的影響

- (一) 蝸牛沒有聽覺。
- (二) 蝸牛的視覺能力不佳，對顏色沒有特別的喜好。
- (三) 蝸牛的嗅覺較靈敏。
- (四) 蝸牛主要靠嗅覺來感覺週遭的環境，所以蝸牛的回原點行為與嗅覺較有關。

五、痕跡跟隨對蝸牛行動的影響

- (一) 蝸牛確實有痕跡跟隨的現象。
- (二) 蝸牛痕跡經噴水後，可形成一條明顯的水路，蝸牛痕跡不易因雨水沖刷而消失。
- (三) 痕跡跟隨可以讓蝸牛找回適合的環境、食物或同伴。

六、蝸牛是否有記憶

- (一) 高音符絲鼈甲蝸牛沒有明顯的記憶能力。

捌、參考資料

- 一、謝伯娟(民93)。蝸牛不思議。遠流出版社。
- 二、謝伯娟等(民95)。台灣蝸牛圖鑑。行政院農委會林務局。
- 三、林暉烈等(民96)。背著房子走天涯-蝸牛對光、電、環境刺激的反應。中華民國第四十七屆中小學科展高中組生物科
- 四、謝秉翰等(民96)。解開蝸牛的秘密---習性、運動方式與適應力。中華民國第四十七屆中小學科展國小組自然科。

【評語】 080311

1. 觀察學校及住家附近的蝸牛行為，紀錄詳實用心。
2. 研究範圍過於廣泛，結果不夠深入及聚焦，對於已經知道的知識，如避光性、向濕性、逆趨地性、聽覺及視覺不佳等，都不必重複驗證。
3. 未來可再深入探討蝸牛痕跡。