

作品名稱：蟑螂的生物學觀察

國中組 生物科 第三名

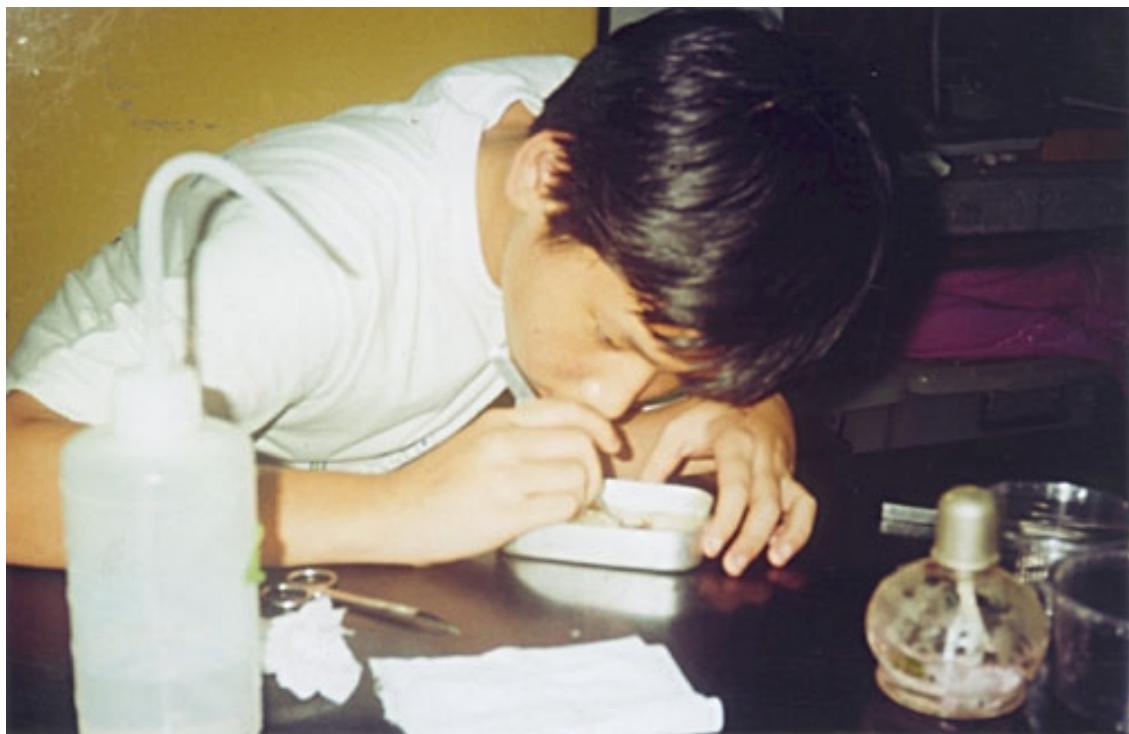
縣市：臺北市

作者： 詹宗諭

校名：介壽國中

指導教師： 施桂三、李怡嫻

關鍵字：再生圍、食膜、胃盲囊、梯度



# 蟑螂的生物學觀察

## 一、研究動機：

我對蟑螂的好奇與興趣從未終止過，自從上一年做了『活化石—蟑螂的生活觀察』實驗後，更多的問題引發出我的好奇心，腦海中一直思考「蟑螂為什麼能在地球上活動三億多年成為標準的活化石」，除了生殖能力強外，牠的足及觸鬚斷了會不會再生？把它胃盲囊摘除會有何變化？牠在何溫度下進食的多、排泄的多？-----等等，都有待我進一步的研究。

## 二、研究目的：

### (一) 蟑螂的再生能力觀察：

1. 蟑螂自割行爲實驗
2. 蟑螂足部（含基節、轉節、腿節、脛節及跗節）再生的實驗
3. 蟑螂觸鬚的再生實驗
4. 將足神經球燒掉的再生實驗

### (二) 由蟑螂胃盲囊的摘除，來觀察牠腸內圍食膜的變化

### (三) 蟑螂在何種溫度下（以恆溫箱飼養），進食多？排泄多？



## 三、研究設備、器材：

### ※消化道

顯微鏡(10 × 0.6–4 倍)、單眼照相機(Nikon)、顯微鏡照相機(Nikon)(0.75× 2.5 倍)、解剖用具組、溫度固定箱(36°C、28°C、25°C、20°C、15°C、10°C)、電子秤天平、透明圓形塑膠盒、狗飼料、染色飼料(以狗飼料自染)、三秒膠、瓶蓋、棉花、竹筷、針、千分尺(俗稱卡尺)、固定液(苦味酸 75ml, 福馬林 25ml, 冰醋酸 5ml)。

