

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生物科

第三名

080316

不要一直注意人家的美腿啦！

〈棉桿竹節蟲的步行晃動與擬態晃動頻率〉

學校名稱：花蓮縣花蓮市私立海星國民小學

作者：	指導老師：
小六 曾俊翰	黃薇
小六 洪碩延	田俊賢
小四 楊威典	
小四 金伶	
小四 孫雅柔	
小四 梁芳瑜	

關鍵詞：棉桿竹節蟲、晃動

摘要

學弟妹飼養的竹節蟲卵陸續孵化，查閱資料後證實為「棉桿竹節蟲 (*Sipyloidea sipyilus*)」。觀察發現，棉桿竹節蟲足部末端有兩個倒鉤與一個圓盤狀構造，而圓盤狀構造能幫助竹節蟲吸附在倒立玻璃面下。飼養過程中，若蟲在**平面步行**時身體會上下晃動，實驗證明和腹部距地高度有關，原因在於漸進變態的昆蟲，生殖腺逐漸成熟，導致成蟲腹部重量增加而貼地，因此棉桿竹節蟲若蟲在平面步行路會晃動，而成蟲並不晃動。另外發現竹節蟲在準備變成**擬態過程**中，身體上下晃動且高度逐漸降低。擬態晃動原因可能在於①**模擬樹葉晃動的「動作偽裝能力」**(樹葉晃動頻率與擬態晃動頻率有交集)、②**利用身體搖晃，增加足部末端的吸附力**(壓次數越多，足部末端吸附力越強)。

壹、研究動機：

上學期三年級學弟妹爲了瞭解動物的身體而觀察竹節蟲，成蟲陸陸續續產卵繁殖，分送後興起了一股飼養熱潮。回想我們在四年級時，曾經學過昆蟲的構造和主要特徵；在五年級自然課，我們學習認識動物的運動方式。而現在校園內流行的竹節蟲，不正是我們能善用所學知識來觀察研究的好對象嗎？

在實驗室裡觀察竹節蟲，發現牠身體細長具有一對觸鬚，六隻腳更是細長，就像是「會走路的樹枝」（陳維壽，1998）。經由查閱自然保育季刊（張秀始，2004），我們確定觀察的竹節蟲稱爲「棉桿竹節蟲」！在觀察的過程中，我們發現竹節蟲走路會有上下晃動的行爲，晃動的原因何在？當竹節蟲停止步行，準備擬態模擬成樹枝的樣子，身體也會上下晃動，爲何會如此呢？原本學弟妹餵食竹節蟲吃芭樂葉，那麼牠只食用芭樂葉嗎？

螳螂眼睛會隨著光線的明暗而變白或變黑（諶家強，2007），棉桿竹節蟲呢？也會跟螳螂一樣變色嗎？當我們抓取棉桿竹節蟲而對牠造成干擾時，會聞到濃郁的人蔘味道，那麼這種人蔘氣味真的如網路上所言具有驅敵的效果嗎（林義祥，2009）？

貳、研究目的：

- 一、想要知道棉桿竹節蟲的特徵、構造。
- 二、研究棉桿竹節蟲的步行與擬態晃動頻率。

參、研究問題：

- 一、觀察與瞭解棉桿竹節蟲的基本特徵構造。
- 二、探索棉桿竹節蟲的足部末端特徵爲何？
- 三、研究棉桿竹節蟲的步行晃動頻率？
- 四、研究棉桿竹節蟲的擬態晃動頻率？
- 五、探討施壓次數與步足吸附力的關係？
- 六、記錄在自然環境下，芭樂葉的晃動頻率如何？

肆、研究設備及器材：

觀察棉桿竹節蟲外型特徵：熱水、量杯、小茶匙、觀察盒、寵物箱、觀察罐、芭樂葉、棉桿竹節蟲、解剖顯微鏡、棉桿竹節蟲排遺、Power DVD 影音軟體、ArcSoft WebCam Companion 影像擷取軟體。

觀察棉桿竹節蟲行爲反應：鐵尺、捲尺、棉線、碼錶、玻璃、布幕、葉脩、尼龍線、游標尺、芭樂樹、樟樹葉、玫瑰葉、杜鵑葉、龍葵葉、菩提葉、黑棘蟻、星天牛、細腰蜂、獨角仙、玉蘭花葉、昭和草葉、台灣扁蝨、寬

腹螳螂、數位相機、淡紋青斑蝶、單槍投影機、數位錄影機、棉桿竹節蟲、菜瓜布架吸盤。

棉桿竹節蟲實驗記錄器材：紙、鉛筆、電腦、計算機、數位相機。

伍、研究方法和過程：

一、觀察與瞭解棉桿竹節蟲的特徵構造。

研究方法：

(一) 眼睛：

1. 我們利用解剖顯微鏡分別觀察活體與死掉的竹節蟲（圖 4-1、圖 4-2），計算小眼數目。



圖 4-1 活竹節蟲的眼睛



圖 4-2 死竹節蟲的眼睛

2. 將竹節蟲放置在明亮與黑暗環境，觀察眼睛色澤。

(二) 咬食速度、食性：

1. 禁食一天後的竹節蟲，以芭樂嫩葉靠近竹節蟲口器（圖 4-3），當牠開始進食時，按碼錶計時，並緩慢拉取嫩葉，增加咬痕距離（圖 4-4），提供辨識。
2. 用數位相機拍攝照片後，以單槍投影並計算、辨識咬痕。
3. 分別實際實驗和訪談學校老師和小朋友，瞭解竹節蟲可食用的植物。



