

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

第三名

080306

自然界的「魯班公」

— 白玉蝸牛螺殼修補能力之研究

學校名稱：彰化縣溪州鄉水尾國民小學

作者： 小六 鐘于琇 小六 魯姣茵 小五 鐘偉菱	指導老師： 吳建儒 林碧珊
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：蝸牛、螺殼、修補

摘要

蝸牛的螺殼破損時主要是靠外套膜分泌碳酸鈣來修補，我們好奇白玉蝸牛如何修補破損的殼，所以建置溫室來觀察白玉蝸牛的修補行為，我們發現：

- 一、白玉蝸牛在受傷後，外套膜先製造一層薄膜，隔絕內部軟體與外界環境的接觸，再慢慢分泌含有碳酸鈣的黏液，由內至外修補破損。
- 二、次體螺層修補速度會高於體螺層，而外套膜覆蓋不到的殼頂破損時，無法修補。
- 三、白玉蝸牛受傷後會選擇進食對修補殼有幫助的食物，在食物中添加含有碳酸鈣及蛋白質的飼料，可以幫助修補。
- 四、在螺殼破損處貼上透氣膠帶，可以提高修補率。
- 五、在受傷的白玉蝸牛旁放入健康的蝸牛一起生活，可以幫助修補。
- 六、白玉蝸牛次體螺層的同樣部位再次受傷，修補速度比第一次快 1~3 倍。

壹、研究動機

在一次生態教學的活動中，老師帶我們到附近養殖蝸牛的園區參訪，讓我們瞭解到蝸牛雖然在生活中很常見，但也能成為具有經濟價值的食材，同時也對蝸牛的身體構造和生活方式有更深入的認識，其中讓我們最感興趣的是，蝸牛有「大自然建築師」的稱號，螺殼會隨著蝸牛成長而變大，甚至當牠的螺殼產生破損時，還具有自行修補的能力：『那蝸牛到底是怎麼修補的呢？破洞在哪裡會不會有差別？有沒有方法幫助牠修補？』於是，我們開始了這次的研究。

作品與教材相關性：

康軒版 自然與生活科技領域 五下 第二單元 動物面面觀

翰林版 自然與生活科技領域 六上 第二單元 動物的運動

貳、研究目的

- 一、探討白玉蝸牛對不同位置破損的修補情形。
- 二、探討同一隻白玉蝸牛在不同位置打洞修補的情形
- 三、觀察白玉蝸牛受傷前後的攝食行為。
- 四、比較食物中加碳酸鈣及蛋白質對白玉蝸牛修補能力是否有所幫助。
- 五、探討在外力的幫助下對白玉蝸牛修補能力的影響。
- 六、探討在有同伴的環境下對白玉蝸牛修補能力的影響。
- 七、研究受過傷的白玉蝸牛修補能力的變化。
- 八、觀察白玉蝸牛對不同形狀破損的修補情形。

叁、名詞解釋

一、白玉蝸牛

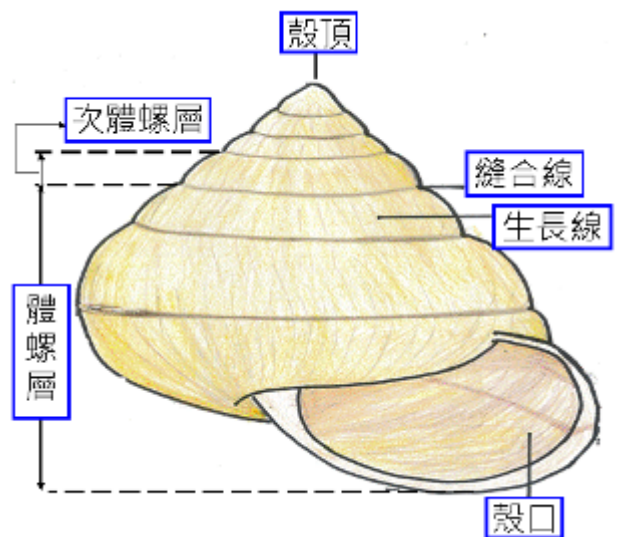
為非洲大蝸牛白化種。白玉蝸牛白化的成因：「腹足肌的組織中，含有多種色素蛋白混合成份的多寡不同所造成，其中最主要的一項是黑色素。若蝸牛先天缺乏一種有助酚性化合物氧化成黑色素的一種氧化酵素—酪胺酸酵素時，其體內就無法合成出黑色素，因而造成蝸牛白化現象」(蔡奇立，2001)



圖 1：白玉蝸牛

二、蝸牛螺殼的構造

殼的最頂端，就是殼開始螺旋的地方，稱為「殼頂」。隨時間的成長，殼順著螺旋的方向，一層一層地往下增加，殼螺旋至最底層，稱為「體螺層」，蝸牛縮進殼內時的軟體，多是藏於其中。體螺層之上的螺層稱為「次體螺層」，蝸牛的主要內臟器官，則在此螺層之中。(謝伯娟，2004)



三、外套膜

是蝸牛身體背部皮膚的皺摺，所延伸形成的薄膜，位於身體與內臟團背面，夾在殼與軟體間，可保護身體，也可分泌碳酸鈣與貝殼質使殼成長，當殼有破損時，外套膜上的細胞也能分泌具有碳酸鈣的成分的黏液來修補破損。(謝伯娟，2004)

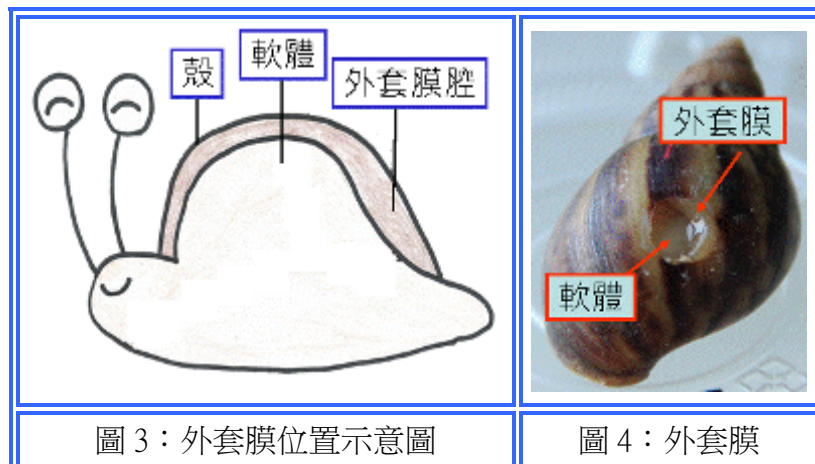


圖 3：外套膜位置示意圖

圖 4：外套膜

肆、研究材料與方法

一、研究材料：

數位相機、數位攝影機、腳架、電動雕刻筆、電子游標尺、電子秤、水族箱、布丁盒、衛生紙、噴水器、鑷子、油漆筆、乳膠手套、透明塑膠袋、尺、透氣膠帶、透明膠帶、保鮮膜、白膠、溫度計、塑膠帆布、100 瓦燈泡、延長線、計時器

二、研究方法：

(一)儀器設備說明

1.為什麼要選擇白玉蝸牛做為實驗觀察的對象？



白玉蝸牛是從生態園區取得，來源品質比較穩定；且可以將實驗結果直接應用在園區內的蝸牛身上，然而白玉蝸牛為非洲大蝸牛的白化，抵抗力較非洲大蝸牛弱，在照顧上需要多費心。

2.為什麼要將蝸牛養殖於布丁盒內？



最初集體養在水族箱內，不容易維持溫度和濕度，死亡率也比較高，所以改成用布丁盒養殖。布丁盒只有一個通風口，在冬天時，減少冷空氣進入，可維持溫度，內鋪有濕潤的衛生紙，以保持濕度；且蝸牛隔離養殖，可避免因蝸牛死亡，造成感染。