## 四、研究過程及結果：

### (一) 蟑螂的再生能力觀察：

#### 1. 蟑螂自割行爲實驗：

##### 分若蟲組、成蟲組實驗：

步驟：勾取若蟲 1 cm、1.5 cm、2 cm、2.5 cm 及成蟲 3.5 cm 各 3 隻，每次放一隻入塑膠盆中。

又以一隻竹筷輕壓若蟲的足(跗節、脛節、腿節)或觸鬚(前端、中段)，每次 10 秒，然後放鬆，再壓下(以碼表計時)，直到有自割反應為止，觀察並記錄。



※蟑螂自割行爲實驗

結果：(1) 蟑螂齡期愈小在極短時間愈容易自割。

(2) 足的自割以跗節最容易，觸鬚自割以離頭部愈遠，愈細愈容易自割。

#### 2. 蟑螂足部的再生實驗（含基節、轉節、腿節、脛節及跗節）(以左、右足來比較)

##### (1) 成蟲組實驗：

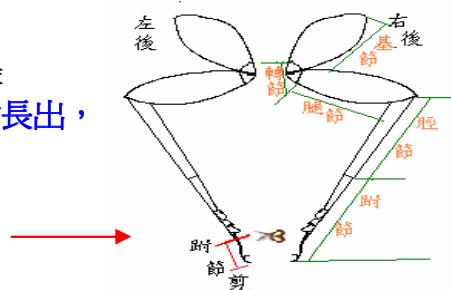
步驟：勾取蟑螂成蟲每組各三隻，分組將①右前跗節剪去 2/3 ②左中脛節剪去 1/3  
③左後腿、脛、跗節全剪去，沒接肢。

又每隻分別放入有食物有水的塑膠盒中觀察並記錄

結果：成蟲不會脫皮再生。剪過的跗節、脛節、腿節不會長出，剪處有反黑現象。

##### (2) 若蟲組實驗：

①左後跗節剪去 1/4 (在跗節第五小節內)



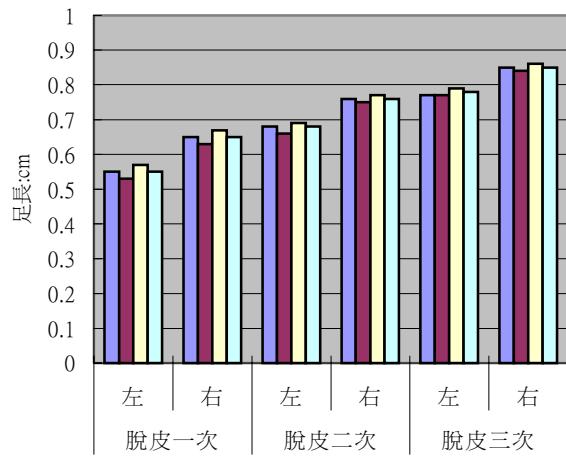
**步驟：**勾取蟑螂若蟲三隻，各剪去左後跗節  $1/4$ 。

ㄉ分別放入有飼料及水的圓盒中觀察並記錄  
**結果：**再生跗節有五節。

若蟲左後跗節剪去  $1/4$ (未接肢)



※ 再生跗節有五節



②左前胫節剪去  $1/3$

③右後腿節、胫節、跗節全剪斷

④右後基節剪去  $1/2$

**步驟：**②③④步驟同若蟲①

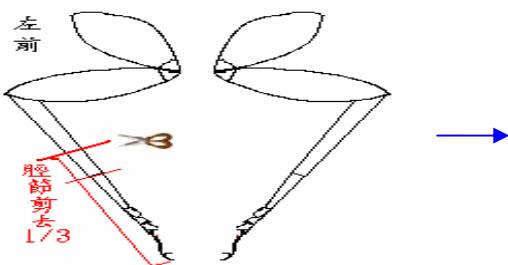
**結果：**勾再生跗節只有四小節【原本有五小節】。向外彎有弧度。

ㄉ若蟲足部剪後，如果在六、七天內就脫皮牠不會在這次脫皮時再生，要等下一次脫皮才會再生，且要經過十天以上的時間脫皮後才會再生，新剪過脫皮後，新長出的附肢較正常時小，等續脫皮後，則漸漸長大。蟑螂的足部及觸鬚再生，只有若蟲有此能力且每脫一次皮就生長一次。