圖 4-3 餵食竹節蟲



圖 4-4 芭樂葉上的咬痕

- (三) 飛行能力：將成蟲分別在高度 74 公分、200 公分放飛，記錄飛行數據。

(四) 驅敵：

1. 自寵物箱中取出竹節蟲，確認竹節蟲因為抓取而已經釋放人蔘味道。
2. 再以竹節蟲的天敵（寬腹螳螂和黑棘蟻）靠近有人蔘味的竹節蟲，依照實驗結果記錄。

(五) 排遺：

1. 利用量杯分別裝 25、50、100cc 熱水，並加入一茶匙竹節蟲排遺（圖 4-5）。
2. 由同一人攪拌 10 次靜置三分鐘後，組員們共同記錄顏色、氣味（圖 4-6）。



圖 4-5 竹節蟲的乾燥排遺



圖 4-6 聞看看沖泡後的味道

二、棉桿竹節蟲的足部末端特徵？

研究方法：

- (一) 以解剖顯微鏡觀察棉桿竹節蟲步足末端構造（圖 4-7）。
- (二) 利用教室鋁窗玻璃，分別觀察**葉脩**、**星天牛**、**細腰蜂**、**獨角仙**、**台灣扁楸**、**淡紋青斑蝶**、**棉桿竹節蟲**於玻璃下是否能倒立吸附（圖 4-8~圖 4-13）。



圖 4-7 利用解剖顯微鏡觀察



圖 4-8 利用鋁窗當實驗器材



圖 4-9 以淡紋青斑蝶測試



圖 4-10 鍬形蟲實驗



圖 4-11 星天牛實驗



圖 4-12 獨角仙實驗



圖 4-13 葉脩實驗

三、棉桿竹節蟲的步行晃動？

研究方法：

(一) 竹節蟲步行晃動：

- 1、將竹節蟲放在實驗桌上，用碼錶計時，記錄後腳的步行次數。
- 2、竹節蟲開始走路時，組員以鉛筆畫出步行路線。
- 3、用棉線測量竹節蟲步行的距離，再以直尺測量棉線長度。

(二) 腹部距地高度：

- 1、當竹節蟲於觀察罐中靜止時，測量身長。
- 2、讓竹節蟲於桌面上爬行，觀察者於同樣水平高度測量。
- 3、手持鉛筆垂直桌面，並尾隨於竹節蟲腹部。
- 4、以拇指捏取鉛筆位置，與腹部末端同高度後測量並記錄。

四、棉桿竹節蟲的擬態晃動頻率？

研究方法：飼養過程，發現竹節蟲在芭樂樹**步行停止**，而**準備擬態**成樹枝的過程中，身體會**上下晃動**並且將**身體高度逐漸降低**，**前腳併攏**，我們將這行為稱為「**擬態晃動**」。

- (一) 先測量竹節蟲的身長，再從觀察罐中取出。
- (二) 將竹節蟲放置於新鮮芭樂樹枝上，啟動碼錶並開始跟蹤錄影。
- (三) 竹節蟲移動後，觀察者等待竹節蟲停止第二對步足步行，並開始擬態晃動。
- (四) 擬態晃動結束後停止錄影。觀察影片，分解動作並做記錄。

五、施壓次數與吸盤吸力的關係？

研究方法：

- (一) 利用菜瓜布架上的吸盤模擬竹節蟲腳末端的吸盤。使用 60 公克，長度 33 公分的鐵尺，直尺一端擺放在玻璃上，另一端垂直高度 5 公分（圖 4-14）。
- (二) 讓懸空端的直尺自由落體壓在玻璃上的吸盤。並分別加壓 1~5 次，模擬竹節蟲晃動，利用吊秤測量吸盤所能承受的力量，並將結果記錄（圖 4-15~4-17）。