3.餵食蝸牛的食物，為什麼以地瓜為主？



地瓜為根莖類，不像葉菜類容易受農藥汙染，可以安心餵食，蝸牛接受度高，且地瓜切成條狀，擺放多天不易腐爛，不會造成生活環境的汙染。

(二) 養殖溫室的改進歷程

1. 溫度控制

	做法	溫度測量	觀察	評估
階段一	選擇木板床的下鋪為放置空間，並用 PP 板隔離四周冷空氣。將蝸牛放在水族箱中，鋪上培養土高度約 10cm。	◎室外：12 度 ◎室內：16 度 ◎溫室內： 17 度	多數蝸牛覺得寒冷，躲到土裡，有的甚至開始結膜。 	溫度不適合蝸牛生長 
階段二	在溫室內裝設一盞 100W 燈泡及定時裝置，模擬正常環境下白晝與黑夜的情境，發現溫室內溫度分布不均勻，因此架設兩盞燈泡，以解決溫度不均問題。	◎一盞燈泡： 20~22 度 ◎兩盞燈泡： 22 度	蝸牛死亡與休眠的情形減少，活動力增強許多。	溫度適合蝸牛生長，但能否抵抗接下來 10 度以下的寒流，仍待觀察
階段三	在溫室外加蓋塑膠帆布，有效讓熱空氣保留在溫室中不會逸散。	溫度上升至 24 度	蝸牛更不容易死亡	即使室外溫度相當寒冷，溫室內溫度還是能維持一定。

2. 濕度控制

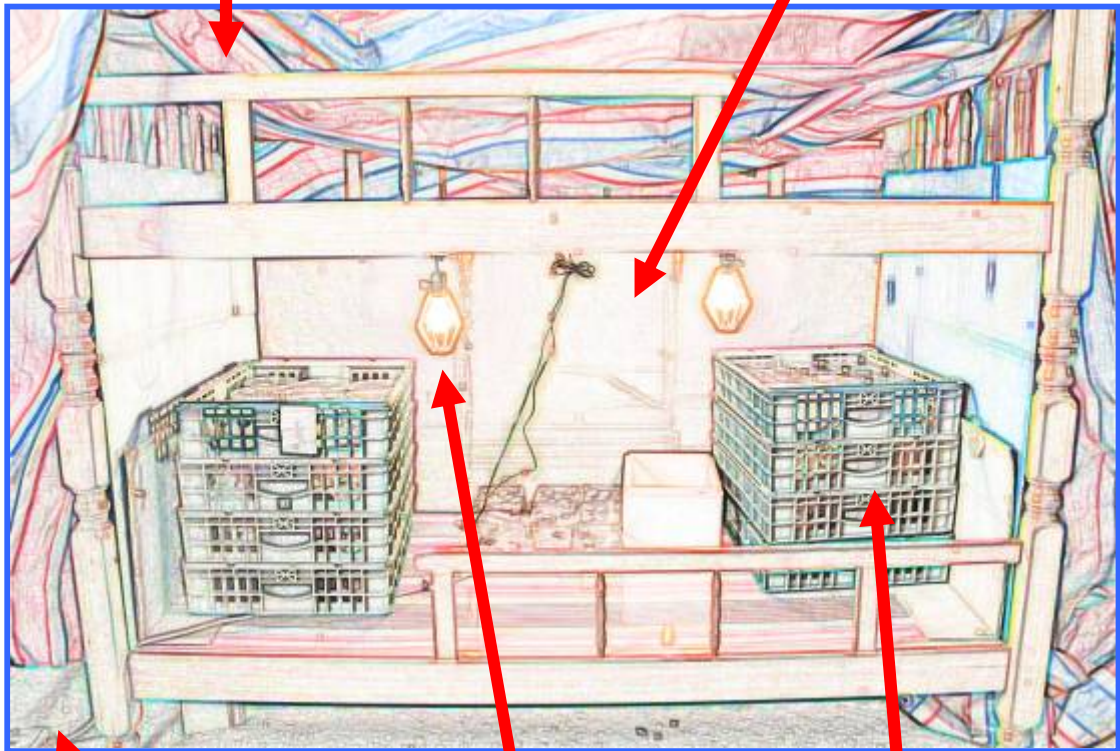
	做法	照片	觀察與改進
階段一	將蝸牛放在水族箱中，頂端蓋上鐵網，避免蝸牛爬出，每日用灑水器噴水，使培養土保持濕潤。		因用燈泡照射，培養土很快就因熱力而乾燥，會造成蝸牛休眠；且培養土很容易黏附在蝸牛身上，造成研究的不便。
階段二	將蝸牛放在水族箱中，頂端蓋上鐵網，避免蝸牛爬出，鋪在水族箱底部鋪瓦楞紙板，每日噴水，並放置水盤。		無法有穩定的濕度，造成蝸牛死亡。
階段三	蝸牛放置於布丁盒內，於底部鋪上濕潤的衛生紙，蓋子上開洞，讓空氣流通。		水分不易蒸發，能保持適當濕度，不用每天噴水。 



塑膠帆布
覆蓋整個床鋪，隔絕冷空氣，熱氣
不易散逸。



PP 板
隔絕冷空氣



電源計時器
控制燈泡開關，讓溫
室有白晝與黑夜分別



燈泡
兩盞 100 瓦燈泡，保
持溫室內的溫度。



塑膠籃
放置布丁盒，不阻擋
熱度，保持空氣流通

圖 5：實驗環境建置完成圖

(三)實驗方法說明

1.如何在螺殼上打洞，又不會造成殼破裂，甚至傷到蝸牛器官？



原本打算用釘子敲打來鑽洞，但力道不好控制，怕會造成螺殼龜裂，也無法精準的鑽出需要的長度，因此改用電子雕刻筆，以研磨的方式慢慢將殼磨薄，失敗率低，也不會傷到蝸牛的軟體部位。

2.如何決定洞的形狀，最後為何決定長條形？



以其他形狀來做實驗，就需計算修補的面積，但修補過程是不規則性的，計算面積容易有誤差，最後決定將鑽洞的形狀固定為長條形，測量修補的長度，用這些長度來觀測修補的情形。

3.如何測量螺殼上破損的修補長度？



螺殼的生長是呈現曲面的，在測量破損的修補長度時，無法用直尺貼合螺殼測量，因此決定用透明塑膠袋覆蓋在破損處，並用筆在塑膠袋上做記號，再用游標尺將長度量出來。

4.如何判斷蝸牛螺殼上的破損已修補完成？



當破損缺口被填滿，就視蝸牛已完成修補，但我們發現修補完的傷口，殼皮部分無法再復原，與原來的殼面會有高低落差。

5.如果時間充足，蝸牛會不會把殼完全修補完，還是補到一半就不補了？



我們發現，有些蝸牛補殼補到一個程度就會有停滯的現象，推測可能是那些蝸牛覺得破損處對牠已經沒有生命的威脅，所以才沒有完全補完，我們也持續的對這些蝸牛做後續的追蹤，看最後是否能全部補滿。