ㄇ若蟲足部除基節不能再生外，轉節、腿節、胫及跗節都會再生，以跗節長的最快。

ㄈ若蟲剪去跗節，再生也是跗節，剪斷胫節，再生還是長出胫節及跗節，剪斷腿節也是長出腿節、胫節及跗節。再生的跗節有向外彎的現象。

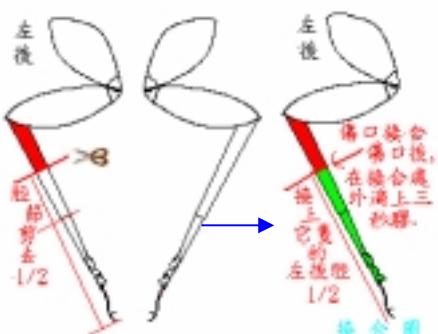
ㄉ自割或剪過的若蟲在脫皮前，完全看不出將長出什麼部位，但在脫皮爬出時，自割或剪過的部位已再生。



※ 跗節只有四節，向外彎有弧度。

⑤左後胫節剪去  $1/2$ ，再接其它隻的左後胫節  $1/2$ 。

**步驟：**：



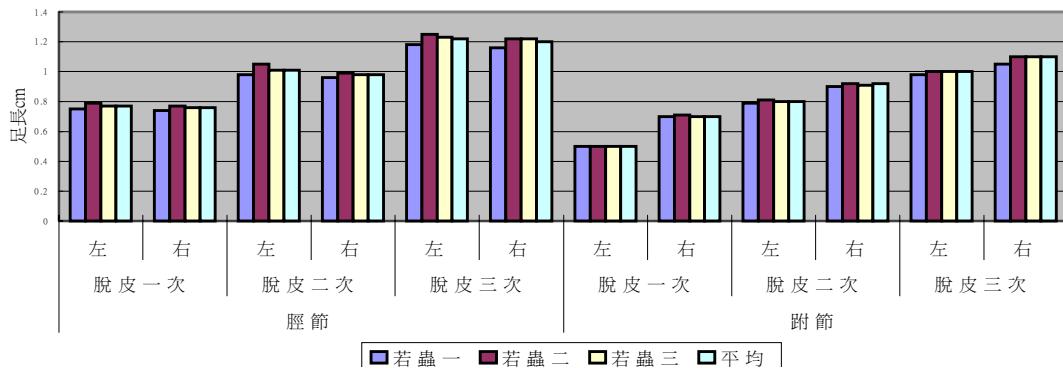
※再生出來的剛毛間距較大，剛毛與脛節的角度較大。



※跗節只有四節

結果：  
ㄉ接肢的脛節再生後，色澤輕淡，剛毛再生後較原先的向上。  
ㄉ再生脛節在剪過與長出位置上，剛毛與剛毛的間距較大。

若蟲左後脛節剪去1/2(接其隻的左後脛節1/2)



說明：左後脛節長出與右後脛節相當。

### 3. 蟑螂觸鬚的再生實驗

(1) 若蟲組(以左、右觸鬚來比較實驗)：

①左觸鬚剪到剩下0.5cm，右鬚完整(左觸鬚上面接脛節)

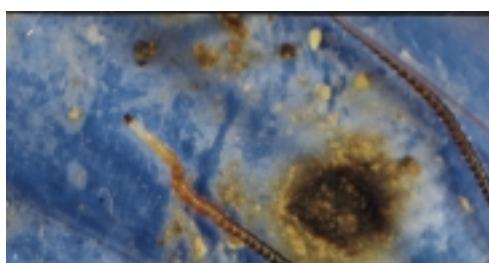
步驟：  
ㄉ取蟑螂若蟲三隻，將左觸鬚剪到剩下0.5cm，右鬚完整  
(左觸鬚上面接自己中右脛節1/3，以三秒膠接合。)