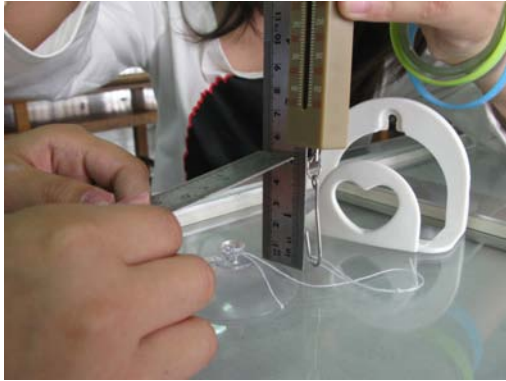


圖 4-14 利用菜瓜布架的吸盤實驗



圖 4-15 利用吊秤測量吸盤吸力

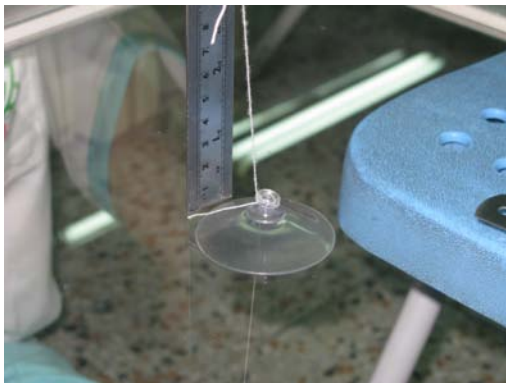


圖 4-16 利用吸盤於玻璃窗上做實驗

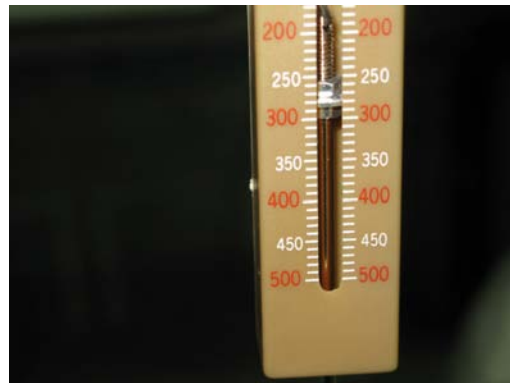


圖 4-17 讀取吊秤數據

六、自然環境下，芭樂葉的晃動頻率如何？

研究方法：

- (一) 我們在第二校區、不同時間，記錄風力大小與芭樂嫩葉的搖晃次數（圖 4-18、圖 4-18）。
- (二) 選定嫩葉後編號，記錄樹葉搖晃次數。
- (三) 再平均組員觀測搖晃次數並除以歷經時間，求出自然狀況下的樹葉晃動頻率。
- (四) 由樹葉 A~U 共 21 筆資料，判斷樹葉的晃動頻率範圍。

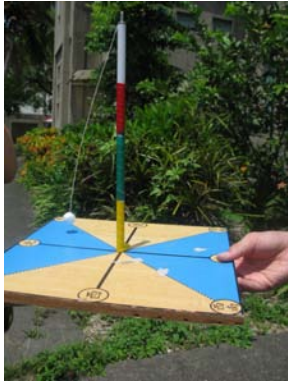


圖 4-18 測量風力大小 圖 4-19 記錄芭樂葉搖晃次數

陸、研究結果：

一、觀察與瞭解棉桿竹節蟲的特徵構造。

結果：

(一) 眼睛：

- 1、我們利用解剖顯微鏡分別觀察活體與死掉的竹節蟲，統計後發現竹節蟲的小眼數目約 **417 顆**。
- 2、實驗中，我們發現竹節蟲在暗的環境時，眼睛會變黑；在光線充足的地方，眼睛色澤會形成黑少白多（圖 5-1、圖 5-2）。



圖 5-1 黑暗環境下竹節蟲的眼睛 圖 5-2 明亮環境下竹節蟲的眼睛

(二) 咬食速度、食性：

- 1、由單槍投影芭樂葉齒痕（圖 5-3、圖 5-4），測得棉桿竹節蟲成蟲嚼食速度最慢 1.22 口／秒，最快 2.47 口／秒，**平均嚼食速度為每秒咬食 1.72 次**。

2、食性：

實驗發現：竹節蟲會吃**芭樂葉**、**玫瑰葉**、**樟樹葉**、**杜鵑葉**和**昭和草葉**。
訪談發現：大部分飼養棉桿竹節蟲是餵食**芭樂葉**（占 70%）、其次是餵食**樟樹葉**（占 17%）、第三為**柚子葉**（圖 5-5）。

