

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

第三名

080310

誰在指揮蚜蟲的波浪舞？

——「蚜蟲集體搖動現象的研究」

學校名稱：臺北市中山區永安國民小學

作者： 小六 李容榕 小五 張詠昀 小五 張馨元 小五 李昀蓓	指導老師： 徐佳璋 陳文億
---	-----------------------------

關鍵詞：蚜蟲、社會化、搖動

摘 要

校園中馬利筋上的蚜蟲似乎會同時一起扭屁股，我們好奇蚜蟲怎麼能像在看棒球賽一樣，到了某個時間，就像事先說好了大家一起扭屁股！所以就開始了我們對夾竹桃蚜(Aphis nerii Boyer de Fonscolombe)的研究。

研究分為四部分，「研究一」先對蚜蟲搖動作出基本的觀察。「研究二」是想了解在自然狀態下，到底為什麼有時蚜蟲會集體搖動、有時卻不搖。「研究三」想研究集體搖動是由誰來領導、有沒有人發號司令。「研究四」想確認追隨者蚜蟲是根據什麼信號來決定自己是要跟著搖動的。

研究後我們發現：蚜蟲的搖動像是人類左右撇子一樣，有著左、右的習慣性。溫度、濕度提高都能提高蚜蟲自然集體搖動的機會。蚜蟲群中有些自然集體搖動的領頭者，跟隨者應該是根據空氣的振動來判斷跟隨的時機。

壹、研究動機

仔細觀察馬利筋上的黃色小蚜蟲，為什麼要一直在植物上不停的扭屁股？有什麼原因？為什麼有時一大群會一起搖？。而在五年級的下學期時，自然科中的「動物世界面面觀」，曾提到「動物的社會行為」。螞蟻與台灣獼猴都有社會化的行為，蚜蟲在植物上不停的扭屁股到底是一群動物聚在一起，碰巧大量發生的行為、還是「動物的社會行為」，是怎麼傳達訊息的？為什麼一大群要一起搖呢？…讓人好奇的事實在太多了。

貳、研究目的

研究一：基本研究

- 研究一之一 我們想知道蚜蟲的基本資料-哪些種類的蚜蟲會搖屁股？
- 研究一之二 我們想知道蚜蟲是如何搖屁股的
- 研究一之三 我們想確認蚜蟲搖屁股會不會有左右撇子之分
- 研究一之四 我們想確認：蚜蟲搖動會不會是大家左我就左，大家右我就右

研究二：為何有時會自然集體搖動、有時不會？

- 研究二之一 我們想尋找讓蚜蟲自然集體搖動的可能因素有那些？
- 研究二之二 我們想確認濕度會不會是使蚜蟲自然集體搖動的因素
- 研究二之三 我們想確認溫度會不會是蚜蟲自然集體搖動的因素

研究三：是由哪隻蚜蟲起頭

- 研究三之一 我們想確認蚜蟲搖動是「個別搖」還是「團體一起搖」
- 研究三之二 利用摘除法，確認蚜蟲群體中會不會具有「特別領導身份」的蚜蟲。
- 研究三之三 我們想確認「所有蚜蟲都會帶頭搖」還是「只有某幾隻蚜蟲會帶頭搖」
- 研究三之四 我們想知道可以帶領搖動的蚜蟲具有哪種條件？

研究四. 蚜蟲是根據什麼信號而跟著搖的

- 研究四之一 我們想由蚜蟲波浪舞的搖動模式確認：不是透過植物內部汁液傳訊
- 研究四之二 我們想由「手指頭刺激實驗」確認：不是透過植物的振動傳訊。
- 研究四之三 我們想確認：視覺不是引發追隨的關鍵因素
- 研究四之四 我們 確認：空氣的振動可以引發追隨者的搖動與音階的影響

參、研究過程

研究一：基本研究

- 研究一之一 基本資料與-團體行動的資料
- 研究一之二 蚜蟲如何搖屁股
- 研究一之三 左撇子或右撇子
- 研究一之四 會不會其實是：大家左我就左 大家右我就右

研究一之一 蚜蟲基本資料與團體行動的資料搜尋

蚜蟲是很常見的昆蟲，從來不曾覺得他們會像蜜蜂或是螞蟻一樣能彼此溝通，我們對蚜蟲集體搖動的現象很感興趣。我們搜尋了有關蚜蟲的資料，想瞭解這到底是怎麼回事、是怎麼辦到的。這會是像棒球比賽的波浪舞一樣有指揮者指揮著大家開始的嗎？

我們先查詢了蚜蟲的資料，看看有沒有描述這種蚜蟲集體行動的觀察記錄。讓人驚訝的是雖然印象中蚜蟲應該是自己顧自己，但查到的資料卻顯示亞力山大角蚜會有外型特別的兵蚜，他們會成群的攻擊獵食者 (TIME LIFE, ASIA, 1994)。竹莖扁蚜這種蚜蟲也有特殊分化的兵蚜與他們社會化的防衛行為(王, 張, 黃, & 周, 2006)。不同種類的蚜蟲似乎行為是不一樣的，因此我們應該先確認我們所觀察蚜蟲的品種。

查過資料得知：蚜蟲屬於同翅目、蚜科、蚜總科（又稱蚜蟲總科，學名：Aphidoidea）。蚜蟲的種類共有 4000 多種，常見的種類有：棉蚜、夾竹桃、蚜菜蚜、偽菜蚜…。因為不同的蚜蟲常有不同的宿主植物，所以由我們的校園植物「馬利筋」辨認出這些蚜蟲的很可能是「夾竹桃蚜」(Aphis nerii Boyer de Fonscolombe)。在比對過夾竹桃蚜的特徵後（體長 2 mm，體色為單純

的黃色，觸角及各腳幾乎全部黑色，成蟲有翅或無翅，腹部末端具 2 根黑色短小的尾片），我們可確認這些都與我們的觀察吻合，所以我們可以認定所觀察到的就是夾竹桃蚜。



在我們所能查到的任何資料中（書籍與網路）都沒有看到有關於夾竹桃蚜集體搖動的觀察與記錄，於是我們就開始了我們有關蚜蟲的研究。

經過長時間的研究後，我們發現我們會用到一些較特殊的名詞，在這要統一先說明一下，以方便以後的閱讀：

左、右撇子：在 20 秒的錄影片段中觀察同一隻蚜蟲搖動至少 3 次，每一次都先向牠們自己的右側搖動的蚜蟲稱為「右撇子」蚜蟲；若都是先向牠們自己的左側搖動，則稱為「左撇子」蚜蟲。

集體搖動：對一群蚜蟲錄影觀察 20 秒，在這段時間中，**不論有沒有外界刺激**，只要同一瞬間有**超過 5 隻**蚜蟲一起搖動，我們就稱為有「集體搖動」。

自然集體搖動：在沒有明顯的外界刺激下，蚜蟲群體在自然狀況下進行集體搖動我們叫這是「自然集體搖動」。

集體領頭者：在集體搖動中，首先搖動的蚜蟲。

跟隨者：在某一次集體搖動中，跟隨著此次領頭者搖動的所有蚜蟲。

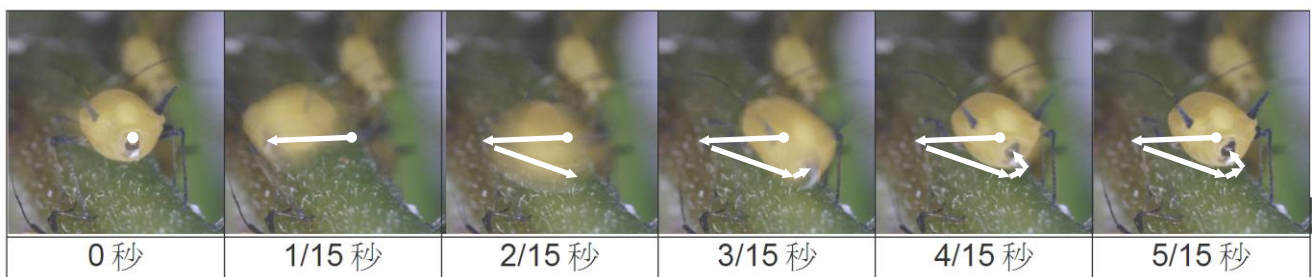
大、中、小蚜蟲：目測，長到最成熟體型大約 2mm 的蚜蟲稱「大蚜蟲」。為數很多，體型為大蚜蟲 1/3 以下(約 0.6mm 以下)的蚜蟲稱為「小蚜蟲」。體型介於二者之間(0.6~2mm)稱為「中蚜蟲」。

研究一之二 蚜蟲如何搖屁股

很好奇蚜蟲是如何搖動牠的屁股的？大略觀察時會覺得蚜蟲是用屁股向後面天空繞個圈。仔細觀察才發現蚜蟲應該是用腿踢的吧，但不知是如何做到的。屁股會先向一邊甩出，再向反方向甩出。左右搖動幅度大，上下搖動幅度小。我們很好奇蚜蟲們到底是怎麼搖動身體的，但若要仔細觀察卻是不容易的，因為每一次的搖動都太快了。因此我們做了以下的探究。

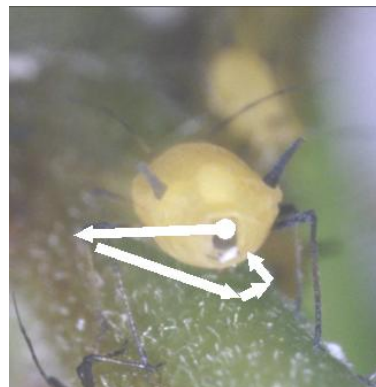
研究方法：

1. 利用 Dino-Lite 數位顯微鏡（放大倍率約 90 倍），針對搖動的蚜蟲做觀察、錄影。因為想看腳部的動作，所以由這隻蚜蟲（見右下圖）的後面向前照。
2. 把錄影片段利用網路上的免費影音剪接軟體 Extra. Movie to MPG, WMV, AVI 切下蚜蟲搖屁股的 2 秒鐘片段。
3. 因為錄影播放還是動作太快，看不清楚。所以我們再用這個軟體的截圖程式把一個一個畫面轉成一張一張圖片，（每秒 15 張圖）。取其中由搖屁股開始到結束時的六張照片作觀察（總長度是 1/3 秒）。