ㄉ分別放入有食物有水的塑膠盒中觀察並記錄。

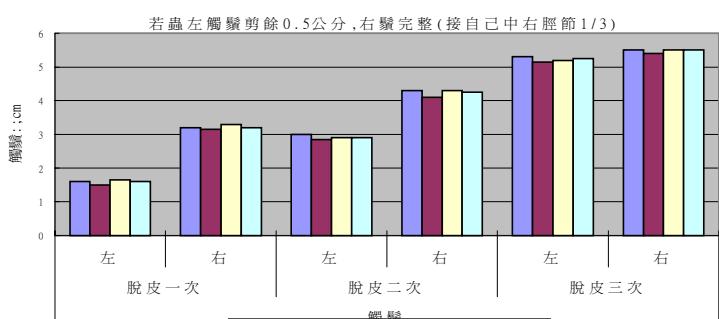
結果：若蟲觸鬚剪過接脛節，經脫皮後，不但會長出觸鬚  
且較粗些有點彎的。



※左觸鬚接脛節



※ 觸鬚再生後有彎的現象，  
不會長出脛節。



說明：左觸鬚脫皮三次後已與右邊接近。

②左、右觸鬚各剪去到只剩下1cm

③左邊觸鬚完整，右邊觸鬚全部剪去

步驟：② ③同①。

結果：  
ㄉ蟑螂若蟲觸鬚經剪過脫皮再生後，會較粗，環節明顯，色較淡。

ㄉ若蟲左右觸鬚同時剪餘下相同長度，經脫皮再生多次，最後左鬚比右鬚長。

## (2) 成蟲組 (以左、右觸鬚來比較實驗):

① 左觸鬚剪到餘下 1 公分，右鬚完整

步驟：取成蟲三隻，將左觸鬚剪到餘下 1 公分，右鬚完整，分別放入有食有水的盒中觀察

結果：~~勾~~成蟲不會蛻皮再生，剪去無論經過多久，都保持原狀，剪處有反黑現象。

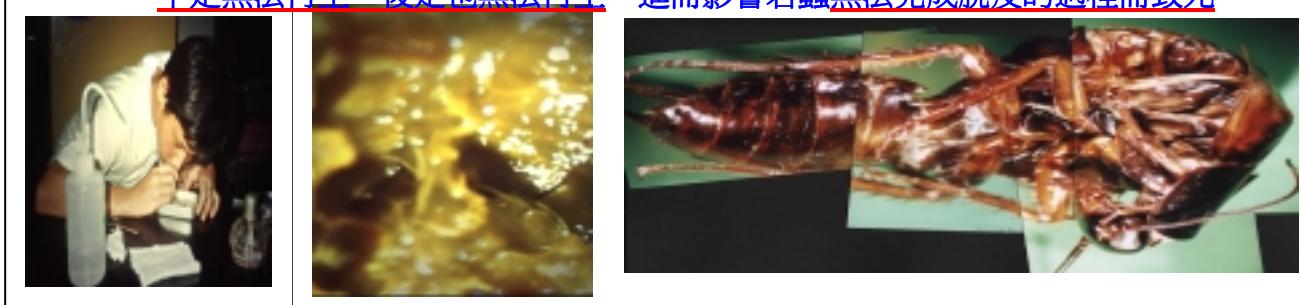
## 4、神經球燒掉的再生實驗(以美洲蟑螂若蟲做實驗)