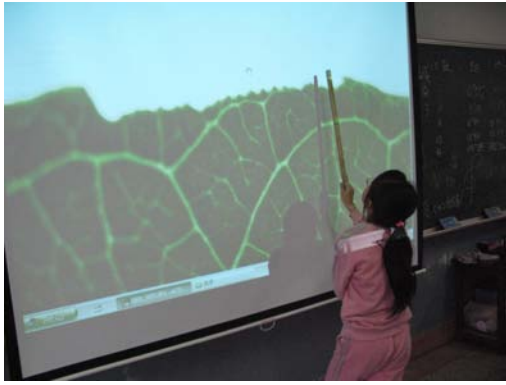


圖 5 - 3 利用單槍投影放大影像

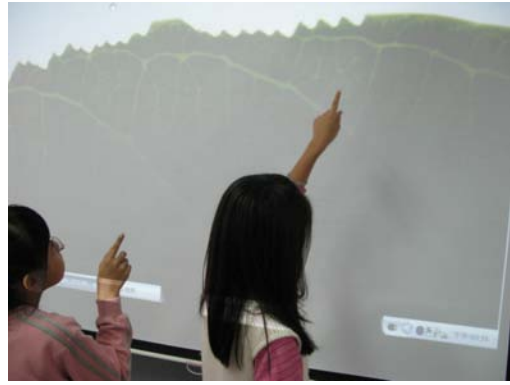


圖 5 - 4 計算芭樂葉上齒痕

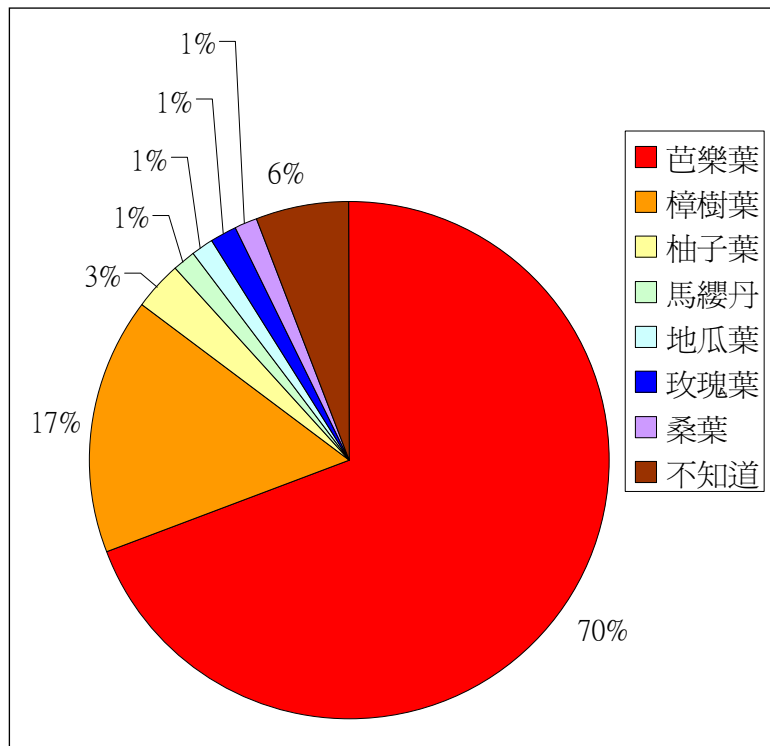


圖 5 - 5 餵食竹節蟲各種葉子圓形圖

(三) 飛行能力：依據實驗結果（表 5 - 1），證明棉桿竹節蟲並不擅長飛行。

表 5 - 1

棉桿竹節蟲的飛行能力表

高度	最遠距離 (m)	最近距離(m)	最快速度 (m/sec)	最慢速度(m/sec)	平均速度 (m/sec)
74 公分	1.85	0.12	7.64	0.36	1.25
200 公分	5.06	0.38	2.32	0.37	1.04

(四) 驅敵：實驗結果（表 5 - 2）發現寬腹螳螂和黑棘蟻並不怕竹節蟲的人蔘味。

表 5 - 2

竹節蟲的人蔘味驅敵結果

編號	人蔘味道有無	螳螂反應 ★			備註
		黑棘蟻反應 ●			
		停止	躲避	爬行	
1	有			●★	★從竹節蟲身上爬過 ●從竹節蟲的腳邊爬過
2	有			●★	★從竹節蟲身上爬過 ●從竹節蟲身上爬過
3	有			●★	★從竹節蟲身上爬過 ●從竹節蟲身體下方爬過
4	有			●★	★從竹節蟲身上爬過 ●從竹節蟲左前腳邊爬過
5	有			●★	★從竹節蟲身上爬過 ●從竹節蟲腹部上方爬過
6	有			●★	★從竹節蟲身上爬過 ●碰到竹節蟲腳的時候， 從竹節蟲腹部繞過
7	有			●★	★從竹節蟲身上爬過 ●從竹節蟲頭部上方爬過

(五) 排遺：

- 1、在 25cc 竹節蟲排遺溶液中，我們認為像**草茶**之類的味道。
- 2、在 50cc 竹節蟲排遺溶液中，我們認為像**人蔘**的味道。
- 3、在 100cc 竹節蟲排遺溶液中，我們認為像**茶葉**的味道。
- 4、沖泡後均為褐色（圖 5 - 6），只是顏色有些微的深淺差異。



圖 5 - 6 沖泡後具有美麗的褐色

二、棉桿竹節蟲的足部末端特徵？

結果：

- (一) 以肉眼觀察，竹節蟲步足呈現細長狀，末端具有五跗節（黃世富，2002）。
- (二) 利用解剖顯微鏡觀察，可見步足上密佈細毛，末端有兩個倒鉤爪子，中間有一個圓盤狀構造（圖 5-7、圖 5-8）。
- (三) 星天牛、細腰蜂、棉桿竹節蟲、椿象、黑棘蟻和葉脩能攀附於倒立玻璃面。但是台灣扁鍬、淡紋青斑蝶和獨角仙無法攀附玻璃面（表 5-3）（圖 5-9~圖 5-14）。