6.實驗三中，為何選擇萵苣、豆腐、砂糖和馬鈴薯四種食物做為實驗材料？

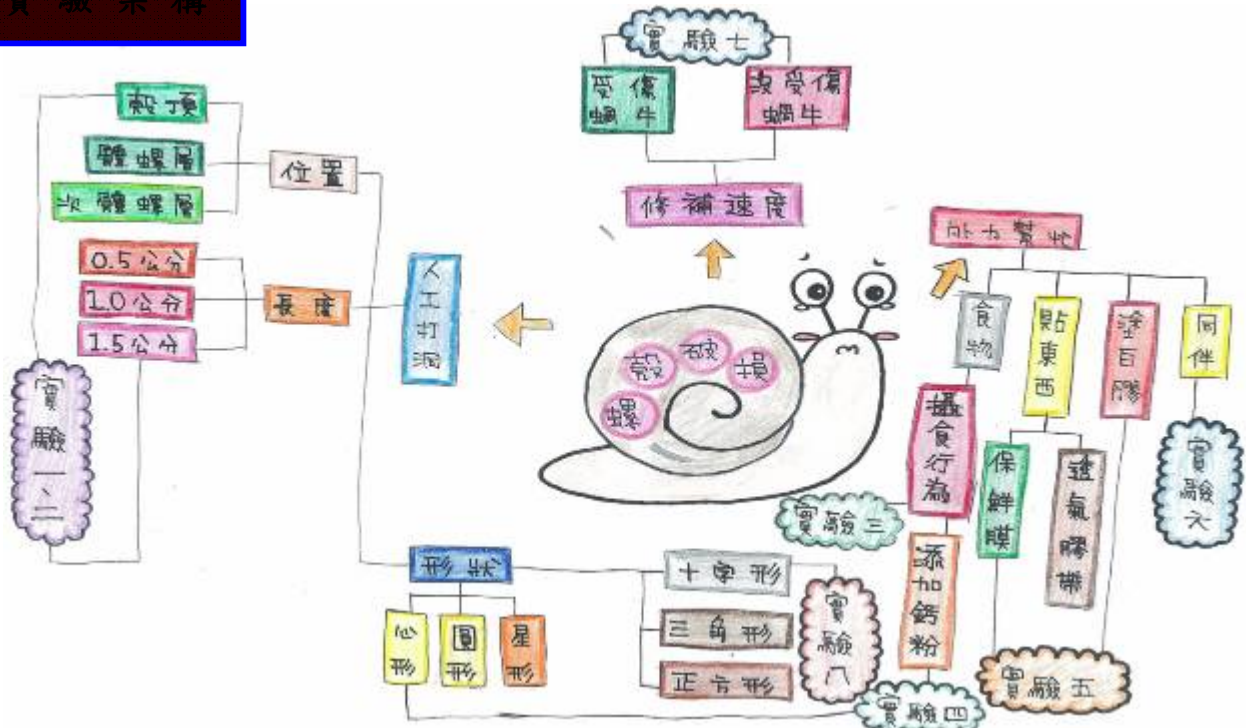
我們先進行空白實驗，拿營養成分不同的食物做測試，發現牠們對這四種食物的接受度比較高，故決定以其它三種食物為對照組，與豆腐一起進行實驗。

7.在實驗過程中是否會造成蝸牛死亡？它所代表的意義為何？

截至目前為止，在溫室中進行實驗的蝸牛約一百餘隻，打洞後一周內皆無異狀，其中有兩隻在修補過程中死亡，我們歸類為因身體素質較弱被自然淘汰，換算死亡率在 2% 以下，顯示如在溫室中培育受傷蝸牛，可以有效控制死亡率。

伍、研究過程、結果與討論

實驗架構

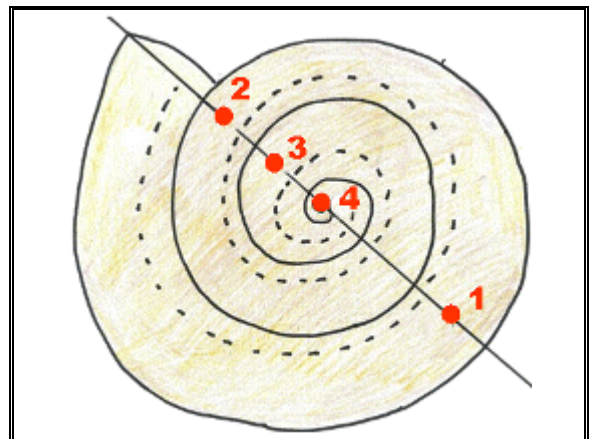


【實驗一】探討白玉蝸牛對不同位置破損的修補情形

一、**實驗假設**：預測位在次體螺層的位置三修補率最佳。

二、**實驗步驟**：

- (一) 找出 30 隻殼長為 4—5 公分的蝸牛。
- (二) 將蝸牛由殼口到殼頂處用油性筆畫直線，以此直線為中線，分別在體螺層和次體螺層的三個部位，用油性筆分別畫出 0.5 公分、1.0 公分和 1.5 公分三種長度，每個長度 3 隻蝸牛，共 27 隻。
- (三) 用電子雕刻筆沿著直線鑽洞，直到將螺殼鑽破，需注意，不要傷害到蝸牛的軟體或內臟。
- (四) 用電子雕刻筆將剩餘 3 隻蝸牛的殼頂鑽破。
- (五) 將透明塑膠袋覆蓋於破損處，用油性筆在塑膠袋上做記號，記錄螺殼修補的長度變化，並用游標尺測量記號的長度。
- (六) 照相記錄螺殼修補的情形。
- (七) 以上過程見圖 6 ~ 圖 13。



打洞位置的標記方式：

以殼口為起點畫一條線穿過殼頂。

位置一、二位在體螺層，位置三位在次體螺層，位置四於殼頂。



圖 6：測量蝸牛長度



圖 7：殼上寫編號



圖 8：量長度並畫記號



圖 9：電子雕刻筆鑽洞



圖 10：量修補長度，在塑膠袋上做記號



圖 11：游標尺測量修補長度



圖 12：修補前照片



圖 13：修補後照片

三、實驗紀錄：



表 1：破損長度為 0.5 公分時，不同位置的平均修補率一覽表

天數(天)		1	4	7	11	14	18	21	25	28
平均 修補率 (%)	位置一	0	13.7	16.3	29.5	37.3	41.0	48.0	50.0	51.3
	位置二	0	14.0	20.3	24.3	27.7	30.7	44.3	49.7	66.3
	位置三	0	22.7	40.0	66.0	81.3	94.1	100.0	100.0	100.0

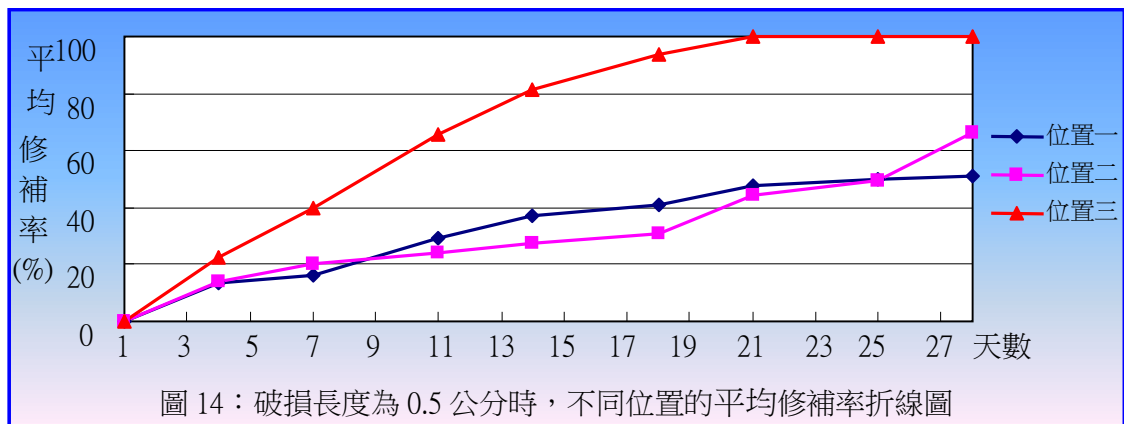




表 2：破損長度為 1.0 公分時，不同位置的平均修補率一覽表

天數(天)		1	4	7	11	14	18	21	25	28
平均	位置一	0	20.3	22.3	28.5	34.0	39.8	42.0	44.5	45.8
	位置二	0	18.0	21.0	28.0	31.5	34.3	42.0	45.0	45.7
(%)	位置三	0	20.7	34.6	40.2	46.8	52.2	56.8	60.0	78.3