步驟：(1) 取若蟲 (體長 2 公分) 10 隻。取針一隻插入竹筷頭並以三秒膠黏住，再點燃酒精燈，將針在火上燒到紅。用燒紅的針，由兩個中足的基節中間刺下去。

(2) 結果只有 3 隻存活較長，觀察並記錄。

結果：~~勾~~神經球遭到破壞就不會再生。

~~勾~~若蟲的足神經球燒掉脫皮再生過程，會有脫皮不下的現象，如燒中足神經球則中足無法再生，後足也無法再生，進而影響若蟲無法完成脫皮的過程而致死。



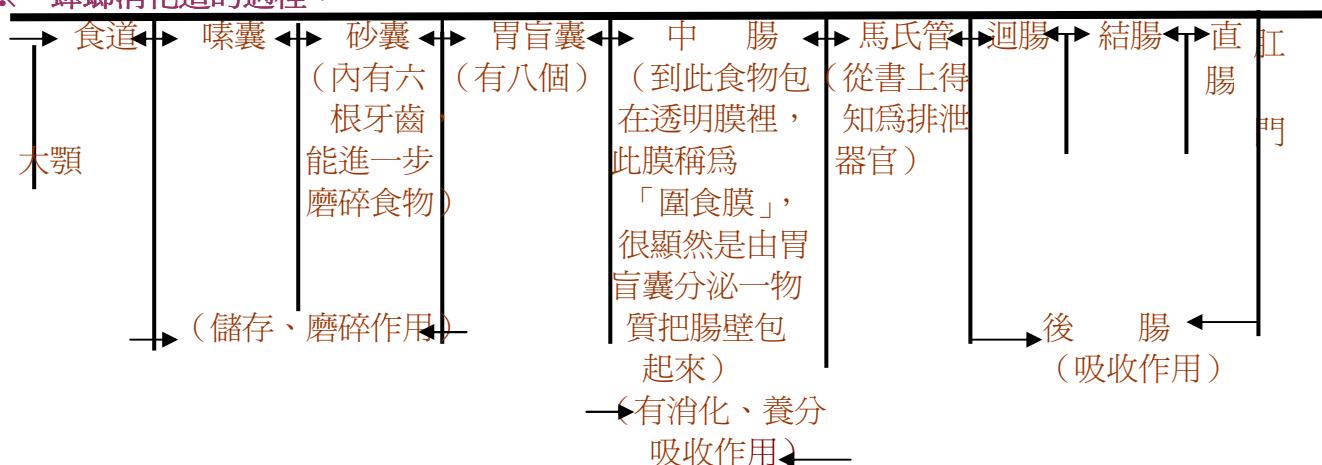
※ 神經球

※ 足神經球燒掉，發生脫皮不下現象。

足神經球燒掉的再生實驗反應表

名稱 時間	若蟲一	若蟲二	若蟲三
第一天	中足還會抽動。	中足關節都直直的，像被拖著走。	中足有氣無力。
第三天	好像不想動一樣。	還是很僵硬，也不怎麼活動。	活動時，中足像被拖著走。
第八天	無法使力，看似被前足和後足拖著走	背板有點拱起，而且有點拉長。	中足像被拖著走，活動量很少。
第十五天	緩緩爬行，中足還是被前足和後足拖著走	死亡	像在冬眠，活動少。
第二十一天	脫皮，中足無法脫出，使本身被舊皮困住，脫不下皮。		背板有點拉長。
第二十五天	死亡		第二十二天死亡

### ※ 蟑螂消化道的過程：



## (二) 由蟑螂胃盲囊的摘除，來觀察牠腸內圍食膜的變化

(在室溫下觀察實驗)(以 15 天為一實驗日期)

由上一年「食物在蟑螂消化道的歷程」實驗得知：從取食到排泄出來需要 24 小時左右，故實驗以存活超過 24 小時的列入紀錄。(先將美洲蟑螂禁食 7 天) 成蟲、若蟲分別做，有完整(無開刀)、開一刀(無取出胃盲囊)、(取出一條至八條胃盲囊)，各有十種實驗。

**染色飼料製作：**取深藍色(Nile Blue) 染料 30ml，倒入 90% 藥用酒精中混合，再將顆粒狀狗飼料放入浸泡 2 分鐘撈起，放在鋁箔紙上，送入烤箱中以恆溫 45°C 烤 24 小時，再將大顆粒壓成小顆粒。

**固定液製作：**(每做一瓶用量) 取苦味酸 75ml，福馬林 25ml，冰醋酸 5 ml 調勻。

### 1. 若蟲組

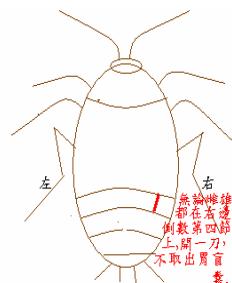
(1) 完整(無開刀)

(2) 開一刀(無取出胃盲囊)

**步驟：**①取若蟲在每一隻背板上(**倒數第四節右邊**)開一刀，並在剪處塗上金黴素，不取出胃盲囊。

②將每隻各放入有食有水的圓盒中，觀察並記錄

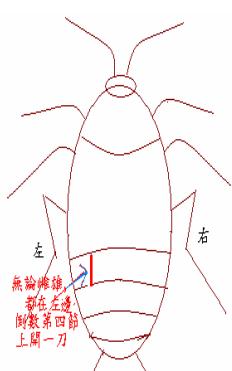
③活至 15 天滿，取出在顯微鏡下解剖消化道，觀看食物與圍食膜的狀況並紀錄。



(3) 開一刀(取出一條至八條胃盲囊)(在**倒數第四節左邊上開**)

**步驟：**① 同(2)

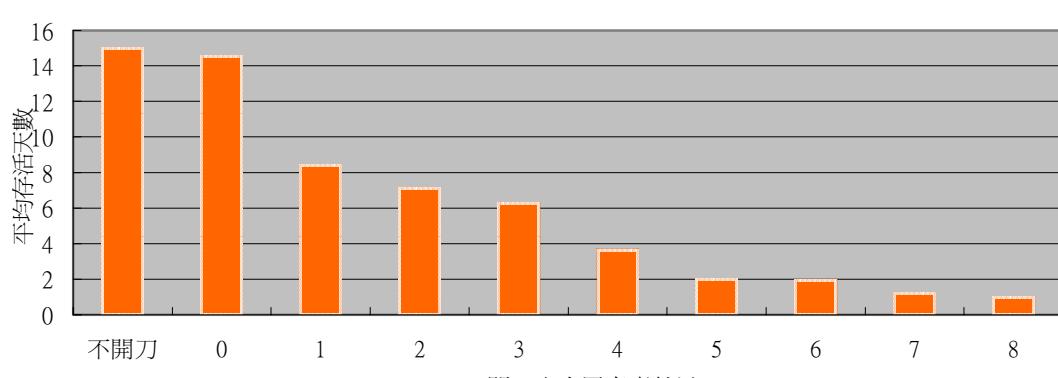
②以消毒棉花將流出體液吸乾，再以眼藥膏(金黴素)塗在開口處，【如死亡則浸泡在固定液中】等解剖時取出以酒精 70% 清洗，然後在顯微鏡下解剖觀察並紀錄。