表 5-3

倒立玻璃下，步足吸附實驗

昆蟲種類	星天牛	細腰蜂	台灣扁鍬	淡紋青斑蝶	棉桿竹節蟲	椿象	黑棘蟻	獨角仙	葉脩
倒立吸附	✓	✓	×	×	✓	✓	✓	×	✓

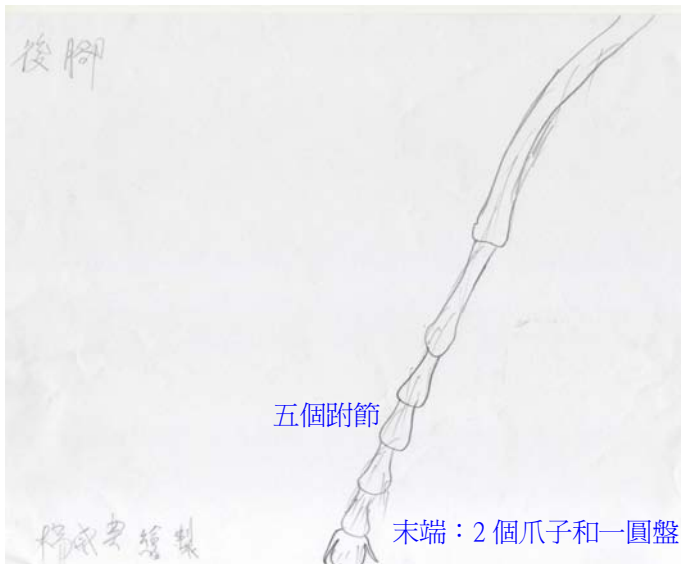


圖 5-7 竹節蟲的步足構造



圖 5-8 足部末端具有圓盤狀構造



圖 5-9 倒放竹節蟲於窗戶下



圖 5-10 鍬形蟲步足只有爪子，無法吸附



圖 5 - 11 玻璃下的星天牛



圖 5 - 12 細腰蜂能吸附於倒立玻璃面下

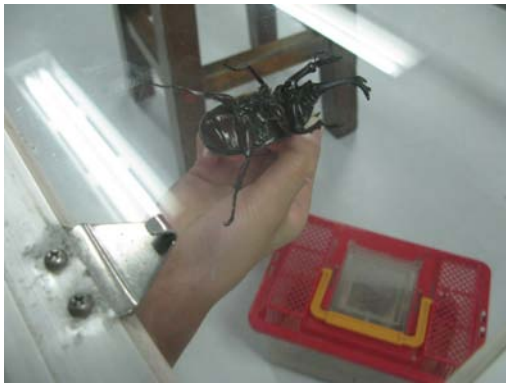


圖 5 - 13 獨角仙無法能吸附



圖 5 - 14 葉脩能吸附於倒立玻璃面下

三、棉桿竹節蟲的步行晃動頻率？

結果：

(一) **竹節蟲步行晃動**：以若蟲和成蟲實驗，求出竹節蟲步行相關資訊 (表 5 - 4)。

1、棉桿竹節蟲步行速度約在 1.68~4.88 公分/秒。

2、在平面步行時，竹節蟲**若蟲每走一步即晃動一次**，所以得知晃動頻率介於 1.96~2.74 次/秒。而成蟲在平面步行並不會晃動。

表 5 - 4

棉桿竹節蟲平面步行相關資料

蟲體 \ 項目	平均時間 (秒)	平均距離 (公分)	平均速度 (公分/秒)	平均步數 (步數)	平均每秒 步數 (步數/秒)	平均一步的 距離 (公分)	平均一 步距離 和身長 比
2.8cm	5.33	14.49	2.72	14.30	2.68	1.01	1/3
3.0cm	6.08	10.21	1.68	11.9	1.96	0.86	1/3
2.9cm	5.15	15.84	3.07	14.10	2.74	1.12	2/5
8.5cm	5.70	28.03	4.88	13.2	2.32	2.14	1/4
9.0cm	5.81	17.13	2.94	6.9	1.19	3.20	1/3
8.2cm	5.52	20.15	3.96	8.2	1.49	2.80	1/3

四、棉桿竹節蟲的擬態晃動頻率？

結果：根據實驗結果（表 5-5、表 5-6），若蟲擬態晃動頻率範圍 2.57~4.31 次/秒。

成蟲擬態前，有時候並不晃動。若有擬態晃動則頻率介於 1.70~4.77 次/秒。

表 5-5

若蟲擬態晃動頻率

若蟲個體	搖晃次數（次）	歷經時間（秒）	搖晃頻率(次/秒)	備註
若蟲 2.1cm	37	9.50	3.89	晃動第 4 次合併前腿
	29	7.75	3.74	晃動第 4 次合併前腿
	29	9.13	3.18	晃動第 7 次合併前腿
	25	9.06	2.76	晃動第 8 次合併前腿
	35	13.63	2.57	晃動第 7 次合併前腿
若蟲 2.5cm	42	11.32	3.71	晃動第 6 次合併前腿
	24	7.74	3.10	晃動第 2 次合併前腿
	17	5.57	3.05	晃動第 4 次合併前腿
	29	8.33	3.48	晃動第 3 次合併前腿
	35	9.61	3.64	晃動第 4 次合併前腿
若蟲 2.1cm	24	8.00	3.00	晃動第 3 次合併前腿
	21	4.88	4.30	晃動第 5 次合併前腿
	沒晃動			身體已經先放低
	6	1.81	3.31	前腳早已放平
	沒晃動			
若蟲 1.7cm	24	7.56	3.17	晃動第 4 次合併前腿
	32	7.81	4.10	晃動第 6 次合併前腿
	16	7.93	3.56	晃動第 4 次合併前腿
	15	4.12	3.64	晃動前腳已先併好
	25	5.80	4.31	晃動第 4 次合併前腿
若蟲 1.9cm	24	6.25	3.84	晃動第 2 次合併前腿
	30	8.03	3.74	晃動第 3 次合併前腿
	18	5.01	3.59	晃動第 3 次合併前腿
	30	9.29	3.23	晃動第 3 次合併前腿