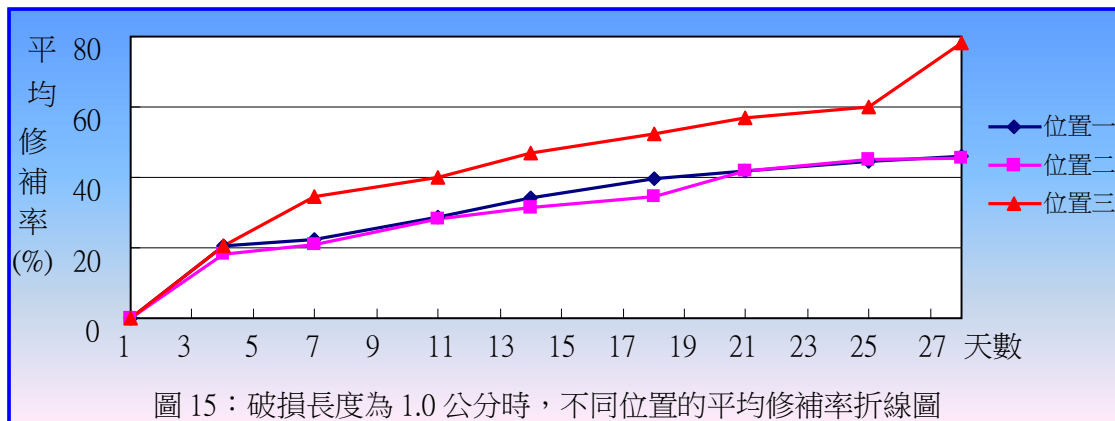
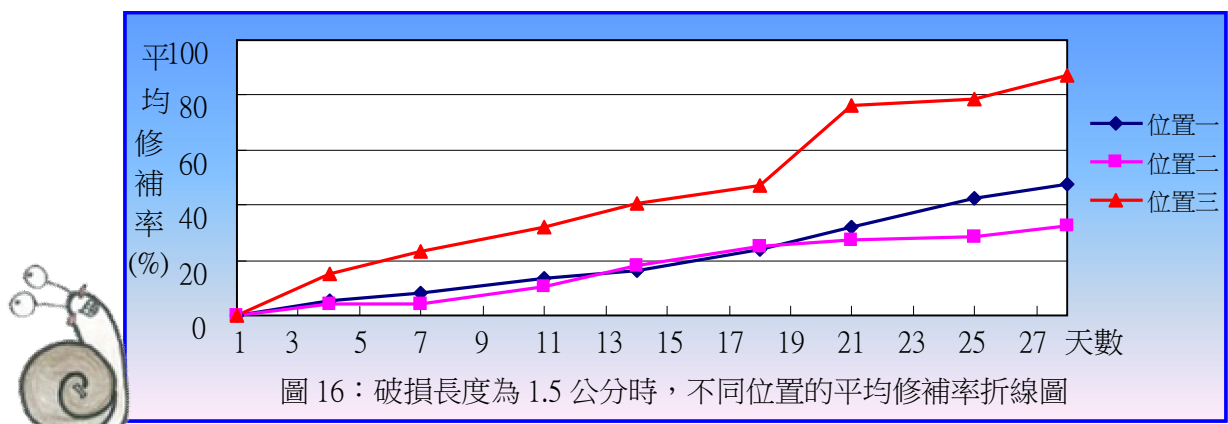


表 3：破損長度為 1.5 公分時，不同位置的平均修補率一覽表










天數(天)		1	4	7	11	14	18	21	25	28
平均	位置一	0	5.0	8.0	13.2	16.0	24.1	32.1	42.6	47.8
	位置二	0	4.0	4.1	10.7	17.8	25.1	27.6	28.2	32.4
(%)	位置三	0	15.0	23.3	32.2	40.4	47.3	76.2	78.2	87.3

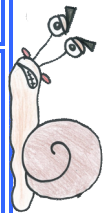


四、實驗結果：

- (一)結果支持實驗假設，由實驗紀錄可得知，這三種破損長度在位置三的修補能力皆最佳。
- (二)由表 4 得知，殼頂破損的三隻蝸牛，在經過 28 天之後，破損的地方並沒有修補，活動力與其他位置破損的蝸牛也無不同。從洞中隱約看到其臟器，但沒有看到外套膜的蹤跡。

表 4：不同時期螺殼頂修補情形一覽表

編號	第 1 天	第 14 天	第 28 天
1			
2			
3			



五、實驗討論：

- (一)由實驗一的結果，支持了蝸牛會運用外套膜修補殼破損的說法，在外套膜能夠覆蓋到的前三個位置破損，都有相當程度的修補，而殼頂外套膜無法覆蓋，故無法做修補的動作，所以蝸牛的螺殼如果破在殼頂，其受感染致死的機會就會大很多，我們另外翻閱書籍得知，也有一些種類的蝸牛，外套膜會從殼口伸出到殼外，甚至包覆整個螺殼，這一種類的蝸牛能否修補殼頂的破損呢？這需要之後再另行研究才能得知。
- (二)由數據中發現，位置三的修補能力最佳，是甚麼原因造成的呢？如果破損發生在同一隻蝸牛身上，那結果還會相同嗎？因此，在實驗二中，我們想要在同一隻蝸牛身上的三個位置打洞，驗證修補的情形是否與實驗一的結果相同。

【實驗二】探討同一隻蝸牛在不同位置打洞修補的情形

一、實驗假設：預測位置三的修補率最佳。

二、實驗步驟：

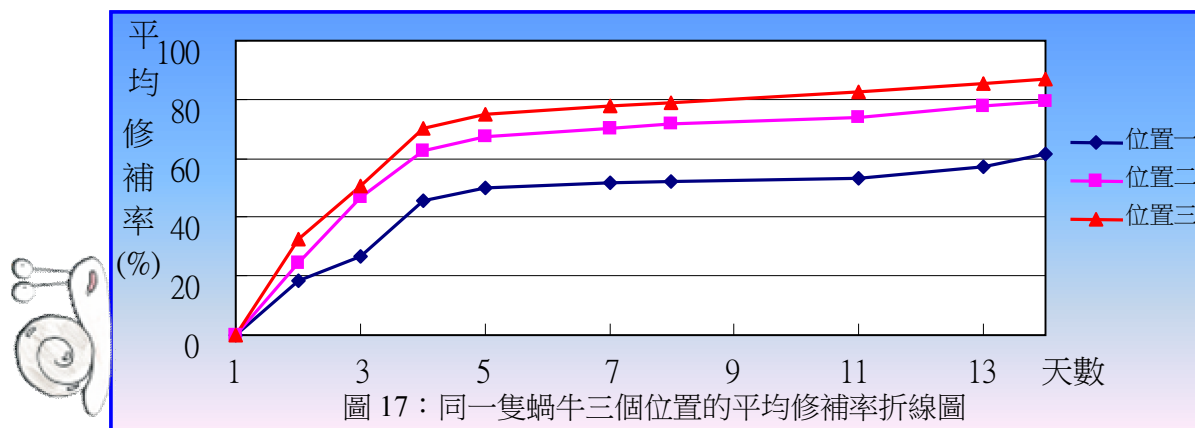
- (一)取五隻蝸牛，分別在三個位置鑽 1.0 公分長的洞。
- (二)拍照並記錄長度變化。