※ 一條完整胃盲囊

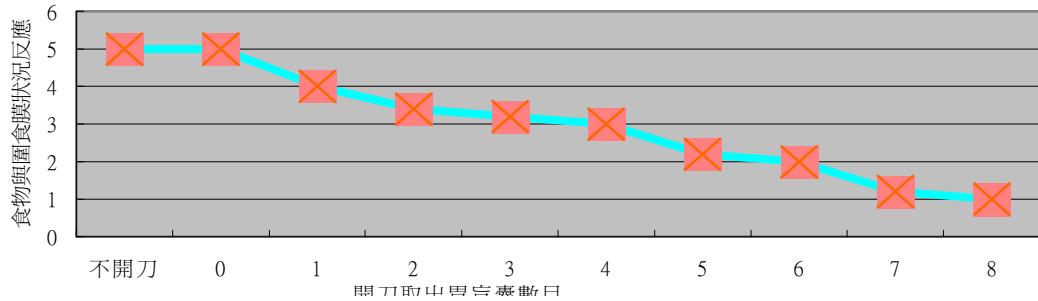
### 結果：

若蟲組胃盲囊摘除平均存活表



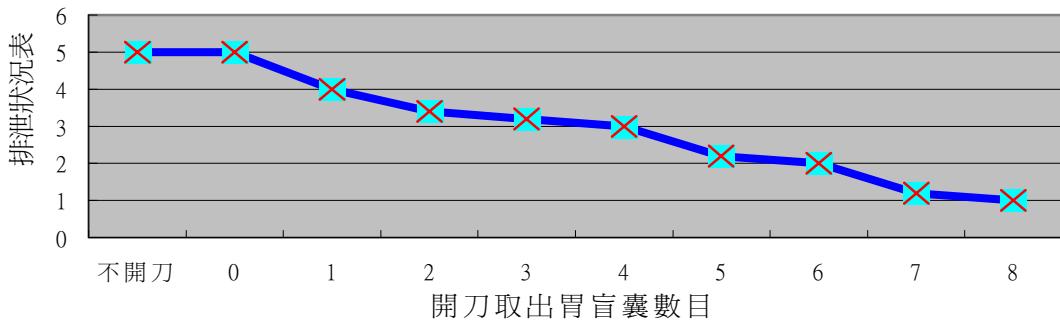
**說明：** 胃盲囊摘除數目越多，存活天數越短。

若蟲組胃盲囊摘除〈食物與圍食膜的反應級數表〉



說明：沒開刀時，圍食膜完整；到摘除五至六條時，已不見圍食膜。

若蟲組胃盲囊摘除排泄狀況表

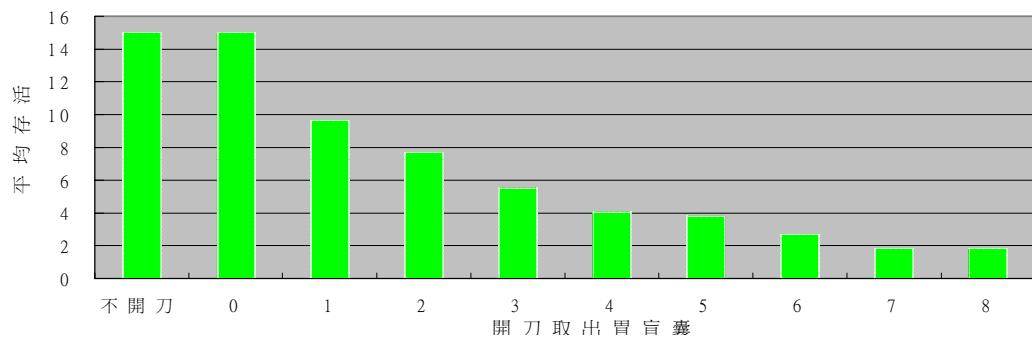


說明：沒開刀時，排泄為乾條狀；摘除八條時，排泄為拉水狀。

## 2. 成蟲組（步驟如同若蟲組）

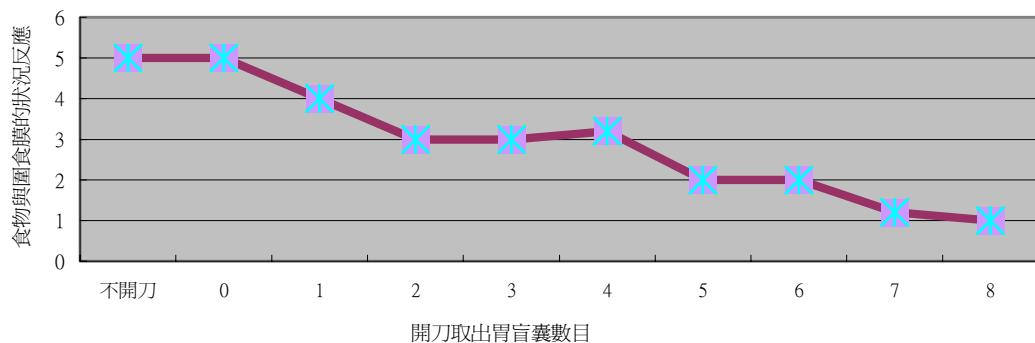
(1) 完整(無開刀)(2) 開一刀(無取出胃盲囊)(3) 開一刀(取出一條至八條胃盲囊)

成蟲組胃盲囊摘除平均存活天數表



說明：沒開刀時能繼續存活，摘除胃盲囊一至八條存活時間急速下降。

成蟲組胃盲囊摘除〈食物與圍食膜的狀況表〉



說明：沒開刀時胃盲囊完整的包在食物外，摘除一至八條後就漸漸消失。

### (三) 蟑螂在何種溫度下進食多、排泄多

(在恆溫箱 36°C、28°C、25°C、20°C、15°C、10°C 飼養) (全部先禁食 7 天)

(延續去年「食物在蟑螂消化道的歷程」為防治作準備)

#### 分若蟲組、成蟲組實驗：(為期 30 天飼養)

##### (1) 純水給食

步驟：①將若蟲成蟲每組 4 隻計 6 組，以電子天平秤過體重紀錄下來，再將染色飼料（每 10 天給 0.4g）及飲水放入盒中，最後將蟑螂每隻放一盒中並放入恆溫箱中觀察。  