研究結果：

1. 蚜蟲一次搖動約只花費 1/3 秒，難怪不容易觀察到細微的動作。
2. 在 1/3 秒連續 6 張截圖後，發現對我們的設備而言，還不能清楚記錄下他的腿部動作。
3. 但將這六張圖在看圖軟體連續播放時，則可看出這隻蚜蟲在搖動屁股時是利用他的左腳用力、迅速的一拉（腳緊勾住植物），此時身體向左方急速移動。接下來運用右腳勾拉，讓身體再橫拉向右下方，最後復原。而完成了整個動作。



研究一之三 左撇子或右撇子

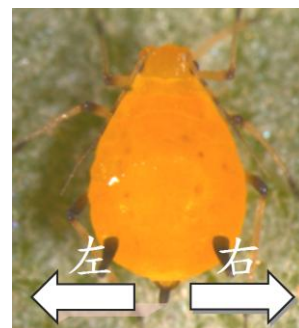
研究目的：

蚜蟲晃動是用屁股繞個圈圈，先向一邊擺動後再轉向另一邊。大略的觀察下，我們發覺同一隻蚜蟲大多搖向同一個方向。所以我們很好奇、想確認：

1. 蚜蟲的擺動有沒有左撇子或右撇子的分別。
2. 習慣搖向某一邊的蚜蟲，會換另一邊搖嗎？

研究方法：

1. 錄取一段蚜蟲在馬利筋上集體搖動的 20 秒影片
2. 擷取一張照片，針對隨機選出 10 隻每次都搖的蚜蟲作標示與編號
3. 觀看影片以判斷這些蚜蟲搖動的方向，記錄並分析。以蚜蟲本身為準，先搖向蚜蟲自己的左方登記為「左」；先搖向蚜蟲自己的右方登記為「右」。

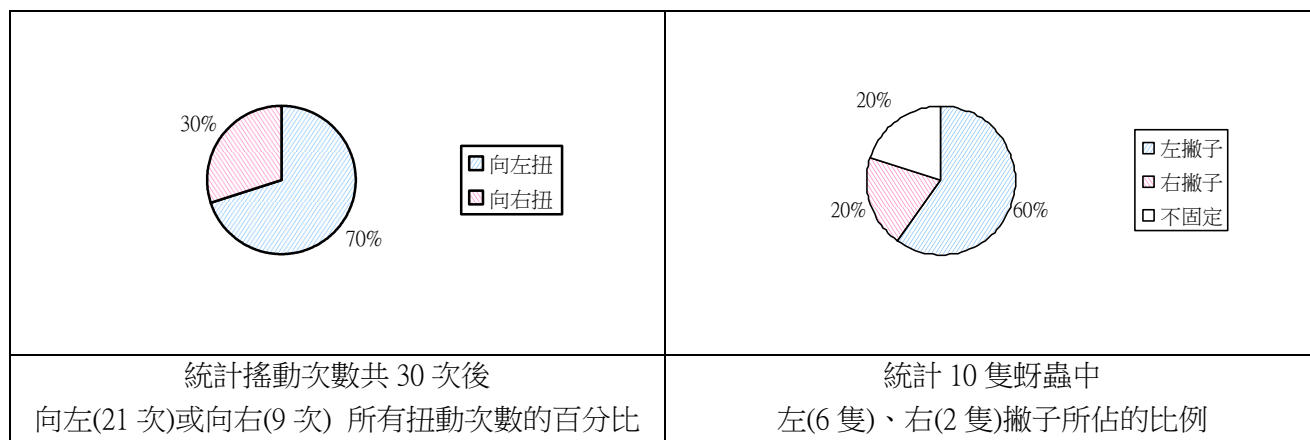


研究結果: 第 1 筆觀察資料 (影片編號 7266)

連續同方向搖動之蚜蟲標底色

蚜蟲編號 搖動次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
第一次	右	左	左	左	左	右	右	左	左	右
第二次	右	左	左	左	左	左	右	左	左	右
第三次	右	左	左	左	左	左	左	左	左	右

研究討論:



1. 連續觀察 3 次搖動，發現同一隻蚜蟲在搖動時，會有固定搖向同一個方向的習慣（像是人類的左撇子或右撇子）。會有一下左、一下右改變搖動方向的蚜蟲，但數量不多(約 20%)。80%的蚜蟲會有搖動方向的習慣性(60%是左撇子 20%是右撇子)，
2. 我們觀察 10 隻蚜蟲集體搖動。30 次搖動中，21 次向左、9 次向右。由這次的實驗可以觀察出：「蚜蟲似乎天生喜歡向左搖」。但這個研究只針對十隻蚜蟲做觀察。有可能正好挑到的左撇子較多，應該再多觀察一些較可靠。
3. 仔細想想這次觀察結果是：「左撇子較多」。有可能是真的左撇子蚜蟲較多，但其實也可能不是「蚜蟲天生有左右撇子之分」而是「蚜蟲喜歡跟著鄰居同方向搖動」。所以我們再由研究一之四做進一步的確認。

研究一之四 是不是大家左我就左 大家右我就右

研究目的：

由研究一之三看出比較多的蚜蟲是左撇子，但我們想進一步確認：到底是「大家多是左撇子」還是其實是「大家喜歡跟隔壁的搖同一個方向」。只要多觀察幾次不同的集體搖動，就可確認。可能出現兩種結果：1. 若每次蚜蟲搖動時，左右撇子比例都接近固定，則「蚜蟲天生有左右撇子之分」。2.若每次「左右撇子比例相差很大，而且一下子左多，一下子右多」則是「蚜蟲喜歡與鄰居搖相同方向」

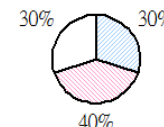
研究方法：

如研究一之三，再多觀察 4 株馬利筋。搖動次數少於出現 3 次的，當作不可靠的數據不使用

研究結果：

第 2 筆觀察資料（影片編號 7290）

蚜蟲編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
搖動次數										
1 次	左	左	左	右	右	右	左	右	左	左
2 次	左	右	左	右	右	右	左	右	左	右
3 次	右	右	左	右	右	右	左	右	左	右
4 次			左	右	右	右				右
5 次			左	右	右	右				右
6 次				右						左
7 次				右						

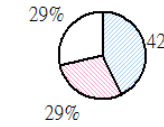


30% 30% 40%

- 左撇子
- 右撇子
- 不固定

第 3 筆觀察資料（影片編號 7291） 只能分辨出七隻，其他不易分辨左、右

蚜蟲編號	1	2	3	4	5	6	7
搖動次數							
1 次	右	右	左	左	左	右	左
2 次	右	左	左	左	左	右	右
3 次	右	右	左	左	左	右	右
4 次		右		左			
5 次		右					
6 次		右					



29% 42% 29%

- 左撇子
- 右撇子
- 不固定

第 4 筆觀察資料（影片編號 7259） 影片中只有七隻蚜蟲

蚜蟲編號	1	2	3	4	5	6	7
搖動次數							
1 次	右	左	左	右	左	左	左
2 次	右	右	右	右	左	左	左
3 次	右	右	右	右	左	左	左
4 次		右			左	左	



29% 42% 29%

- 左撇子
- 右撇子
- 不固定

第 5 筆觀察資料（影片編號 7262）

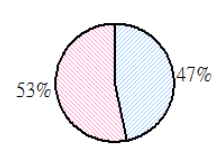
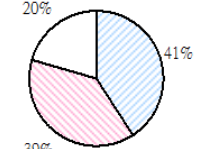
蚜蟲編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
搖動次數										
1 次	左	右	右	右	右	左	左	右	右	右
2 次	左	右	右	右	右	左	左	右	右	右
3 次	左	右	右	右	右	左	左	右	右	右
4 次		右			右	左			右	



0% 33% 67%

- 左撇子
- 右撇子
- 不固定

所有五筆資料的合併 ----- 觀察 44 隻蚜重共 156 次搖動的紀錄總和

 <p>53% 47%</p> <ul style="list-style-type: none"> 向左扭 向右扭 	 <p>20% 41% 39%</p> <ul style="list-style-type: none"> 左撇子 右撇子 不固定
<p>統計所有五組數據，搖動次數共 156 次後 向左(73 次)或向右(83 次) 所有扭動次數的百分比</p>	<p>統計所有五組數據，44 隻蚜蟲中 左(18 隻)、右撇子(17 隻)所佔的比例</p>

研究討論：

1. 與研究一之三的結論不同，當觀察的蚜蟲數量夠多時，我們發現其實蚜蟲搖動時，見到他們向左或向右搖的方向的機會是一樣的。因為這裡所觀察的蚜蟲搖動次數（156 次）遠比研究一之三（30 次）多，所以我們認為這裡的整理結果比較可靠：「**蚜蟲左搖或右搖的機會是差不多的**」
2. 蚜蟲中大約有 40% 是左撇子，40% 是右撇子，且其中有 20% 為搖動方向不固定的蚜蟲。若蚜蟲搖動的方向性是完全隨便的，則每搖動三次全是左邊(或是右邊)的機會是 1/8(12.5%)。可見得蚜蟲的確有如同人類習慣偏左，或是習慣向右的左、右撇子現象。
3. 由第 2 至第 5 筆觀察資料都可以看得出：左撇子、右撇子的比例都差不多。所以我們可以推論：第 1 筆觀察資料中，左撇子蚜蟲較多的原因並不是盲從的原因造成，（因為有蟲向左繞，所以大家都向左繞）。而是因為：蚜蟲真的有左右撇子之分，只是第 1 筆觀察正好出現較多的左撇子所造成。