三、實驗紀錄：

表 5：同一隻蝸牛三個位置的平均修補率一覽表



天數(天)		1	2	3	4	5	7	8	11	13	14
平均 修補率 (%)	位置一	0	18.5	26.4	45.4	50.0	51.4	52.1	53.3	57.1	61.2
	位置二	0	24.3	46.8	62.4	67.7	70.0	71.9	73.7	77.7	79.3
	位置三	0	32.8	50.4	69.9	74.9	77.5	78.9	82.5	85.2	87.1



四、實驗結果：

結果支持實驗假設，當同一隻蝸牛身上同時有三個位置的破損，以位置三的修補率最高。

五、實驗討論：

- (一)實驗一、二的結果顯示，在破損長度不同的情形下，蝸牛在位置三的修補率皆最高，由文獻中我們知道蝸牛的修補主要是靠外套膜分泌碳酸鈣，而體螺層是蝸牛腹足運動最頻繁的地方，同樣的，外套膜一樣會密集的接觸到破損處，但為什麼是位置三的修補能力最佳呢？我們推測位置一、二主要位在體螺層，是蝸牛放置腹足的地方，而位置三在次體螺層，主要的內臟器官都在這裡，此應該是蝸牛傾向先修補次體螺層的原因。
- (二)在表 5 中，我們發現在第四天時，同一隻蝸牛在三個位置的修補率皆已達 45% 以上，而在實驗一的表 2 中發現，一隻蝸牛只有一處破損，在第四天時修補率約為 20%，我們推測是因多處的破損刺激蝸牛的防衛機制，讓牠的修補能力提升，當生命不受威脅之後，修補速度便趨於平緩。

【實驗三】觀察白玉蝸牛受傷前後的攝食行為



一、實驗假設：預測蝸牛受傷前後攝食行為會產生改變，且增加吃豆腐的次數。

二、實驗步驟：

(一)於水族箱內放置四種食物(豆腐、馬鈴薯、砂糖、萵苣)，並在正上方架設攝影機。取十隻蝸牛編號後，放入箱中，連續拍攝三天，記錄攝食情形。

(二)第三天拍攝結束，將這十隻蝸牛在位置三鑽 0.5 公分長的洞，放入水族箱中，再連續拍攝三天，記錄攝食情形。

(三)將每隻蝸牛的攝食情形做記錄，並統計做直條圖。



圖 18：在水族箱的四個角落放置食物

圖 19：將 10 隻實驗的蝸牛排列在中心

圖 20：架攝影機記錄蝸牛攝食的過程

圖 21：攝食過程照片



圖 22：豆腐



圖 23：馬鈴薯



圖 24：砂糖



圖 25：萵苣

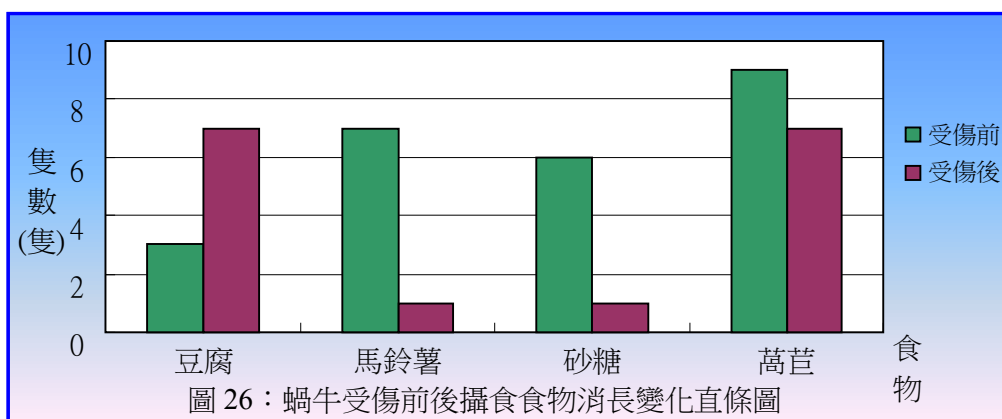
三、實驗紀錄：

表 6：受傷前後蝸牛攝食紀錄表



編號	食物	豆腐	馬鈴薯	砂糖	萵苣	攝食行為 是否有改變
1	受傷前		○	○	○	有
	受傷後	○			○	
2	受傷前		○	○	○	有
	受傷後	○			○	
3	受傷前				○	有
	受傷後	○				

4	受傷前			○	○	無
	受傷後			○	○	
5	受傷前	○	○	○	○	有
	受傷後	○				
6	受傷前	○	○	○		有
	受傷後				○	
7	受傷前		○	○	○	有
	受傷後	○				
8	受傷前				○	有
	受傷後	○			○	
9	受傷前		○		○	有
	受傷後	○			○	
10	受傷前	○	○		○	有
	受傷後		○		○	



四、實驗結果：

結果支持實驗假設，由表 6 得知，蝸牛在受傷前後的攝食行為明顯發生改變，其中攝食馬鈴薯和砂糖的隻數大幅減少，而攝食豆腐的隻數則明顯增加。

五、實驗討論：

- (一)由實驗結果發現，有改變的佔了十分之九，顯示受傷後的蝸牛攝食行為發生變化，進一步研究食物間隻數的消長，發現受傷後的蝸牛除了吃萵苣，也很喜歡吃豆腐，我們推測應該是蝸牛受傷後會尋找能幫助螺殼修補的食物，因此會增加吃豆腐的隻數。
- (二)由文獻得知，蝸牛螺殼破損時，主要是由外套膜上的細胞分泌具有碳酸鈣成分的黏液來進行修補，蛋白質會提供修補細胞所需的熱量，碳酸鈣則是補殼的主要物質，而豆腐剛好能提供蛋白質和部分碳酸鈣的來源，實驗結果也顯示蝸牛受傷後，會改變攝食習慣，增加食用有碳酸鈣及蛋白質的食物隻數，但是食物中的碳酸鈣及蛋白質，對蝸牛補殼真的有幫助嗎？這需要在實驗四中做驗證。