②每 10 天增加飼料 0.4g，如沒吃完，烘乾秤重後扣除，每 3 天換水一次。  
③為期 30 天飼養後，再秤蟑螂重量及排泄物烘乾秤重並記錄。

結果：①蟑螂在恆溫 36°C、28°C、25°C 下，都進食多、排泄也多。在恆溫 10°C 時，進食少、排泄也少。  
②成蟲比若蟲在 20°C 以上吃的少（以身軀重量比率來算）  
③蟑螂若蟲在溫度 20°C 以上較易脫皮。在脫皮前每一腹面背板邊緣顏色漸加深，由頭至翅板的正中央會出現一淡淡直紋線。

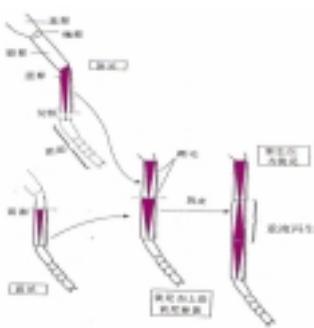
##### (2) 只給水：

步驟：參照給食給水組，只是不給飼料。

結果：①若蟲在給食和水的環境下，當然能繼續存活，如只給水，也能存活一個月以上。  
②若蟲脫皮時間完全因溫度、營養、環境的關係，決定牠脫皮的快慢及再生時間的長短。在營養不良狀況下，若蟲變成蟲時，有翅膀比正常較短或捲翅的現象。

## 五、討論：

- (一) 蟑螂的再生必須發生在蛻皮之後，或許在蛻皮的過程中，才能有某些化學因子產生，進而引導斷肢重新更新外骨骼、神經、以及肌肉；然而，究竟是什麼物質啓動斷肢的再生？以及為何再生的附肢常常都缺乏跗節的第五節？這些問題都值得讓我再更進一步地去探討。
- (二) 附肢與附肢之間可以前、後、左、右交換移植，然而移植附肢到觸鬚上，觸鬚仍只再生出觸鬚，無法長出足來，什麼部位就長什麼構造，似乎老早就已決定好了！



蟑螂足的再生實驗 腰節中紫色區  
表示假設化學物質濃度梯度，  
注意由不連續梯度和顛倒梯度，  
在新組織上產生重複再生現象。  
(參考住家蟑螂生物學與防治 p104)