研究二：為何有時會自然集體搖動、有時不會？

研究二之一 尋找讓蚜蟲自然集體搖動的可能因素

研究二之二 確認濕度是不是使蚜蟲自然集體搖動的因素

研究二之三 確認溫度是不是使蚜蟲自然集體搖動的因素

研究二之一 尋找讓蚜蟲自然集體搖動的可能因素

一、研究目的：

我們想要知道：為什麼有時候去看蚜蟲他們會搖，而有時候去看他們又不會搖。想找出造成蚜蟲自然集體搖動的關鍵因素。

二、研究方法：

1. 我們在大約 1 個月的期間內，分成早、中、晚三個時間，在各種不同的條件之下（溫度、晴雨、濕度…），針對有蚜蟲的馬利筋進行觀察。
2. 每次對馬利筋進行 20 秒內的觀察錄影，如果在 20 秒內都沒有搖動就視為「沒有搖動」
3. 將實驗觀察結果做成表格，觀察哪項因素與蚜蟲自然集體搖動有關係。

三、研究結果：

我們將所有 96 次觀察數據整理如下：

觀察到自然集體搖動現象時---**標藍底色**

觀察編號	幾隻蚜蟲的群體	觀察日期	觀察時刻	哪一棵	溫度℃	溼度%	天氣	光線	風大小	錄影檔案名稱	有無一起搖 (5 隻以上同時)	20 秒 共搖幾次
3	40	12.22	15.51	13			晴	中	無	7128	1	5
77	18	12.29	12~13	1	19.3	53.4	晴	中	小	7159	1	18*3
23	40	12.31	12.5	1	17.2	43.3	晴	中	無	7184	1	40*1
53	30~40	12.31	16.07	13	15.8	39.7	晴	中	小	7187	1	10*4
54	15	12.31	16.07	1	15.7	39.7	晴	中	小	7188	1	10*5
33	20	1.5	13.15	1	17.9	80.4	晴	弱	無	7218	1	5*5
27	20~25	1.5	14.3	c	17.8	81.8	晴	中	無	7225	1	20~25*3
59	10	1.7	8.15	1	14.1	68.8	陰	陰	中	7256	1	10*2
60	20	1.7	8.2	13	14.1	68.8	陰	陰	中	7258	1	20*1
61	40	1.7	8.25	a	14.1	68.8	陰	陰	中	7259	1	25*4
62	30	1.7	12.55	1	15.4	70.3	陰	陰	無	7260	1	5*3
31	30~35	1.7	16.05	a	15.3	69.5	陰	弱	中	7266	1	5~10*3
88	35~40	1.14	13	6	20	93.4	晴	中	小	7291	1	40*3
1	35	12.22	15.16	7			晴	中	無	7122	0	2*2
2	30	12.22	15.36	13			晴	中	無	7125	0	0*0
4	50	12.23	13	13	21.7	47.9	晴		小	7130	0	3*1
5	?	12.24	13.06	14	21	74.7	雨			7141	0	1*1
7	50	12.28	16.5	13	18.2	49.8	晴	弱		7150	0	0
8	20	12.28	16.55	1	18	51.9	晴	弱		7151	0	0
6a	20	12.28	12.45	1	16.2	48.8	晴	中	無	7145	0	0
6b	40	12.28	12.45	13	15.2	48.8	晴	中	無	7146	0	0
6c	20	12.28	12.45	6	15.2	48.8	晴	中	無	7147	0	0
12a	18	12.29	12	1	19.3	53.4	晴	中	小	7159	1	18*3
12b	40	12.29	12	13	19.3	53.4	晴	中	小	7158	?	?
10	30	12.29	8.1	1	17.1	61.4	晴	弱	小	7154	0	0
9	50	12.29	8.15	13	17.1	61.6	晴	中	小	7153	0	0
11	40	12.29	8.15	7	17.1	61.1	晴	弱	小	7156	0	2*3
79	40	12.29	15.26	1	19.3	46.8	晴	弱	小	7161	0	0
80	20	12.29	15.26	13	19.3	46.8	晴	弱	小	7162	0	0
81	30	12.29	15.26	9	19.3	46.8	晴	弱	無	7163	0	0
78	40	12.29	12~13	13	19.3	53.4	晴		小	7158	0	3*2
82	40	12.30	8.1	1	17	66.1	陰	陰	小	7165	0	0
83	40	12.30	8.15	13	17	66.1	陰	陰	小	7167	0	1*1
84	30~40	12.30	8.21	12	17	66.1	陰	陰	小	7168	0	0
85	20	12.30	12.45	1	18.5	54.8	陰	弱	無	7169	0	0
86	40	12.30	12.45	13	18.5	54.8	陰	弱	無	7170	0	0
87	20~30	12.30	12.45	6	18.5	54.8	陰	弱	無	7171	0	0
50	40	12.30	16.5	13	18.2	56	晴	弱	小	7173	0	0

51	40	12.30	16.8	1	18.2	56	晴	弱	小	7174	0	0
52	40	12.30	16.9	14	18.2	55.9	晴	弱	小	7176	0	0
19	30	12.31	8.15	1	16.4	52.6	晴	弱	小	7178	0	0
20	40	12.31	8.2	13	16.4	52.6	晴	弱	小	7181	0	0
21	20	12.31	8.29	9	16.4	52.4	晴	弱	小	7182	0	0
22	20	12.31	12.45	13	17.2	43.3	晴	中	無	7183	0	0
24	45	12.31	12.58	17	17.2	43.3	晴	中	無	7185	0	0
55	15	12.31	16.07	11	15.7	39.7	晴	中	小	7189	0	0
56	30	1.3	10.2	1	17.2	77.7	雨	陰	小	7190	0	0
57	30	1.3	10.2	13	17.1	77.7	雨	陰	小	7191	0	0
58	50	1.3	10.3	17	17.2	77.9	雨	陰	小	7192	0	0
35	40	1.3	12.53	13	18.6	16.8	雲	陰		7193	0	0
36	35	1.3	12.56	1	18.6	16.8	雲	陰		7194	0	0
37	50	1.3	12.59	17	18.6	16.8	雲	陰		7195	0	0
38	15	1.3	16.2	13	16.2	71.4	陰	陰	小	7196	0	0
39	10	1.3	16.22	1	16.2	71.4	陰	陰	小	7198	0	3*3
40	10	1.3	16.22	14	16.2	71.4	陰	陰	小	7197	0	0
41	20	1.4	8.1	13	14.6	71.9	陰	弱	小	7200	0	0
42	10~20	1.4	8.2	1	14.5	71.8	陰	弱	小	7201	0	0
43	40	1.4	8.25	a	14.5	71.8	陰	弱	小	7202	0	0
74	15	1.4	12.55	13	15.5	70.7	陰	陰	小	7203	0	0
75	35	1.4	12.57	1	15.5	70.7	陰	陰	小	7204	0	0
76	40	1.4	12.58	6	15.5	70.7	陰	陰	小	7205	0	0
44	5~10	1.4	16.15	13	15.9	66.7	雲	弱	小	7206	0	0
45	15~20	1.4	16.15	1	15.9	66.7	雲	弱	小	7207	0	0
46	10~15	1.4	16.15	14	15.9	66.7	雲	弱	小	7210	0	0
47	10~20	1.5	8.1	13	15.6	86.6	陰	陰		7212	0	0
48	20	1.5	8.15	1	15.7	86.8	陰	陰		7215	0	0
49	40	1.5	8.25	a	15.8	86.6	陰	陰		7216	0	1*1
32	10	1.5	13.1	13	17.9	80.4	晴	弱	無	7217	0	2*2
34	5	1.5	13.3	3	17.9	80.4	晴	弱	無	7219	0	0
25	45~50	1.5	14.3	a	17.8	81.8	晴	中	無	7220	0	0
26	30	1.5	14.3	b	17.8	81.8	晴	中	無	7222	0	0
71	15	1.6	10.1	1	17.1	70.3	陰	陰	中	7234	0	0
72	20	1.6	10.15	13	17.1	66.1	陰	陰	中	7237	0	0
73	40	1.6	10.25	a	17.1	66.1	陰	陰	中	7240	0	0
68	15	1.6	12.46	13	16.6	61.8	陰	陰	小	7243	0	0
69	20	1.6	12.5	1	16.6	61.8	陰	陰	小	7244	0	0
70	40	1.6	12.53	a	16.6	61.8	陰	陰	小	7245	0	0
65	10~15	1.6	16.3	13	11.2	65.21	陰	陰	中	7248	0	0
66	5~10	1.6	16.35	1	14.2	65.4	陰	陰	中	7247	0	0
67	35~40	1.6	16.4	b	14.2	65.2	陰	陰	中	7279	0	3*1
63	20~40	1.7	13	13	15.4	70.3	陰	陰	無	7261	0	0
64	40~50	1.7	13.05	a	15.4	70.3	陰	陰	無	7262	0	0
28	10~20	1.7	16.05	1	15.3	69.5	陰	弱	中	7263	0	0
29	5~10	1.7	16.05	13	15.3	69.5	陰	弱	中	7264	0	0
30	45~50	1.7	16.05	6	15.3	69.5	陰	弱	中	7265	0	3*1
13	10	1.12	13.5	13	13.6	73.9	陰	陰	中	7280	0	0
14	15	1.12	13.5	1	13.6	73.9	陰	陰	中	7281	0	0
15	10	1.12	13.5	3	13.6	73.9	陰	陰	中	7282	0	0
16	12	1.12	13.5	d	13.6	73.9	陰	陰	中	7283	0	0
17	40	1.12	13.5	a	13.6	73.9	陰	陰	中	7286	0	1*1
18	10	1.12	13.5	b	13.6	73.9	陰	陰	中	7284	0	0
89	70~100	1.14	13	a	20	93.4	晴	中	小	7293	0	0
90	20~25	1.14	13	17	20	93.4	晴	中	小	7294	0	0
91	10~15	1.14	13	b	20	93.4	晴	中	小	7295	0	0
92	10~15	1.14	13	9	20	93.4	晴	中	小	7296	0	0
93	10	1.14	13	3	20	93.4	晴	中	小	7297	0	0