【實驗四】比較食物中添加碳酸鈣及蛋白質對白玉蝸牛修補能力的影響

一、實驗假設：預測食物有加碳酸鈣及蛋白質能增進蝸牛的修補能力



二、實驗飼料粉製作：以廢物再利用的概念來製作蝸牛的食物。

(一)蚵殼粉：蚵殼富含碳酸鈣，是蝸牛修補螺殼重要的營養素。蚵殼經過高溫殺菌，再研磨成粉，不僅適合當蝸牛的食物，而且取得方便。

(二)豆渣粉：為了提供蝸牛足夠的蛋白質，所以我們到豆腐店取得豆渣，利用烤箱低溫烘烤，將水分去除，放至鐵罐密封，食用前研磨成粉狀。

(三)豆渣粉製作過程



圖 27：去除豆渣的水分

圖 28：放入烤箱，低溫烘烤

圖 29：放置鐵罐防潮

圖 30：餵食前，研磨成粉末

三、實驗步驟：

(一)取六隻蝸牛，同於實驗一的方法在位置三鑽 1.0 公分長的洞。

(二)三隻為對照組，每日餵食蝸牛 1 公克的地瓜，三隻為實驗組，在地瓜上加 0.25 公克的飼料粉。

(三)拍照並記錄長度變化。

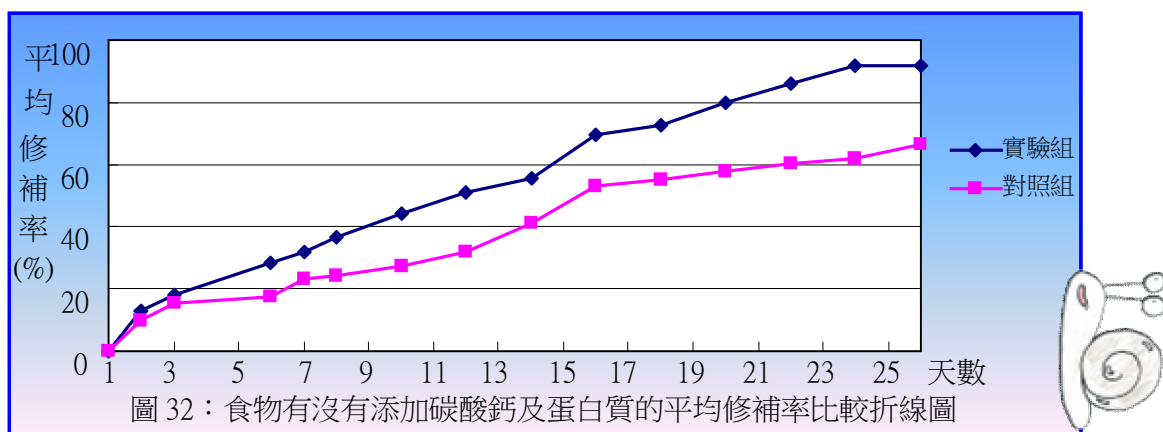


圖 31：含蚵殼粉和豆渣粉的飼料

四、實驗紀錄：

表 7：食物有沒有添加碳酸鈣和蛋白質的平均修補率比較一覽表

天數(天)		1	2	3	6	7	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
平均修補率 (%)	實驗組	0	12.8	18.0	28.3	32.0	36.5	44.3	51.0	55.8	69.7	72.5	80.0	86.3	91.7	92.0
	對照組	0	9.8	15.3	17.7	23.2	24.0	27.3	32.0	41.2	53.0	55.0	57.7	60.5	61.7	66.3



四、實驗結果：

結果支持實驗假設，從圖 32 可看出，有吃飼料粉的蝸牛修補率明顯高於沒有吃飼料粉。

五、實驗討論：

(一)在實驗前，我們發現蝸牛對於一般成人服用鈣片所磨成的鈣粉，接受度並不高，所以我們嘗試將蛋殼磨成粉狀，撒在食物上面，也有部分蝸牛食用狀況不佳，最後我們使用蚵殼粉餵食，才讓蝸牛能正常進食。



圖 33：成人鈣片磨成粉末狀



圖 34：蛋殼磨成粉末狀

(二)由實驗四的結果可以發現，碳酸鈣及

蛋白質是蝸牛修補螺殼的重要養份，所以，這支持了實驗三的結果，蝸牛在受傷之後，吃豆腐的蝸牛隻數增加，表示受傷的蝸牛會在生長的環境中尋覓可以補充碳酸鈣及蛋白質來源的食物。而日後有發現殼破損的現象，可在食物中補充碳酸鈣及蛋白質，幫助修補。

(三)由實驗四的結果得知，在食物中添加碳酸鈣和蛋白質對螺殼修補的能力有所幫助，碳酸鈣能讓螺殼變得較堅硬，蛋白質能提供軟體成長所需的養分，如果可以找出適當的飼料配方比例，讓蝸牛食用後，螺殼不易破裂，又能增加成長速度，這對蝸牛養殖業者來說會是一大幫助，這是之後可以研究的方向。

【實驗五】探討在外力的幫助下對白玉蝸牛修補能力的影響

一、實驗假設：透氣膠帶能緊貼於破損處，預測透氣膠帶對蝸牛修補螺殼提供最大的幫助。

二、實驗步驟：

(一)取 12 隻蝸牛，在位置三鑽 1.0 公分的洞。

(二)3 隻為一組，第一組為對照組，不施以外力的協助；第二組用保鮮膜覆蓋破損處，用膠帶固定；第三組用透氣膠帶黏貼；第四組在破損處塗滿白膠。

(三)測量蝸牛的重量變化。

(四)於 15 天後，將外力因素去除後，測量破損處修補的長度。



三、實驗紀錄：

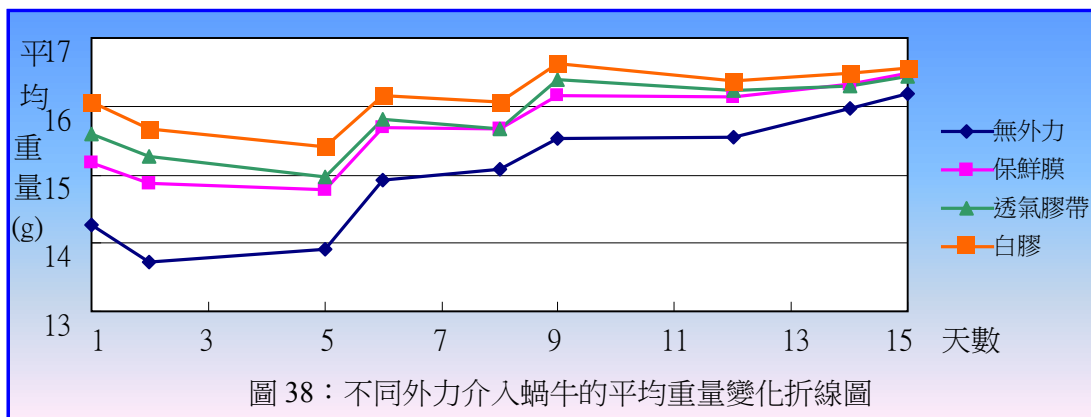


表 8：不同外力介入蝸牛的平均修補率及照片一覽表

外力	無外力	保鮮膜	透氣膠帶	白膠
平均修補率	50.4%	90.8%	100%	54.5%
觀察照片				

四、實驗結果：

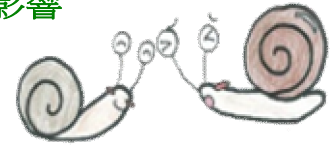
- (一)由圖 38 顯示，三種不同的外力介入後，蝸牛的重量變化折線與沒有外力介入的起伏相似，表示蝸牛可以接受這三種外力的介入。
- (二)結果支持實驗假設，由表 8 結果發現，破損處黏貼透氣膠帶和保鮮膜的平均修補率表現最佳，而塗白膠和無外力介入的，就沒有明顯差異。



五、實驗討論：

- (一)從實驗中發現，貼透氣膠帶和保鮮膜修補狀況非常好，我們推測是隔絕了外在干擾之後，修補速度變快，且破損處也修補的較平整，**原來適用於人類治療傷口的方法，也能適用在蝸牛身上，真是太有趣了！**
- (二)在塗抹白膠的實驗中發現，因蝸牛腹足的蠕動，和黏液的產生，讓白膠無法凝固於破損處，使得修補率和沒有外力介入的蝸牛無明顯差異。如果可以找到一種物質能快速凝固填充至破損處，我們就可以觀察蝸牛在牠的破損處被其他物質填充之後，牠會有怎麼樣的反應？這是我們感到有趣的地方，可以在之後另做研究。

【實驗六】探討在有同伴的環境下對白玉蝸牛修補能力的影響



一、實驗假設：預測受傷蝸牛在有同伴的環境下修補能力較佳。

二、實驗步驟：

(一)取 8 隻蝸牛，在位置三鑽 1.0 公分長的洞。

(二)4 隻為對照組，各別放置於布丁盒；
另外 4 隻為實驗組，分別放置一隻健康的蝸牛於同一個布丁盒內。

(三)拍照並記錄長度變化。



圖 39：對照組

圖 40：實驗組

三、實驗紀錄：

表 9：有無同伴蝸牛的平均修補率一覽表

天數(天)		1	2	3	4	5	6	8	9	12	14	15
平均 修補率 (%)	對照組	0	15.4	34	38.5	47.4	57.9	68.7	75.4	84.8	90.4	91.5
	實驗組	0	13.9	32.8	52.5	64.2	80.0	81.3	85.8	87.6	94.7	94.8