	33	8.87	3.72	晃動第 5 次合併前腿
--	----	------	------	-------------

表 5-6

成蟲擬態晃動頻率

蟲體編號	搖晃次數 (次)	歷經時間 (秒)	搖晃頻率 (次)	備註
成蟲 8.2cm	沒晃動			
	吃東西			
	沒晃動			
	沒晃動			
	15	3.81	3.94	
成蟲 8.4cm	沒晃動			
	9	5.30	1.70	晃動第 2 次合併前腿
	4	1.69	2.37	晃動第 2 次合併前腿
	沒晃動			
	8	3.23	2.48	已經先併攏前腳
成蟲 8.2cm	吃東西			
	沒晃動			
	23	7.44	3.09	晃動第 8 次合併前腿
	13	3.63	3.58	晃動第 6 次合併前腿
	20	9.00	2.22	晃動第 7 次合併前腿
成蟲 8.2cm	沒晃動			
	15	3.81 秒	3.94	晃動第 14 次合併前腿
	沒晃動			
	10	3.52	2.84	晃動第 4 次合併前腿
	沒晃動			
成蟲 8.0cm	29	6.71	4.32	已經先併攏前腳
	沒晃動			
	34	7.50	4.53	晃動第 4 次合併前腿
	41	8.60	4.77	晃動第 12 次合併前腿
	44	10.48	4.20	晃動第 6 合併前腿

五、施壓次數與吸盤吸力的關係？

結果：由各次的吸盤加壓實驗（表 5-7），我們發現加壓越多次，則吸盤的吸附力越大。

表 5-7

模擬竹節蟲晃動，對菜瓜布架吸盤加壓實驗

操作者	加壓 次數	承載重量 (公克)	加壓 次數	承載重量 (公克)	加壓 次數	承載重量 (公克)	加壓 次數	承載重量 (公克)	加壓 次數	承載重量 (公克)
A	1	50	2	100	3	500 以上	4	500 以上	5	500 以上
B	1	100	2	300	3	500 以上	4	500 以上	5	500 以上
C	1	50	2	200	3	500 以上	4	500 以上	5	500 以上
D	1	100	2	160	3	500 以上	4	500 以上	5	500 以上
E	1	50	2	450	3	460	4	500 以上	5	500 以上
E	1	50	2	350	3	350	4	440	5	500 以上
E	1	100	2	240	3	400	4	500 以上	5	500 以上
E	1	20	2	150	3	460	4	500 以上	5	500 以上
F	1	50	2	200	3	260	4	500	5	500 以上
F	1	50	2	100	3	150	4	160	5	200
F	1	100	2	150	3	160	4	450	5	500 以上
C	1	200	2	250	3	400	4	500 以上	5	500 以上
C	1	100	2	200	3	300	4	300	5	350
B	1	200	2	500 以上	3	500 以上	4	500 以上	5	500 以上
B	1	500	2	500 以上	3	500 以上	4	500 以上	5	500 以上
C	1	250	2	500 以上	3	500 以上	4	500 以上	5	500 以上
C	1	350	2	500 以上	3	500 以上	4	500 以上	5	500 以上
A	1	40	2	110	3	210	4	500 以上	5	500 以上
A	1	100	2	300	3	500 以上	4	500 以上	5	500 以上
A	1	450	2	500 以上	3	500 以上	4	500	5	500 以上
D	1	100	2	220	3	250	4	490	5	500 以上
G	1	40	2	100	3	150	4	500	5	500
G	1	30	2	170	3	220	4	500 以上	5	500 以上
E	1	0	2	50	3	500 以上	4	500 以上	5	500 以上
D	1	0	2	50	3	450	4	500 以上	5	500 以上
H	1	0	2	50	3	200	4	500 以上	5	500 以上
H	1	0	2	10	3	130	4	190	5	500 以上