仿造左圖的假說，  
我對於右圖也做出類似的解說  
見右圖



接肢處再生出來的腰節較長，上面新生的剛毛間距較大，而且剛毛與腰節的角度較大。

- (三) 實驗過蟑螂取食的歷程及在何溫度進食多、排泄多，根據此可進一步設計牠的餌劑，未來將可作為蟑螂藥劑防治的參考。
- (四) 摘去胃盲囊，很明顯的將破壞圍食膜的形成，蟑螂的中腸一旦缺乏圍食膜的保護，則很容易受到粗糙食物的刮損而毀壞，進而大大地減弱了消化及吸收能力，此外，

個體受到細菌、微生物、甚至寄生蟲入侵的機會也大增，這些不利條件皆嚴重地威脅到蟑螂的存活。未來或許可針對**破壞蟑螂的胃盲囊或者圍食膜，設計出一些藥物當作餌食**，以作為防治蟑螂之用。並且【胃盲囊在什麼時候製造圍食膜---是取食時製造圍食膜，還是不取食時製造圍食膜？胃盲囊的什麼地方產生圍食膜？】，這些都是我將來想要再繼續探討的問題！

- (五) 經電視報導得知，由蟑螂身上抽取的黏多醣及胺基酸合成物有抗愛滋病(AIDS)的功能。而蟑螂的外殼抽取物可製成『口內膏』，能幫助口腔黏膜癒合，蟑螂在醫藥上的貢獻不容我們輕視，這也是將來我所要努力的方向。

## 六、結論：

- (一) 由蟑螂再生實驗觀察得知：

- (1) 若蟲的跗節剪去第5小節，再生後跗節還是有5節；但如剪到第4小節或直接剪脛節、腿節、轉節以及自割、脛節接肢，跗節再生後都只長出4節。
- (2) 接肢的脛節再生後，色澤輕淡，剛毛再生後較原先的向上，再生脛節在剪過與長出位置上，剛毛與剛毛的間距較大。
- (3) 蟑螂觸鬚剪後再生比沒剪過長的還長，左、右觸鬚同時剪去並餘下相同長度，經脫皮再生後，左邊總比右邊長。蟑螂的觸鬚、腿節、脛節、跗節剪後再生，只是很單純的朝末梢方向再生。
- (4) 蟑螂神經球各司其職，若蟲的足神經球若被破壞，會有脫皮不下的現象，例如，燒中足神經球，則中足無法完成脫皮過程(被舊皮困住)進而影響後足的脫皮，若蟲往往因為蛻皮失敗而死亡。
- (5) 蟑螂神經球裡的神經髓才是真正傳導者，要破壞神經球，要連神經球裡面的神經髓徹底破壞掉。

- (二) 由胃盲囊摘除實驗得知：

- (1) 蟑螂胃盲囊全摘除，圍食膜不見了，就證明胃盲囊確實能形成圍食膜，胃盲囊少了四~七條也不見圍食膜形成，胃盲囊少了一~三條，只見腸內食物上有不完整的透明亮膜，可見胃盲囊每一條都各有功能，少了一條就不能形成完整的圍食膜。
  - (2) 即使蟑螂的再生能力再強，胃盲囊經摘除後，仍然無法再新長出胃盲囊，故圍食膜無法形成，蟑螂也不能存活。
- (三) 由在恆溫下實驗得知：25°C到36°C為台灣夏季溫度，10°C到15°C為台灣冬季溫度，怪不得蟑螂在冬季看不見，是因為天氣冷活動少，所以取食少，消化速度較差，但牠們不會死；一到夏天，蟑螂就很容易看到，因為天氣熱活動量大，代謝快，肚子也快餓，所以跑出來覓食。

## 七、參考書目：

- (一) 住家蟑螂生物學與防治。(中華環境防治協會)
- (二) 昆蟲學(台灣商務書局)
- (三) 昆蟲型態學(黎明出版社)
- (四) 大英科技百科(光復書局)

評語：

利用蟑螂脫皮時，對其基節、轉節、腿節、脛節及跗節的再生（Regeneration）做了詳細的試驗，發現再生的跗節4節比正常的足有五節不同，有學術價值，同時也對接肢試驗發現再生的足部有再生及重覆再生之不同，而同樣的，對蟑螂的神經系統及圍食膜，觸角等都有很好的試驗結果，值得鼓勵。

## 作者簡介

我是台北市介壽國中二年級的詹宗諭。從小就對科學特別好奇，這也是我會從生物化學來著手做研究的最大原因。相對的，也對歷史及文學有濃厚的興趣，三國演義就是我的最愛，希望將來能從事生化科技，解開一些現存的謎題。