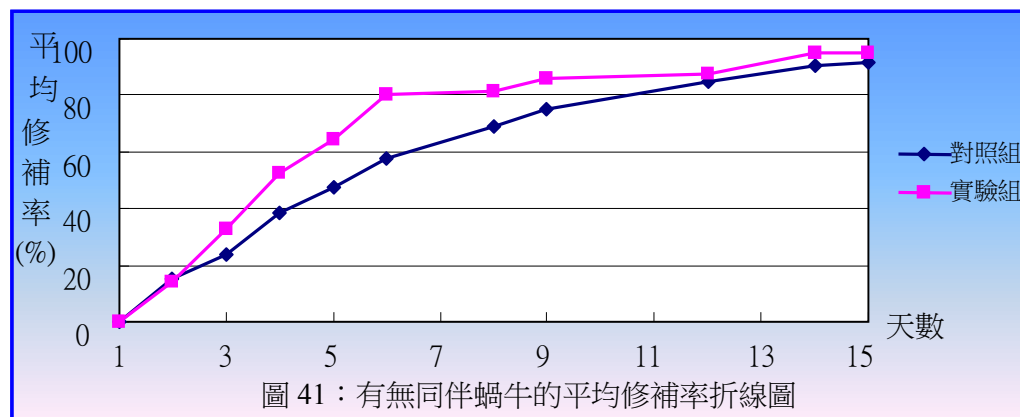


圖 41：有無同伴蝸牛的平均修補率折線圖



四、實驗結果：

實驗結果支持實驗假設，當受傷蝸牛有伴時，修補速度略快於沒有同伴。

五、實驗討論：

從圖 41 可發現，在第 12 天以前，有同伴的蝸牛(實驗組)修補率一直高於沒同伴的(對照組)許多，在實驗過程中發現，我們控制每隻蝸牛食用定量的地瓜，實驗組的地瓜剩餘量少於對照組，我們推測因有同伴爭食，所以讓受傷蝸牛迫於生存，而增加食用地瓜的份量，進而加強破損的的修補。

【實驗七】研究受過傷的白玉蝸牛修補能力的變化

一、實驗假設：預測受過傷的蝸牛修補能力會比沒受過傷的佳。

二、實驗步驟：

- (一)取實驗一中破損長度為 0.5 公分的九隻蝸牛，確認其破損皆已修補完成。
- (二)在原本破損處，再製造相同長度的裂痕。
- (三)拍照並記錄長度變化。

三、實驗紀錄：

表 10：受過傷蝸牛的平均修補率一覽表



天數(天)		1	2	5	6	8	9	12	14	15
平均 修補率 (%)	位置一	0	33.3	38.4	46.3	50.5	53.5	57.5	60.3	65.8
	位置二	0	29.7	40.0	53.7	58.1	64.0	76.5	82.1	82.3
	位置三	0	46.6	57.5	65.3	72.2	72.7	79.1	93.3	100.0

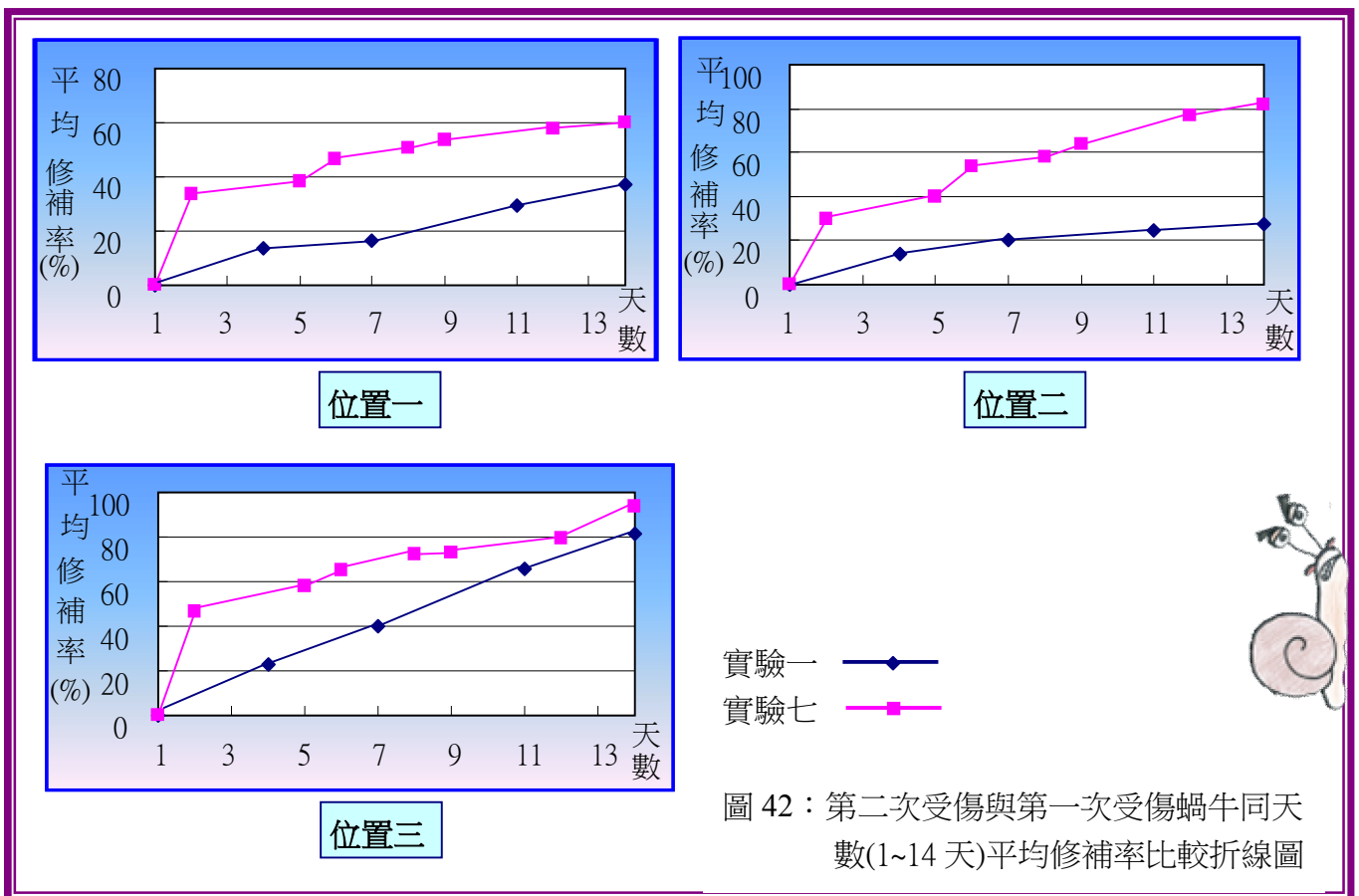


圖 42：第二次受傷與第一次受傷蝸牛同天數(1~14 天)平均修補率比較折線圖

四、實驗結果：

受過傷的蝸牛在位置三的修補率表現最佳，與實驗一結果相同。實驗結果也支持實驗假設，修補的速度明顯快於第一次受傷的蝸牛。

五、實驗討論：

由表 11 結果顯示，在同樣的位置再次受傷，蝸牛修補的速率約為之前的 1~3 倍，受傷過的蝸牛再次受傷後，似乎會提升牠的防衛機制，是否真是如此，還是有其他影響的因子存在，仍需要有更多的樣本數以及做相關的延伸實驗來做支持。