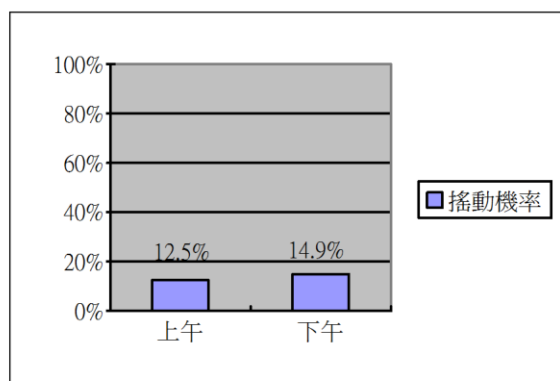
四、研究討論：

1. 自然集體搖動與時刻早晚有關嗎？

我們將所有的觀察依照時間早晚做排列，分別利用中午 12 點當分界分為上午與下午作分析。另外也以上午 11 點與下午 1 點做分界，將白日分為上、中、下午三個時段作分析。

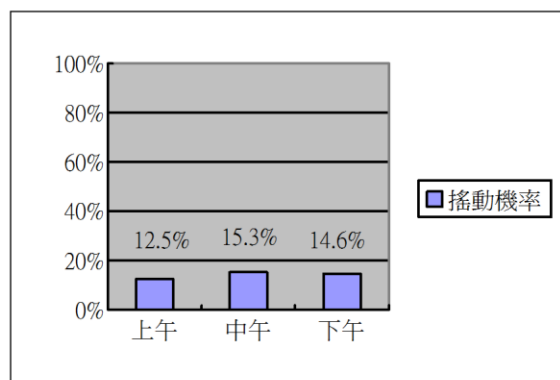
將白日分為兩段（上、下午）：

	上午	下午
觀察次數	24	67
搖動次數	3	10
搖動機率	12.5%	14.9%



將白日分為三段（上、中、下午）：

	上午	中午	下午
觀察次數	24	26	41
搖動次數	3	4	6
搖動機率	12.5%	15.3%	14.6%



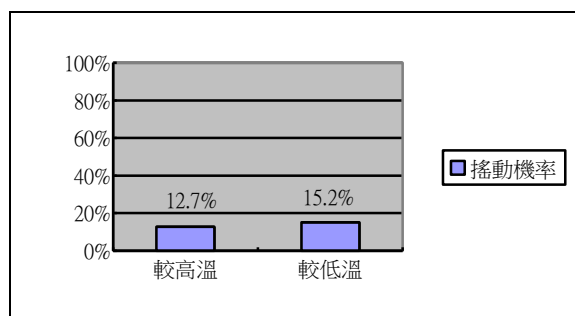
無論用哪一種分析法，我們都可以看出蚱蜢集體搖動現象和每日時刻的早晚不大有關係。

2. 自然集體搖動與溫度有關嗎？

在觀測蚜蟲的同時，利用電子溫濕度計觀測與紀錄當時溫度。

我們將所有的觀察結果依照溫度高低做排列，以正中間的 16.8°C 當分界，溫度比這高的叫高溫，溫度比這低的叫低溫。

	較高溫	較低溫
觀察次數	47	46
搖動次數	6	7
搖動機率	12.7%	15.2%



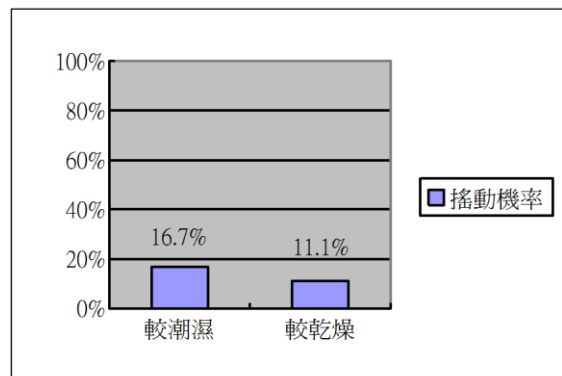
雖然較低溫比較高溫時自然集體搖動的機率稍微高一些，但溫度影響並不如想像的大。

3. 自然集體搖動與濕度有關嗎？

在觀測蚜蟲的同時，利用電子溫濕度計觀測與紀錄當時濕度。

觀察結果依濕度高低做排列，以正中間的 66.4% 當分界，濕度比這高的叫較潮濕，濕度比這低的叫較乾燥，統計出搖動的情形如下：

	較潮濕	較乾燥
觀察次數	48	45
搖動次數	8	5
搖動機率	16.7%	11.1%

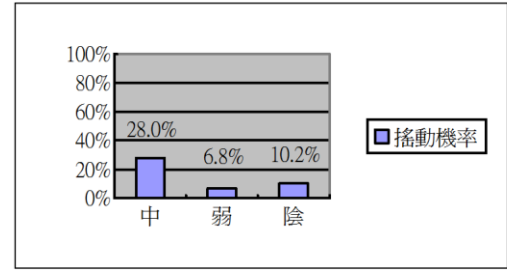


我們發現較潮濕時蚜蟲似乎較易自然集體搖動，較潮濕時搖動的機率是較乾燥時的 1.5 倍。

4. 自然集體搖動與光線有關嗎？

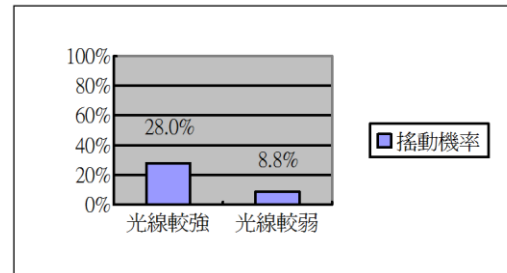
根據觀察，分析數據如下：

	強	中	弱	陰
觀察次數	0	25	29	39
搖動次數	—	7	2	4
搖動機率	—	28.0%	6.8%	10.2%



(1). 可以觀察出：似乎光線越強蚜蟲集體搖動的機會越大。

	光線較強	光線較弱
觀察次數	25	68
搖動次數	7	6
搖動機率	28.0%	8.8%

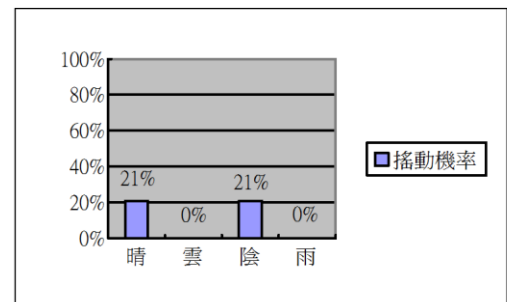


(2). 在我們觀察的期間並沒有強烈日照的狀況出現，若將我們所觀察的狀況分為光線較強與光線較弱兩類（含弱與陰）整理資料另外整理如上，則可明顯看出：似乎「**光線強蚜蟲越常集體搖動**」。

5. 自然集體搖動與天氣有關嗎？

根據觀察數據結果，直接統計如下

	晴	雲	陰	雨
觀察次數	43	6	43	4
搖動次數	9	0	9	0
搖動機率	20.9%	0%	20.9%	0%



(1). 雖然這次數據差異明顯，雲與雨的自然集體搖動機率似乎是 0。但因為觀察數目太少，所以其實不能這樣推論。

(2). 陰天與晴天的自然集體搖動機率都較高。綜合之前的實驗結果，我們推論造成晴天與陰天機率較高的原因不同。晴天搖動機率高可能是因為光線較強，而陰天搖動機率高則是因為濕度較高。

研究二之二 確認溫度是不是使蚜蟲自然集體搖動的因素

研究目的：

我們想確認試看以加溫的方式，會不會使蚜蟲有自然集體搖動的現象出現

研究用具：

- 1.電暖爐
- 2.電子溫度計
- 3.密閉式房間
- 4.有蚜蟲的花盆

研究方法：

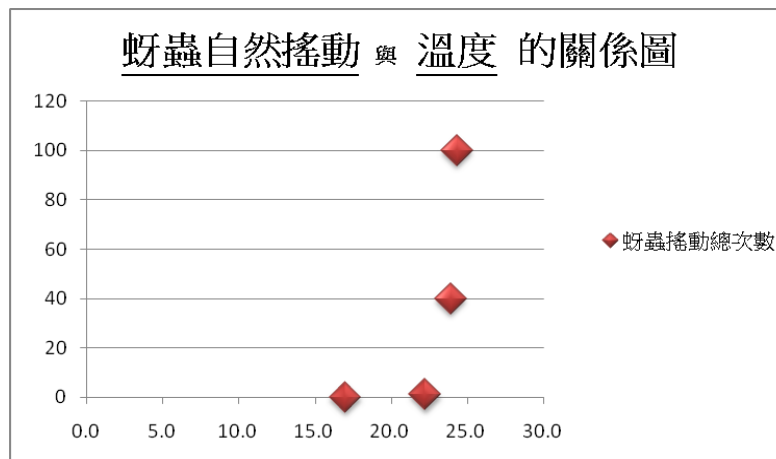
1. 我們找到了一個密閉式的殘障廁所
2. 我們將電暖爐和電子溫度計放入廁所中
3. 最後並小心的將有蚜蟲（4 盆 10 株約 200 隻）放入廁所
4. 等待約 30 分鐘以確定所有的蚜蟲都由搬運的驚動恢復平靜狀態，之後開始加溫。
5. 加溫 30 分鐘後做第一次觀察，之後每 30 分鐘做一次觀察。



殘障廁所小空間中放入暖爐實驗

研究結果與討論：

第幾次觀察	1	2	3	4
溫度	17°C	22.2°C	23.9°C	24.3°C
幾株上蚜蟲搖動	0	1	1	1
20 秒內蚜蟲搖動總次數	0	1	40 (10 隻 4 次)	100 (80 隻 1 次 20 隻一次)