六、自然環境下，芭樂葉的晃動頻率如何？

結果：組員觀察每樹葉晃動各 10 次數據，求得晃動頻率範圍。得知在自然環境下。芭樂葉的晃動頻率介於 1.34 ~ 4.72 次/秒（表 5-8）。

表 5-8

自然風下，芭樂葉的晃動頻率

時間、樹葉編號	風力大小	搖晃頻率範圍（次/秒）
5月5日下午，A 樹葉	弱→中	1.77 ~ 2.63
5月5日下午，B 樹葉	弱→中	1.90 ~ 2.80
5月5日下午，C 樹葉	弱→中	1.89 ~ 3.07
5月6日中午，D 樹葉	弱→中	1.44 ~ 2.80
5月6日中午，E 樹葉	弱→中	1.52 ~ 2.22
5月6日下午，F 樹葉	弱→強	1.44 ~ 3.19
5月6日下午，G 樹葉	弱→強	1.93 ~ 3.02
5月7日中午，H 樹葉	弱→中	2.02 ~ 4.33
5月7日中午，I 樹葉	弱→中	2.87 ~ 4.72
5月7日中午，J 樹葉	弱→中	3.65 ~ 4.69
5月7日下午，K 樹葉	弱→中	1.34 ~ 3.38
5月7日下午，L 樹葉	弱→中	2.02 ~ 3.37
5月7日下午，M 樹葉	弱→中	1.62 ~ 3.37
5月8日中午，N 樹葉	弱	1.92 ~ 3.40
5月8日中午，O 樹葉	弱	1.92 ~ 2.88
5月8日下午，P 樹葉	極弱	1.73 ~ 2.90
5月8日下午，Q 樹葉	極弱	2.11 ~ 3.20
5月10日早上，R 樹葉	弱	2.19 ~ 3.56
5月10日早上，S 樹葉	弱	2.22 ~ 3.28
5月10日早上，T 樹葉	弱	2.65 ~ 3.46
5月18日中午，U 樹葉	弱→強	2.28 ~ 3.16
6月5日下午，V 樹葉	弱	1.92 ~ 3.44

6月5日下午，W 樹葉	弱	1.94 ~ 3.19
6月13日早上，X 樹葉	弱→中	2.85 ~ 3.90
6月16日下午，Y 樹葉	弱	1.62 ~ 3.51

柒、討論：

- 一、(一) **眼睛**：棉桿竹節蟲是夜行性昆蟲（黃世富，2002）。實驗中，棉桿竹節蟲在黑暗中眼睛能轉變成全黑（圖 5-1），明亮環境下變成只有一黑點（圖 5-2）。我們猜測這是爲了**在夜間增加視覺感光，所以轉變成黑色時更容易接收光線**。
- (二) **咬食速度、食性**：棉桿竹節蟲是一種廣食性竹節蟲，成蟲平均嚼食速度爲每秒咬食 1.72 次。
- (三) **飛行能力**：根據我們的研究（表 5-1），**棉桿竹節蟲成蟲具有翅膀，但是飛行距離短，只提供短暫的飛行**。
- (四) **驅敵**：根據資料顯示棉桿竹節蟲會散發人蔘味以嚇退敵人（黃世富，2002）。我們實驗結果顯示**棉桿竹節蟲的人蔘味並沒有驅敵的功效**，所以書上寫的內容還需要專家來說明評判。
- (五) **排遺**：竹節蟲的糞便在馬來西亞的華人社會是一種藥材（黃世富）。實驗中發現**排遺茶具有香味**，所以我們認爲大量飼養並蒐集竹節蟲排遺，可以當茶飲用，或許可以研發並大力推廣。

另外，根據文獻：螳螂能於枯草堆中埋伏捕食而須在褐、綠色中轉換體色（周津苓等人，1998）。但是棉桿竹節蟲爲「植食性昆蟲」，必須棲息於綠色環境中。因此**若蟲時期體色不會因爲環境顏色改變**。從飼養過程中，我們發現竹節蟲並不會因爲飼養在紅、綠寵物箱中而改變體色，但是竹節蟲成蟲體色則會轉變成褐色。

二、竹節蟲末端兩個鉤子可以勾附凹凸面，而圓盤狀構造經由我們實驗證明是吸盤結構，可以用來吸附在樹葉等平面上（圖 5-7~圖 5-9）。

- 三、(一) 平面步行時，竹節蟲若蟲每走一步即晃動一次，所以得知晃動頻率介於 1.96~2.74 次/秒（表 5-4）。
- (二) 漸進變態的昆蟲，生殖腺會逐漸成熟（陳維壽，1998）。因此竹節蟲若蟲至成蟲，隨著各齡期的成長，生殖器官逐漸成熟而使腹部重量增加，導致腹部距地高度降低（圖 5-15）。所以**成蟲在水平面步行身體不晃動，而若蟲水平面步行則晃動明顯**。

四、由實驗結果得知：

- (一) **若蟲擬態晃動頻率範圍約 2.57 ~ 4.31 次/秒**。
- (二) 成蟲擬態前，有時候並不晃動。若有**擬態晃動則頻率介於 1.70 ~ 4.77 次/秒**。

(三) 自然環境下，**芭樂葉晃動頻率約 1.34~4.72 次/秒**。

竹節蟲除了擬態以外，並具有模擬樹葉晃動的「動作偽裝能力」(黃世富)。從實驗數據中發現，**若蟲與成蟲搖晃頻率，與自然狀況下芭樂葉搖晃頻率有交集的關係**(圖 6-1)。