表 11：相同天數(14 天)受傷蝸牛平均修補率比較表

	第一次受傷	第二次受傷	比值
位置一	37.3%	60.3%	1.6
位置二	27.7%	82.1%	3.0
位置三	81.3%	93.3%	1.1

【實驗八】觀察白玉蝸牛對不同形狀破損的修補情形

一、實驗假設：預測蝸牛對於不同形狀的破損皆由內自外開始修補。

二、實驗步驟：

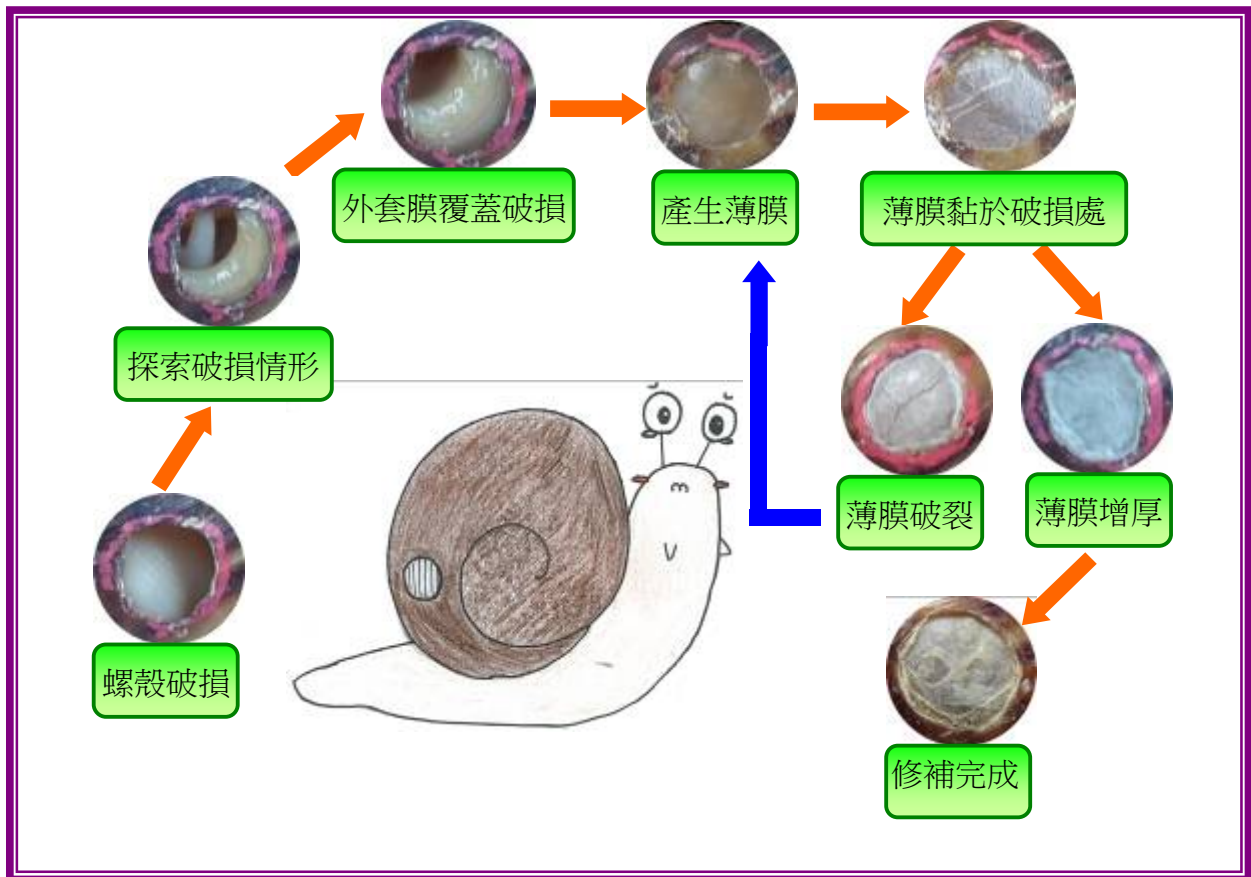
- (一)在蝸牛的位置一(體螺層)分別鑽六種形狀(十字形、三角形、正方形、星形、圓形和心形)，為避免因死亡而無法觀察，所以每種形狀各用三隻蝸牛。
- (二)每日拍照記錄破損處修補的情形並將蝸牛修補螺殼的過程攝影。

三、實驗紀錄：



表 12：六種破損形狀修補過程的連續照片

形狀	修補過程的連續照片
十字形	
三角形	
正方形	
星形	
圓形	
心形	



四、實驗結果：

結果支持實驗假設，由實驗圖片得知，破損形狀不同但修補的方式皆一樣，受傷後蝸牛的外套膜會先製造一層薄膜，材質類似休眠時的結膜，主要是用來隔絕內部軟體與外界環境的接觸，減少感染的可能，接著由內自外分泌碳酸鈣修補破損。

五、實驗討論：

- (一)我們拍攝蝸牛修補螺殼的過程，從影片中發現，不同形狀的破損，修復的速度不盡相同，但修補的方法是一致的，首先外套膜須製造出薄膜，黏於破損處，並不斷分泌碳酸鈣增厚薄膜，當破裂時，又得重複同樣的動作，直至修補完成，我們將蝸牛修補螺殼的過程，繪製成如圖 43 的步驟圖。
- (二)破損破損面積小(如：十字形、星形)的蝸牛能很快製造薄膜，以隔絕外界干擾，但如果是破損面積比較大時(如：三角形、正方形和圓形)，有些蝸牛仍然可以製造薄膜，但有些蝸牛可能因為破損面積超過自身可以負荷的程度，遲遲無法修補破損，導致活動力下降，一副快死亡的樣子。
- (三)我們運用實驗四、五的結論，嘗試將無法自行修補的蝸牛，在食物中添加飼料粉，在破損處貼上透氣膠帶，發現狀況獲得大幅的改善，蝸牛的活動力及進食恢復正常，破損處也慢慢開始修補。

陸、研究結論

- 一、白玉蝸牛在受傷後，外套膜會先製造一層薄膜，主要是用來隔絕內部軟體與外界環境的接觸，接著外套膜由內自外分泌碳酸鈣修補破損。
- 二、白玉蝸牛對殼上不同位置的修補速度不盡相同，內臟器官所在的次體螺層修補速度會高於腹足所在的體螺層，而外套膜覆蓋不到的殼頂破損時，將無法修補。
- 三、白玉蝸牛在受傷前後的攝食行為明顯發生改變，會選擇進食對修補殼有幫助的食物，且食用含有碳酸鈣及蛋白質的食物，可以幫助修補。
- 四、在白玉蝸牛螺殼破損處貼上透氣膠帶，可以提高修補率，修補後的傷口也較為平整。
- 五、白玉蝸牛是群居動物，在受傷的蝸牛旁放入健康的蝸牛一起生活，可以幫助修補。
- 六、白玉蝸牛在次體螺層受傷之後，在同樣的位置再受傷一次，修補的速度變快，為第一次受傷的 1-3 倍。

研究初期，我們對蝸牛的修補能力存疑，擔心會對這一隻隻雪白的可愛小蝸牛造成傷害，透過仔細的觀察與試驗，漸漸了解到蝸牛補殼的真相，對牠也從懷疑轉為佩服，蝸牛就像一位精準的建築師，為牠自己量身打造居住的地方，也從牠們身上看到，生物為了生存所展現的智慧與本能。目前有關蝸牛補殼的資料很少，希望我們的研究能讓大家對牠們有更多的認識，另外研究裡發現可以幫助蝸牛修補螺殼的方法，也可以做為日後養殖白玉蝸牛的參考。

柒、參考資料

- 1.蔡奇立(2001)。白玉蝸牛。自然保育季刊，36，66~69。
- 2.謝伯娟(2004)。蝸牛不思議—21 個不可思議主題&100 種台灣蝸牛圖鑑。臺北市：遠流。

【評語】 080306

1. 觀察仔細，記錄詳實用心。
2. 可增加觀察樣本數及重複次數，例如有同伴的情況下對修補能力較佳、第二次受傷的蝸牛修補率高於第一次受傷的蝸牛，以增加可信度。