我們發現：**溫度提高、蚜蟲較容易自然集體搖動。**

研究二之三 確認濕度是不是使蚜蟲自然集體搖動的因素

研究目的：

我們想確認試看利用除濕機控制濕度由濕變乾，觀察蚜蟲自然集體搖動的現象

研究用具：

- 1.除濕機
- 2.電子濕度計
- 3.密閉式房間
- 4.有蚜蟲的花盆

研究方法：

1. 我們找到了一個可以密閉的小空間（殘障廁所）
2. 我們將除濕機和電子濕度計放入廁所中
3. 最後並小心的將有蚜蟲的花盆（4 盆 10 株約 200 隻）放入廁所
4. 在房內地板潑水，四周空間噴水。
5. 等待約 30 分鐘以確定所有的蚜蟲都由搬運的驚動恢復平靜狀態。
6. 30 分鐘後做第一次觀察，之後每 30 分鐘做一次觀察

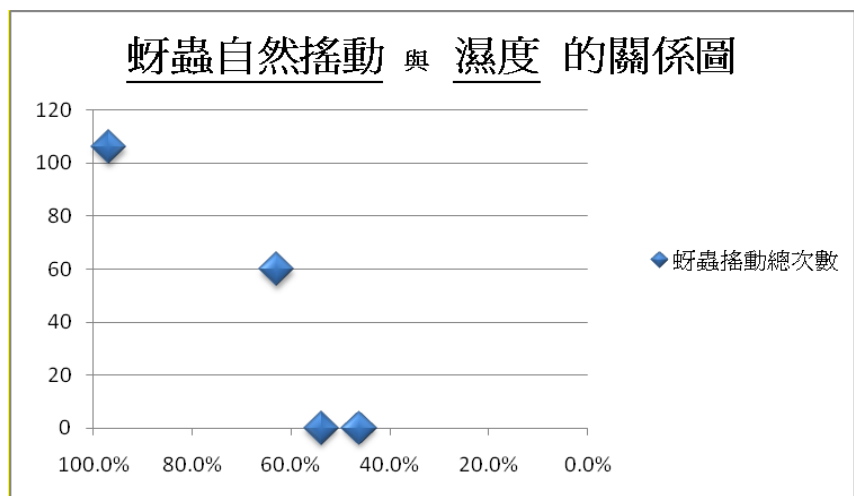


研究結果：

第幾次觀察	1	2	3	4
濕度	96.8%	62.9%	53.9%	46.2%
幾株上蚜蟲搖動	5	3	0	0
20 秒內蚜蟲搖動總次數	106	60	0	0



殘障廁所小空間中
放入除濕機實驗



研究討論：

很明顯的可看出：在濕度越來越低時，蚜蟲越來越不易進行自然集體搖動。

研究三：是由哪隻蚜蟲起頭

- 研究三之一 確認是「個別搖」還是「團體一起搖」
- 研究三之二 利用摘除法，確認蚜蟲群體中會不會具有「特別領導身份」的蚜蟲。
- 研究三之三 確認「所有蚜蟲都會帶頭搖」還是「只有某幾隻蚜蟲會帶頭搖」
- 研究三之四 具有哪種條件的蚜蟲可以帶領搖動

研究三之一 確認是「個別搖」還是「團體一起搖」

研究目的:

雖然我們在觀察蚜蟲搖動時，覺得他們是收到了某種信號而一起搖動的。但是我們想確認這種搖動真的是一種團體行動，而不是隨機、碰巧造成的。

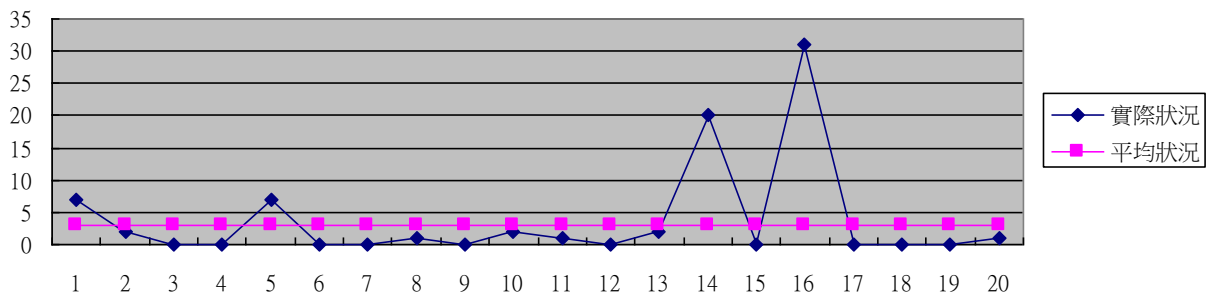
研究方法:

1. 挑出一棵蚜蟲正在搖動的馬利筋進行錄影 20 秒。
2. 利用 KMPlayer 錄影播放程式放慢觀察這段影片。
3. 數出所有蚜蟲在 20 秒內搖動的總次數，計算出每秒搖動的平均數。若是所有蚜蟲是隨機搖動的，則這 20 秒鐘每一秒中搖動的數目應該接近這個平均數。
4. 從第 1 秒到第 20 秒，計算每一秒內搖動的次數。
5. 利用這個比較，嘗試分辨出蚜蟲是「個別搖」還是「團體一起搖」。

研究結果：在 20 秒的錄影片段內，每一秒中蚜蟲搖動數量的統計

第幾秒	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
在這一秒中 幾隻蚜蟲搖動	7	2	0	0	7	0	0	1	0	2	1	0	2	20	0	31	0	0	0	1

研究討論:



假如每隻蚜蟲都搖得很均勻的話，每秒應該大約有 3.1 隻的蚜蟲會搖。(折線圖中的紅線)。但實際觀察搖動狀況(折線圖中的藍線)，很明顯的**可看出他們是收到某種信號後一起搖，而不應該是由隨機搖動所造成**。

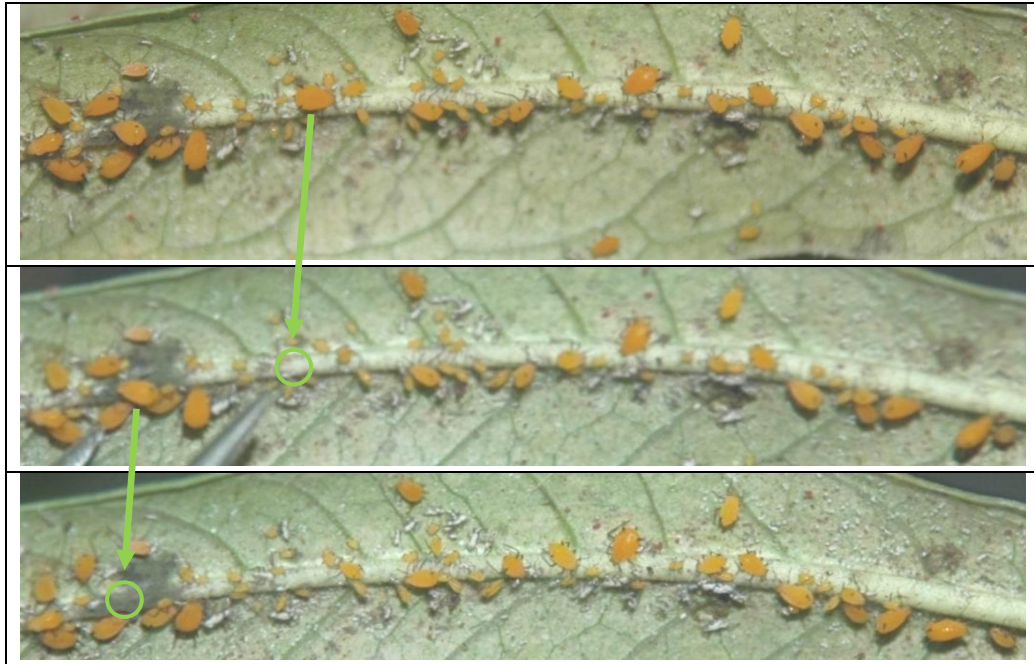
研究三之二 利用摘除法，確認蚜蟲群體中會不會具有「特別領導身份」的蚜蟲

研究目的：

我們想知道一群集體搖動的蚜蟲中，有沒有某幾隻蚜蟲具有特別的領頭身份。

研究方法：

- 1.找出一群正在集體搖動的蚜蟲，並辨認出領頭搖動的蚜蟲。
- 2.利用尖頭鑷摘除這隻帶頭的蚜蟲。
- 3.觀察蚜蟲集體搖動的情形。



研究結果：

1. 摘除前發現，這一群自然集體搖動的蚜蟲由一隻特定的集體領頭者，領導搖動。
2. 在摘除帶領集體搖動的蚜蟲後，馬上會出現另一隻蚜蟲帶領集體搖動。
3. 摘除繼續領頭的蚜蟲三次後，繼續觀察約 10 分鐘，整個群體再也沒有集體搖動的現象發生。

研究討論：

1. 蚜蟲群體常由一隻蚜蟲開始發動自然集體搖動，後續確認見研究三之三。
2. 具有領頭者身份的蚜蟲不只一隻，大多數的蚜蟲不具有領頭身份。
3. 領頭者通常都是體型較大的蚜蟲，摘除後剩下的蚜蟲大多是較小的蚜蟲。
4. 可能只要蚜蟲長大超過某種程度就可以帶領集體搖動。後續確認見研究三之四。

研究三之三 確認很多蚜蟲都能帶頭搖還是只有一隻蚜蟲會帶頭搖

研究目的:

