

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

080317

林間隱者—影響棉桿竹節蟲生長因子之探究

學校名稱：新北市泰山區同榮國民小學

作者： 小五 邱靖維 小五 冷明蓁 小五 許云瑄 小五 王柏鈞	指導老師： 邱月良 姜文斌
-------------------------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：孤雌生殖、孵化率、生長因子

林間隱者—影響棉桿竹節蟲生長因子之探究

摘要

以『棉桿竹節蟲』為題材，曾多次在科展中出現，其重點在於棉桿竹節蟲的**避敵行為**探究（49屆）及**生活史觀察**（49屆）。而我們以深入探究影響**棉桿竹節蟲**生長的各项因子中發現：棉桿竹節蟲會因**食草、環境溫度**的不同而在**生活史**上產生長短的差異，**產卵量及卵的孵化率**亦有不同，且在產卵期的**平均總產卵量在 100~200 顆/隻**。若蟲體色會因低溫改變原本翠綠的體色自然轉而成為麥褐色，與前報告中：須作人為因素改變（49屆）有不同觀察所得的。在本研究中另發現：**專一食用朱槿全花**的棉桿竹節蟲**遠較**吃其他食草的棉桿竹節蟲可**存活天數明顯長許多**。食用朱槿全花的棉桿竹節蟲也會產卵，但卵的孵化率極低，若蟲存活率為『0』。

壹、研究動機

老師的自然生物收集簿一直是我們課暇挖寶的地方。一天，兩張相片(圖 1)引起我們極大的注意與好奇：那是棉桿竹節蟲正在進行交配的相片。當我們學習「動物的繁殖」單元時，一直得到的訊息是：竹節蟲多數是**孤雌生殖**的方式繁殖下一代，尤其以棉桿竹節蟲為最具代表性。為什麼會出現雄性的棉桿竹節蟲呢？這次，老師也無法解答我們心中的大問號，便和我們一起探尋，試著去找到答案。

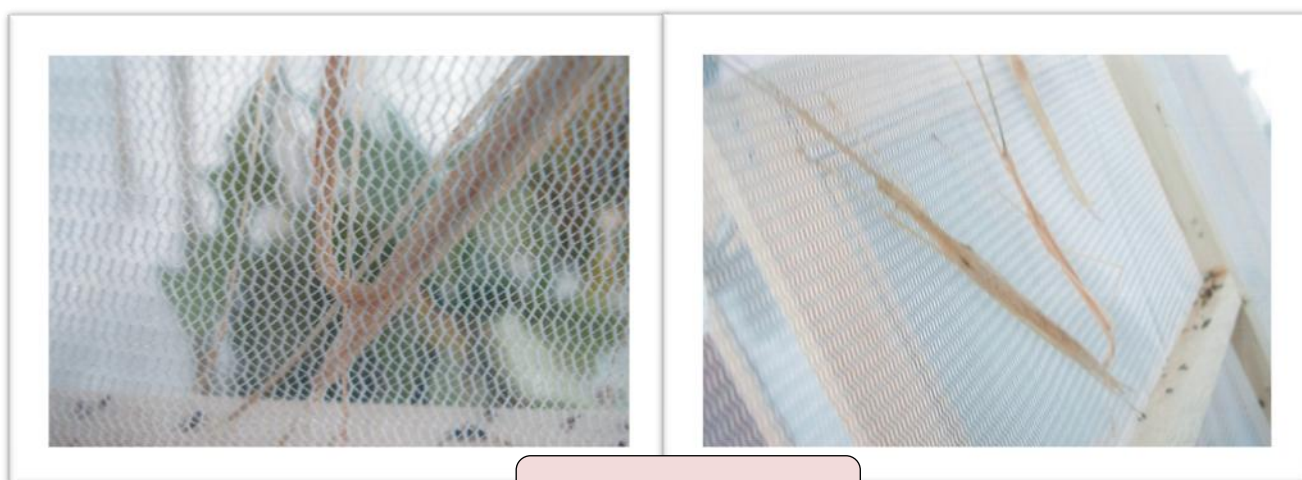


圖 1.雌雄棉桿竹節蟲

貳、研究目的

- 一、 棉桿竹節蟲的食性喜好
- 二、 食草對棉桿竹節蟲生長的影響
- 三、 食草飲水酸鹼值對棉桿竹節蟲生長的影響
- 四、 溫度對棉桿竹節蟲生長的影響
- 五、 飼養密度對棉桿竹節蟲生長的影響

參、名詞解釋及文獻探討

竹節蟲目含葉蟲和竹節蟲，全世界約有 2500 多種，台灣的竹節蟲有 35 種(黃世富, 2002)。世界上體長最長的昆蟲是竹節蟲家族的一員，如克氏足刺竹節蟲(*Phobaeticus Kirbyi*)體長達 32.8cm，連腳更長達 54.6cm。棉桿竹節蟲的體長約 8cm 是台灣最常見的竹節蟲，也是世界分布最廣的竹節蟲，從東南亞、澳洲、紐西蘭及馬達加斯加都有分布。竹節蟲均為植物食性，大部分屬於夜行性及孤雌生殖。