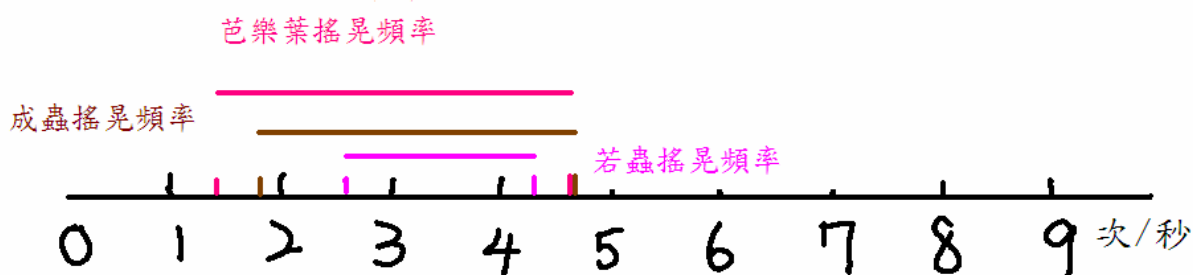


圖 6-1 棉桿竹節蟲擬態晃動頻率與芭樂葉晃動頻率有交集

五、在吸盤實驗當中，我們發現壓越多次，吸盤的承受力越大(表 5-7)。所以我們認為竹節蟲在芭樂葉上搖晃可能是透過搖晃的動作，讓牠的吸盤可以吸得更緊。

捌、結論：

- 一、蜻蜓小眼約一萬多顆，螞蟻眼睛約一、兩百多顆(張永仁，1998)。我們發現竹節蟲的小眼數目約 417 顆，依照觀察結果判斷：**棉桿竹節蟲的視力並不好**。
- 二、在驅敵實驗中，**竹節蟲的天敵**(寬腹螳螂及黑棘蟻)**並不懼怕棉桿竹節蟲釋放的人蔘味**，所以書上說的並非事實，這問題需要專家來協助解釋。
- 三、棉桿竹節蟲**足部末端具有一個吸盤跟兩根爪子**，可以用來攀爬在凹凸面以及光滑面上，因此可以讓棉桿竹節蟲抓緊在樹枝或樹葉上。
- 四、棉桿竹節蟲若蟲在**水平面步行時會產生晃動，跟腹部高度有關聯**。隨著成長，生殖腺逐漸成熟而使腹部重量增加。因此**若蟲步行晃動明顯，而成蟲在水平面步行時卻不晃動**。
- 五、對於棉桿竹節蟲的擬態晃動，我們有以下兩點看法：
 - (一) 實驗發現棉桿竹節蟲的**擬態晃動頻率與芭樂葉晃動頻率有交集，我們猜測棉桿竹節蟲能夠模擬樹葉晃動**，讓敵人不見發現。
 - (二) 在吸盤實驗中，發現對吸盤施壓次數越多次，吸盤的吸附力越強。我們認為棉桿竹節蟲的擬態晃動頻率也可能是為了**增加吸附力，提高自己在樹葉上的穩定度**。
- 六、對於竹節蟲成蟲有時並不產生擬態晃動的原因，我們認為是以下兩種原因：
 - (一) 根據戶外實驗，若蟲均棲息在樹葉上、成蟲會棲息於樹葉或樹枝上。所以有時候成蟲擬態前並不晃動，原因可能是因為**樹枝較不會晃動，因此成蟲不需浪費多餘體力於晃動上**。

(二) 我們也猜測，可能是因為**成蟲吸盤吸附力比若蟲強**，所以成蟲不太需要晃動。

七、實驗過程中，發現：

(一) 取出竹節蟲時若是有抓住牠的腳，則掙扎的情況下會有「自割反應」，斷落的腳會在一旁緩慢伸縮開合，這種伸縮開合反應真能吸引捕食者的注意嗎？

(二) 在不同的風力下，棉桿竹節蟲的擬態晃動頻率是否會隨著風力而產生不同的變化呢？

(三) 飼養過程，一齡若蟲剛孵化後，具有隨時從高處飄落地面的行爲。根據科學人雜誌（蔡宙，2005），*Cephalotes atratus* 樹蟻也具有下墜躲避掠食者的行爲。我們發現棉桿竹節蟲一齡若蟲在下墜過程中，六隻腳均會伸展開來輔助飄落，掉落地面後會稍停頓一下再行走。為何只有一齡若蟲具有此行爲呢？以上問題留待我們後續研究進行探討。

玖、參考文獻：

林義祥（2009，3月8日）。嘎嘎昆蟲網。2009年5月2日取自

<http://gaga.jes.mlc.edu.tw/9701bx/in94.htm>

周津苓、張育齡、余幸芳、徐勝駿。1998。揭開螳螂體色的奧秘。2009年3月20日取自

<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/38/pdf/38s/167.pdf>

陳維壽。台灣昆蟲大探險，初版。台北：青新。頁30～54。1998。

張永仁。昆蟲入門，初版。台北：遠流。頁18。1998。

張秀姍。（2004，9月1日）。自然的偽裝大師－棉桿竹節蟲。自然保育季刊。第47期。頁51。

2009年3月6日取自 <http://nature.tesri.gov.tw/tesriusr/internet/natshow.cfm?IDNo=845>

黃世富。台灣的竹節蟲，初版。台北：大樹。頁17～117。2002。

蔡宙。（2005，5月）螞蟻也玩高空彈跳。科學人。第39期。頁23。

諶家強（2007，9月20日）。眼睛會變色的螳螂。國語日報，第8版。

【評語】 080316

觀察棉桿竹節蟲的步行晃動與擬態晃動頻率，觀察仔細實驗設計有創意。實驗項目很多，但應注意說明和主題之相關性，實驗樣本數也應說明清楚。有關棉桿竹節蟲散發之人蔘味的功效，可再變換天敵探討。