在觀察蚜蟲的集體搖動現象時，似乎看到常由特定一隻蚜蟲帶頭搖動。我們想確認：同一批蚜蟲在做數次的集體搖動時，每次都由同一隻領頭者帶領、還是由不同領頭者帶領搖動？

研究方法：

1. 針對馬利筋上的蚜蟲進行大量的錄影，每個片段 20 秒鐘。
2. 我們從 96 個錄影檔，挑出有集體搖動的 11 個片段觀察。
3. 針對這些錄影片段分析。
4. 記錄「20 秒錄影中搖動（集體+單獨）次數」、「有幾隻領頭者」與「只有領頭者沒有跟隨者的搖動次數」研究結果。
5. 若 5 次搖動，只有單一領頭者，則「集體領頭者數目／集體搖動次數」=1／5。若五次搖動，有五個不同領頭者則「集體領頭者數目／集體搖動次數」=5／5。這個比例越小，代表每次搖動，越集中於一隻領頭者，比例越大，代表通常由不同的領頭者帶領搖動。

影片編號	7290	7266	7162	7259	7262	7256	7255	7320	7291	7260	7265
集體搖動次數	6	3	1	4	5 (3)	3	3	4	5	3	1
單獨搖動次數	0	0	2	0	1	1	1	1	1	0	0
總(集體+單獨)搖動次數	6	3	3	4	6 (4)	4	4	5	6	3	1
單獨領頭者數目	0	0	2	0	1	1	1	1	1		
集體領頭者數目	6	3	1	4	4	3	3	4	4	3	
總(集體+單獨)領頭者數目	6	3	3	4	5	4	4	5	5	1	1
領頭者的分散程度 <u>集體領頭者數目</u> / <u>集體搖動次數</u>	6/6	3/3	1/3	4/4		3/4	3/4	4/5	5/6		

研究討論：

1. 由每個 20 秒的錄影片段中，我們數出其中的集體搖動次數後，仔細觀察這幾次的集體搖動是由幾隻不同的集體領頭者所帶領的。我們發現在數次的集體搖動中的領頭者常常每次都不同。
2. 也因此一個蚜蟲群體的集體搖動，不是只有一個單獨的領頭者，確認有很多蚜蟲都可當領頭者。

研究三之四 具有哪種條件的蚜蟲可以帶領搖動

研究目的：

我們想知道：怎樣的蚜蟲才有資格帶領集體搖動…與體型大小有關嗎？

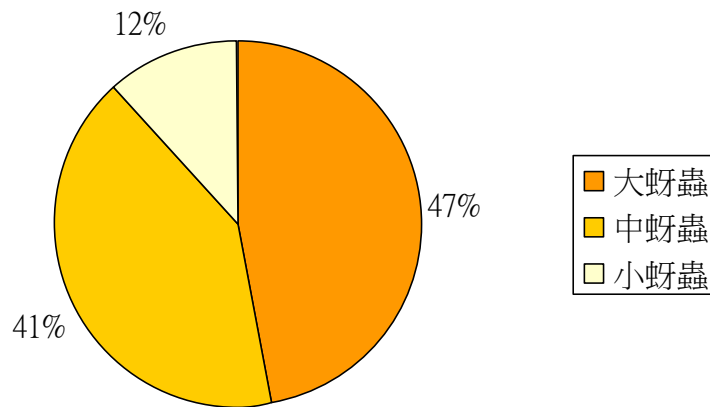
研究方法：

方法同研究三之三，程序 1~3，分析錄影檔中 17 次集體搖動中，「領頭者的體型大小」與「跟隨者數量」

研究結果：

影片編號	7290	7290	7290	7290	7290	7290	7266	7266	7266	7162	7162	7162	7259	7259	7259	7259	7262	7262	7256	7256	7256	7256	
領頭者的大小	中	中	小	小	大	中	中	中	大	大	大	大	大	大	大	大	中	中	中	中	中	中	大
跟隨者個數	20	30	20	30	30	10	15	20	25	15	0	0	15	10	15	10	0	30	1	0	25	30	

研究討論：



1. 在 17 次的集體搖動中，有 8 次由「大」蚜蟲、7 次「中」蚜蟲、2 次「小」蚜蟲所成功帶領。所以可見領頭者與體型大小關係不大。
2. 中、大蚜蟲較易領導集體搖動，小蚜蟲領導次數明顯較少。由實際觀察可判斷，小蚜蟲領導集體搖動次數較少的原因並不是因為「牠們的數量較少」，或是「因為小蚜蟲會領頭搖動，但大家不追隨」所造成。而是因為「小蚜蟲較少搖動」。

研究四. 蚜蟲是根據什麼信號而跟著搖的

我們推測追隨者接受到領頭者的訊號後，跟隨著繼續搖動。有幾種可能的訊號：1. 植物內部的汁液傳訊 2. 植物的振動 3. 視覺 4. 空氣的振動。研究四就是想要確認：蚜蟲追隨者是根據什麼訊號決定追隨搖動。

研究四之一 由蚜蟲波浪舞的搖動模式確認：不是透過植物內部汁液傳訊

研究四之二 由「手指頭刺激實驗」確認：不是透過植物的振動。

研究四之三 確認：視覺不是引發追隨的關鍵因素

研究四之四 確認：空氣的振動可以引發追隨者的搖動 - 聲音高低不同、效果不同

研究四之一 由蚜蟲波浪舞的搖動模式確認不是透過植物內部液體傳訊



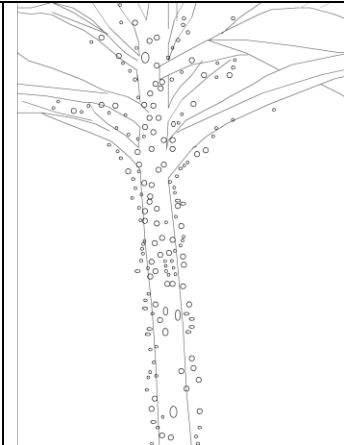
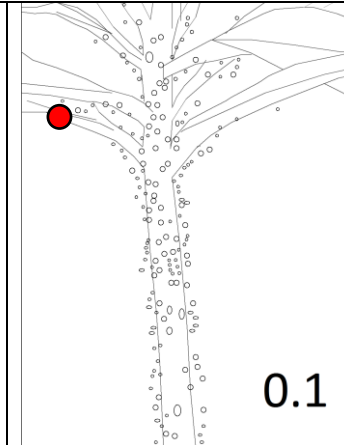
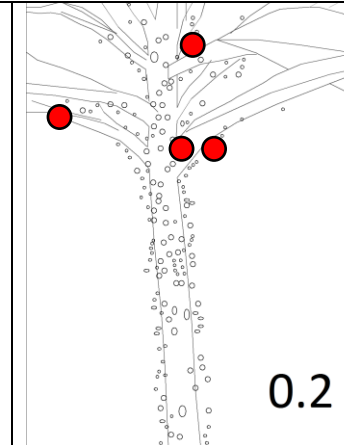
蚜蟲集體搖動時都正在吸食植物的汁液，會不會是領頭蚜蟲搖動時動到植物的汁液，其他的蚜蟲感覺到了這個變化，所以才跟著搖。如果是這樣，應該只在領頭者位置（莖的）垂直上下方的蚜蟲會跟隨搖動。所以我們要觀察蚜蟲集體搖動的搖動模式。

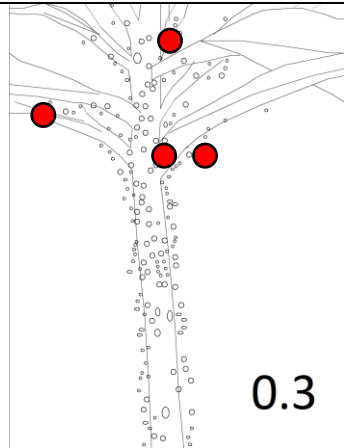
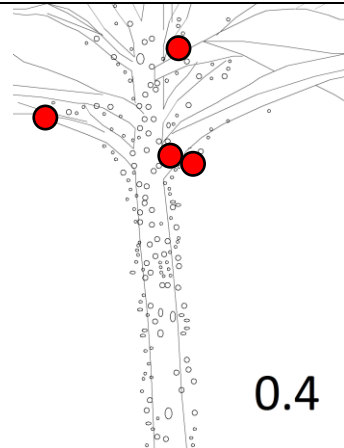
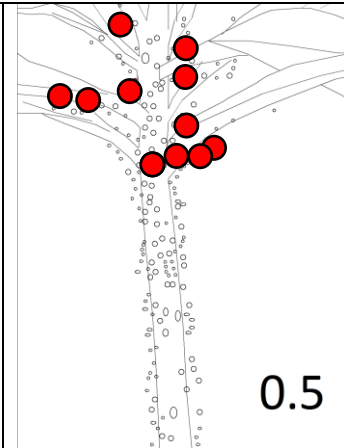
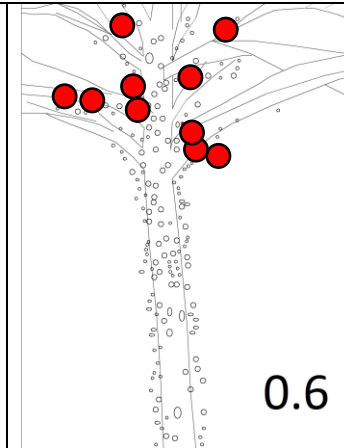
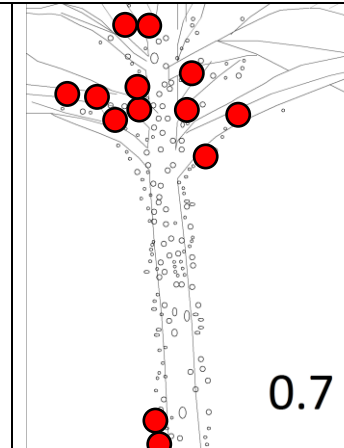
研究方法：

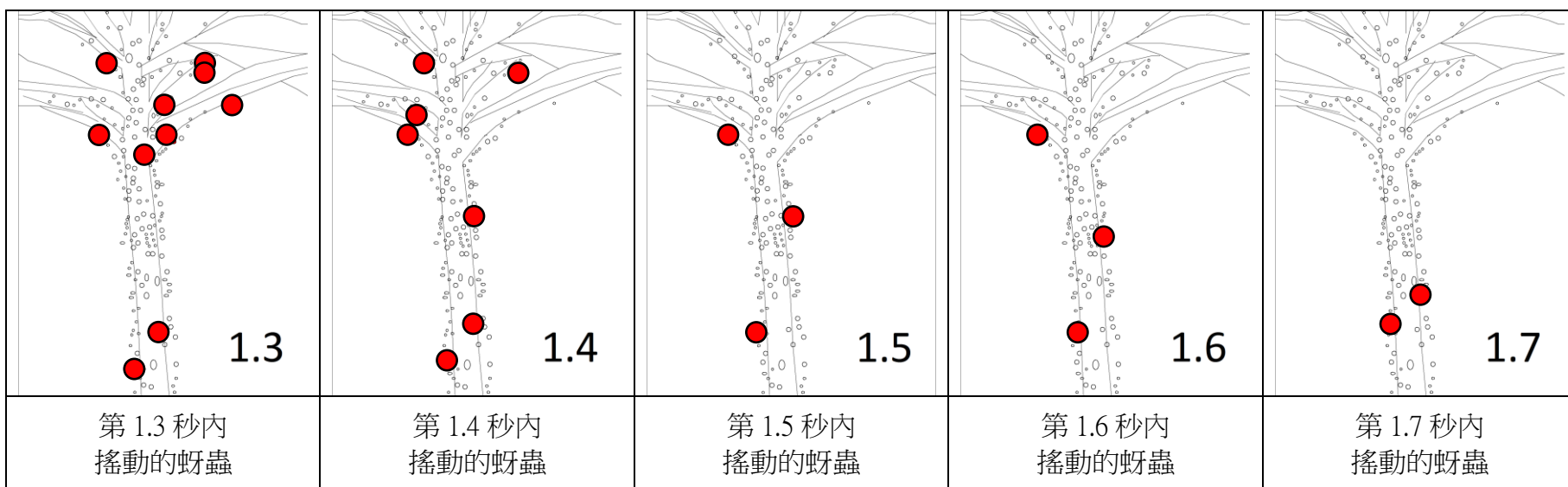
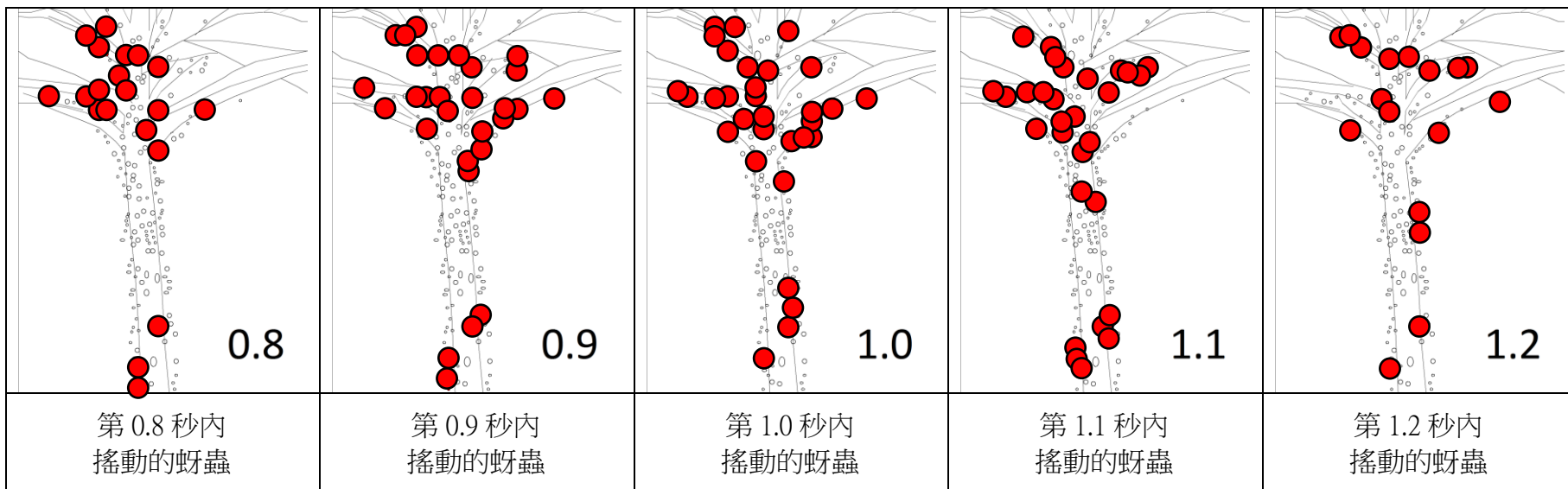
1. 挑出一段 蚜蟲集體搖動的錄影，利用 Extra. Movie to MPG, WMV, AVI 錄影處理軟體切出一段搖動的 2 秒片段。
2. 再利用此軟體，將此段 2 秒影片連續截圖成每秒 30 張（共 60 張）的連續照片。
3. 畫製此蚜蟲位置圖。
4. 利用每 0.1 秒中四張照片快速播放的，標示出每 0.1 秒內搖動蚜蟲的位置。

研究結果與討論：

1. 蚜蟲的集體搖動模式請見次兩頁。
2. 由以上的蚜蟲集體搖動模式分析，可以看得出來領頭者開始搖動後，並不是順著莖的垂直上下區域蚜蟲跟隨搖動。而是略成混亂的向四周傳開。
3. 根據這次的實驗觀察，我們確認蚜蟲的領頭者，並不是藉由植物中的汁液來傳達信號。可能由視覺、空氣的振動或植物的振動來傳送訊號。

			 <p style="text-align: right;">0.1</p>	 <p style="text-align: right;">0.2</p>
<p>錄影檔的 第一個畫面</p>	<p>依照畫面 標出蚜蟲位置</p>	<p>去掉後面的照片 製為「空白表格」</p>	<p>第 0.1 秒內 搖動的蚜蟲</p>	<p>第 0.2 秒內 搖動的蚜蟲</p>

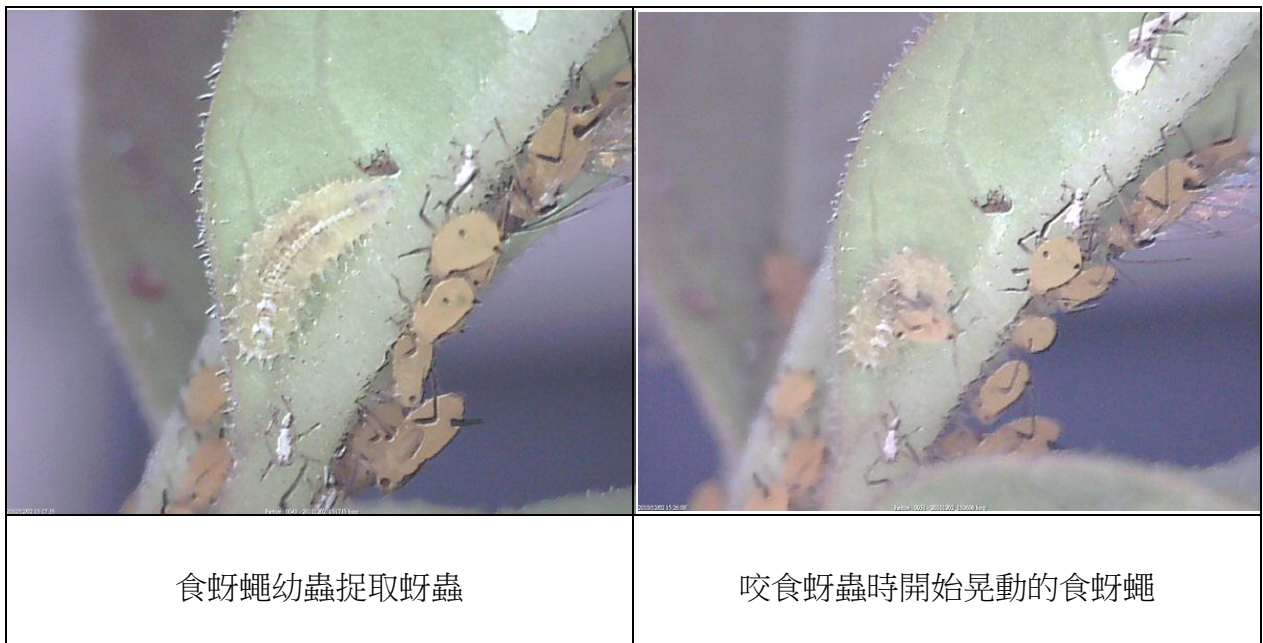
 <p style="text-align: right;">0.3</p>	 <p style="text-align: right;">0.4</p>	 <p style="text-align: right;">0.5</p>	 <p style="text-align: right;">0.6</p>	 <p style="text-align: right;">0.7</p>
<p>第 0.3 秒內 搖動的蚜蟲</p>	<p>第 0.4 秒內 搖動的蚜蟲</p>	<p>第 0.5 秒內 搖動的蚜蟲</p>	<p>第 0.6 秒內 搖動的蚜蟲</p>	<p>第 0.7 秒內 搖動的蚜蟲</p>



研究四之二 由「手指頭刺激實驗」確認：不是透過植物的振動

為了確認追隨者蚜蟲是根據因為什麼訊號來判斷自己要跟著搖了，我們做了上百次的觀察。

我們觀察到在食蚜蠅幼蟲咬食蚜蟲時，會有搖動身體的習慣。最特別的是在牠搖動身體的時候，身旁的蚜蟲也會跟著晃動。



我們再一次確認會讓蚜蟲跟著搖的信號，可能是視覺上的、聽覺上的（空氣振動）、也可能是植物振動所引發的。但確認不是透過植物中的汁液傳訊。

我們另外測試又發現，利用手指頭急速戳近蚜蟲時，也會引發蚜蟲的集體搖動。不由植物的搖動就可引起追隨，視覺和空氣的振動是關鍵因素，所以又根據這個，我們推測：視覺或是聽覺才是關鍵因素。

研究四之三 確認：視覺不是引發追隨的關鍵因素

研究目的：

經過觀察後，我們發現手指戳向（未觸及）蚜蟲至 6 公分時時，有時會引發蚜蟲的集體搖動。引發跟隨者搖動的信號應該隱藏在裡面。可能是視覺上的刺激、也可能是空氣振動所引起的。所以我們先測試單純由視覺刺激能否引發搖動。

研究方法：

1. 用透明寶特瓶罩住植物。(以確認只有視覺刺激、沒有空氣震盪)
2. 在寶特瓶外，針對蚜蟲群體做出各種視覺刺激
3. 觀察並記錄蚜蟲是否集體搖動



研究結果：

物品及動作	集體搖動次數	附註： (蚜蟲所有搖動次數)
不同形狀與顏色的物品		
鉛筆筆尖接近	0	0
鉛筆筆尾接近	0	0
橡皮擦接近	0	0
尺直戳接近	0	0
手指的不同動作		
手指直戳	0	0
手指向左擺動	0	2
手指向右擺動	0	1
手指向上擺動	0	1
手指向下擺動	0	1
不同顏色的燈		
藍白色 Led 燈	0	0
紅雷射光閃示	0	0

研究討論：

1. 我們發現利用保特瓶隔開蚜蟲時，用手指頭在距離 6 公分處做不同的動作（直戳、上下左右擺動…）、還是用不同形狀與顏色的物品（橡皮擦、尺…）或是由不同顏色的燈（藍白色和紅雷射光）來嘗試，也不能引發其他蚜蟲的跟隨。
2. 根據這次的研究，我們發現視覺不是引發追隨者的開始搖動的關鍵，由此可見，「我們在戶外時，用手指頭直戳蚜蟲會跟著搖動」的現象，也許跟空氣振動有關。

研究四之四 確認：空氣的振動可以引發追隨者的搖動

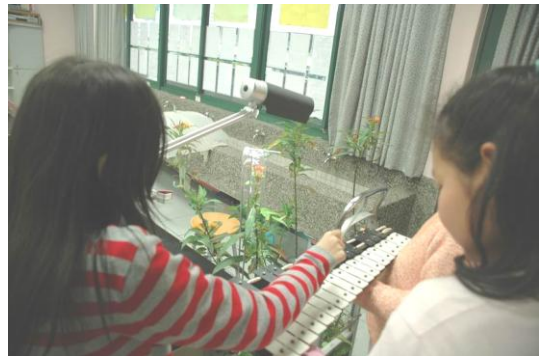
--- 聲音高低不同、效果不同

研究目的：

想確認空氣振動會不會是蚜蟲追隨者所依據追隨搖動的信號。

研究方法：

1. 利用敲擊（鐵琴）在蚜蟲群體旁發出空氣振動
2. 觀察蚜蟲在不同音階下能否引發集體搖動。
3. 統計由不同音階對蚜蟲成功引發集體搖動比例，來評估不同高低音空氣振動，對於引發追隨者無差別影響。



研究結果：

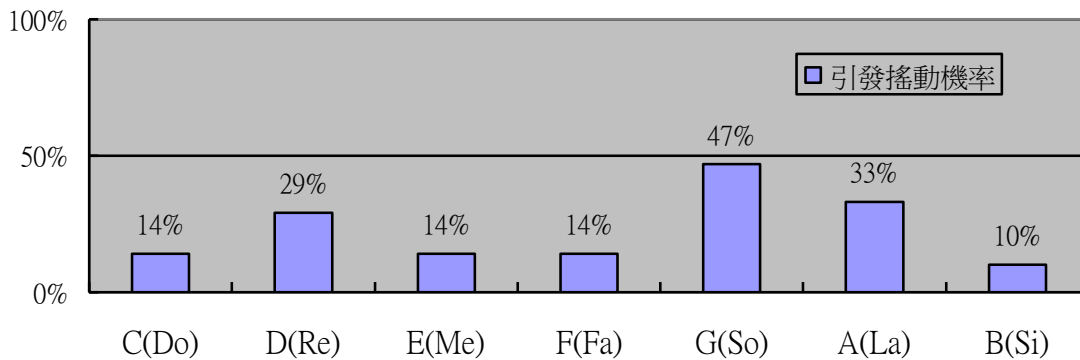
1. 我們曾發現蚜蟲群體對於鐵琴的特殊音階有明顯而特別的反應。這群蚜蟲對於鐵琴的任何音階都不會有反應，唯獨對各音階中的 **“So”**（不論高音、中音、低音）會有所反應。（未錄影）

2. 在後續的確認實驗中，卻又發現蚜蟲對於特殊音階的集體搖動反應則變得較不明顯。統計所有觀察結果如下：

鐵琴 沒敲空白 敲後有動打 O 敲後沒動打 X

		第幾次觀察	C (Do)	D (Re)	E (Me)	F (Fa)	G (So)	A (La)	B (Si)
低音	1(7409)					x	x	X	x
	2(7409)	x	x	o	x	o	x	x	x
	3(7411)				x	o	o	x	x
	4(7410)				x	x	x	x	x
	5(7423)				x	x	o	o	o
	6(7242)				x	o	o	o	x
	7(4725)				x	x	o	o	x
		第幾次觀察	C (Do)	D (Re)	E (Me)	F (Fa)	G (So)	A (La)	B (Si)
中音	1(7409)	x	x	O少	x	x	O少	x	x
	2(7409)	x	x	x	x	x	o	x	x
	3(7411)	x	x	x	x	o	x	x	x
	4(7410)	x	x	x	x	x	x	x	x
	5(7423)	o	o	o	o	o	o	o	x
	6(7242)	o	x	x	x	x	x	x	x
	7(4725)	x	o	x	x	o	x	o	o
		第幾次觀察	C (Do)	D (Re)	E (Me)	F (Fa)	G (So)	A (La)	B (Si)
高音	1(7409)	x	x	x	x	O少	x	x	x
	2(7409)	x	o	x	o	o	x	x	x
	3(7411)	x	x	x	x	x	o	x	x
	4(7410)	x	x	x	o	x	x	x	x
	5(7423)	x	o	x	x	o	o	o	x
	6(7242)	x	x	x	x	o	x	x	x
	7(4725)	o	x	o	x	x	x	x	x
		3	4	2	3	10	7	2	
		3/14	4/14	2/14	3/21	10/21	7/21	2/21	
	鐵琴引發搖動機率	0.14	0.29	0.14	0.14	0.47	0.33	0.1	

之前具獨特誘發性的 So 音，在這項測試中，也是成功誘發跟隨者跟隨機率最大的音。



研究討論：

1. 因為在第一次做測試時，我們一起觀察到：「那群蚜蟲對於鐵琴的特別音階“So”都有明確、明顯的集體搖動。對於其他所有音階都明顯沒有任何反應」（但第一次測試時未錄影），因此我們對於「特殊音階的聲音可以引發蚜蟲追隨者集體搖動」是堅信不移的。
2. 但後續的驗證實驗中，我們發現利用特別的音階 So 引發蚜蟲追隨者集體搖動的現象並不穩定。有可能是後來測試的蚜蟲群狀況不一樣（不是處於自然集體搖動的狀況環境中）所以對於搖動信號較無反應。
3. 但在累計數次鐵琴不同音階的敲擊實驗後看得出，蚜蟲還是較偏好“So”這音階。

肆、結 論：

1. 蚜蟲在搖晃身體時，外觀像是用屁股朝後畫個圈圈。其實是利用某一邊的后腿用力拉勾，把身體急速扯向這一邊的稍偏下方。之後才拉回另一側。整個身體向左或右擺盪激烈，而身體些許向下沈，最後復原。**80%的蚜蟲就像是人類會有左、右撇子一樣，會有左或右特定方向的習慣性**。而且**左、右撇子比例相近**。
2. 結合研究二的結果我們可看出蚜蟲會自然集體搖動：蚜蟲在自然狀況中會不會自然集體搖動與當天時刻的早晚無關，光線越強、溫度越高、濕度越高似乎越容易觀察到蚜蟲自然集體搖動。另外我們進一步的確認了**溫度越高、濕度越高蚜蟲自然集體搖動的數量明顯提高**。
3. 結合研究三的結果可看出整個波浪舞由誰領導：雖然在觀察時常看到似乎由某隻獨特的蚜蟲領頭搖動，但真實狀況是：1. 一群蚜蟲中**會有數隻可以帶頭的領頭者**，其他蚜蟲絕大多數不具領頭功能。2. 一陣一陣的自然集體搖動常由**不同的領頭者帶動**。3. 領頭者較少是小蚜蟲，**中、大型的蚜蟲較常當成為領頭者**。
4. 根據研究四的結果我們判斷：蚜蟲的追隨者**不是**根據**1. 植物內部的汁液傳訊 2. 植物的振動 3. 視覺**，**而是**根據**空氣振動**來判斷是否該開始搖動。另外我們發現蚜蟲**似乎對於 So 的音階較敏感**。搖動開始的訊號似乎存在著**音階特異性**。

伍、參考資料

TIME LIFE, ASIA. (1994). 時代生活叢書. 香港: 張柱.

王怡芬, 張于容, 黃琬儀, & 周宜樺. (2006). 兵蚜向前衝 – 社會性竹莖扁蚜(Pseudoregma bambusicola)之防衛行為. 台北市: 中華民國第四十六屆中小學科學展覽會作品說明書.

【評語】 080310

1. 這件作品的題目新穎有趣，頗具創意。
2. 可以設計實驗深入探討引發蚜蟲集體搖動現象的成因。
3. 數據處理及樣本數目的處理有加強空間。