一、孤雌生殖

孤雌生殖(*parthenogenesis*)又稱為單性生殖，卵子無須受精，即能發育為成體，是一種無性生殖，有些節肢動物幾乎全為雌體所組成，即利用此種方法生殖。而某些動物孤雌生殖行數代後，便會有雄體發育，並和雌體交配，使卵子受精。雖然有些生物的祖先原本是行有性生殖，但後來卻漸漸放棄了有性生殖。雌體製造卵子的組織仍舊相同，但是這些卵子卻不需要受精也可以發育形成胚胎。

二、孤雌生殖之類型

(一)偶發性孤雌生殖

在正常情況下行兩性生殖，但偶而可能出現不受精卵發育成新個體的現象。在蛾類中就有這樣的例子，如較熟悉的家蠶，就能進行偶發性的孤雌生殖。而植物、魚類及環境突然改變所引發的孤雌生殖均屬此類。

(二)經常性孤雌生殖

在這種情況下，受精卵發育成雌蟲，非受精卵發育成雄蟲，因而很多膜翅目昆蟲(包括蜜蜂)的雌蟲，其染色體為雙倍體，而雄蟲則是單倍體。雄蟲形成精子時是

不經過減數分裂的。當精子同經減數分裂的卵核結合時就成了雙倍體，所以就都發育成雌蟲。還有一些經常孤雌生殖的昆蟲，在自然情況下雄蟲極少，有的甚至雄蟲還沒有被發現過。這些種類的生殖完全或幾乎完全進行孤雌生殖。例如一些蜥蜴、葉蜂、癭蜂(沒食子蜂)、小蜂、**竹節蟲**、粉虱、介殼蟲、薊馬、蓑蛾等，都有這類情況。

(三)週期性孤雌生殖

孤雌生殖和兩性生殖隨季節的變遷而交替進行。無性生殖發生在環境穩定適宜的情況下，而有性生殖則在渡過不良環境時發生。有性生殖所產下的卵具有堅韌的外殼，可以禦寒，受可確保子代的多樣化，以面對無法預測的未來變化。這種交替的生殖策略就稱為「功能性孤雌生殖」。

蚜蟲是最熟悉的例子。許多蚜蟲只在冬季將要來臨的時候才產生雄蚜，進行雌雄交配，產受精卵越冬；而從春季到秋季連續十餘代都以孤雌生殖繁殖後代，在這段時期幾乎完全沒有雄蚜。蚜蟲在孤雌生殖時(產性蚜時除外)，它的後代都是雌的，經兩性交配後產的卵到第二年也都發育成雌蚜，唯有產性蚜時才出現雄蚜。

(四) 棉桿竹節蟲產卵量

成蟲會將卵產在樹枝或其他物體的縫隙間黏在一起，形成卵堆，產卵量平均約為 400~600 顆。(第 49 屆全國中小學科學展覽，樹上忍者—棉桿竹節蟲的生態研究) 這數據與我們觀察有相當大的差異。

肆、研究器材與設備

溫度計、PH 計、飼養箱 (30×30×70)、飼養桶 (15×15×25)、電子秤、夾子、吸管

伍、研究方法與過程

一、棉桿竹節蟲的食性喜好

兩年棉桿竹節蟲的飼養過程中，我們一直依著前人(老師)的經驗及網路上搜尋到的資訊，在校園裡採集棉桿竹節蟲可以吃的食草：芭樂葉、樟樹葉、朱槿葉、朱槿花、木槿葉等來餵食。但哪一種才是棉桿竹節蟲的最愛呢？

(一) 實驗一

實驗步驟

1. 將五個飼養桶打通連接起來為試驗桶。
2. 以西卡紙做成方型紙盤，墊在飼養桶下方。分別在五個飼養桶中放置芭樂葉、樟樹葉、朱槿葉、朱槿花、木槿葉。
3. 隨機將 20 隻 2~3 齡的棉桿竹節蟲若蟲放入試驗桶中。
4. 每日紀錄在各食草飼養桶中停留的蟲數、食草上的咬痕、及西卡紙盤上的糞粒數。



圖 2.相連相通的飼養桶

圖 3.食草上咬痕的觀察



圖 4.觀察收集糞粒

表 1.棉桿竹節蟲食草喜好紀錄觀察一

食草	樟樹葉	朱槿樹葉	朱槿花	芭樂樹葉	木槿樹葉
停留隻次	157	125	156	171	162
有無食痕	有	有	有	有	有
糞粒重量	4.25g	4.35g	4.7g	4.75g	4.2g
說明	1. 停留隻次：每日早上 10:10 觀察記錄數量，統計 30 日的數據。 2. 糞粒重：收集 30 天各食草飼養桶下紙盒中的糞粒秤重所得。				



圖 5.食用各種食草後的

(二) 實驗二

實驗步驟

1. 仍以 5 個連通的飼養桶做試驗。
2. 以 5 隻成蟲為觀察標的，分別在成蟲的頸部套上不同顏色的吸管做識別。
3. 桶內布置竹枝以統一環境的遮蔽性。
4. 將 5 隻成蟲分別放入有不同食草的飼養桶中，每日上午 10:10 記錄其停留的地點。
5. 觀察記錄一個月各每隻竹節蟲在各飼養桶停留情形。

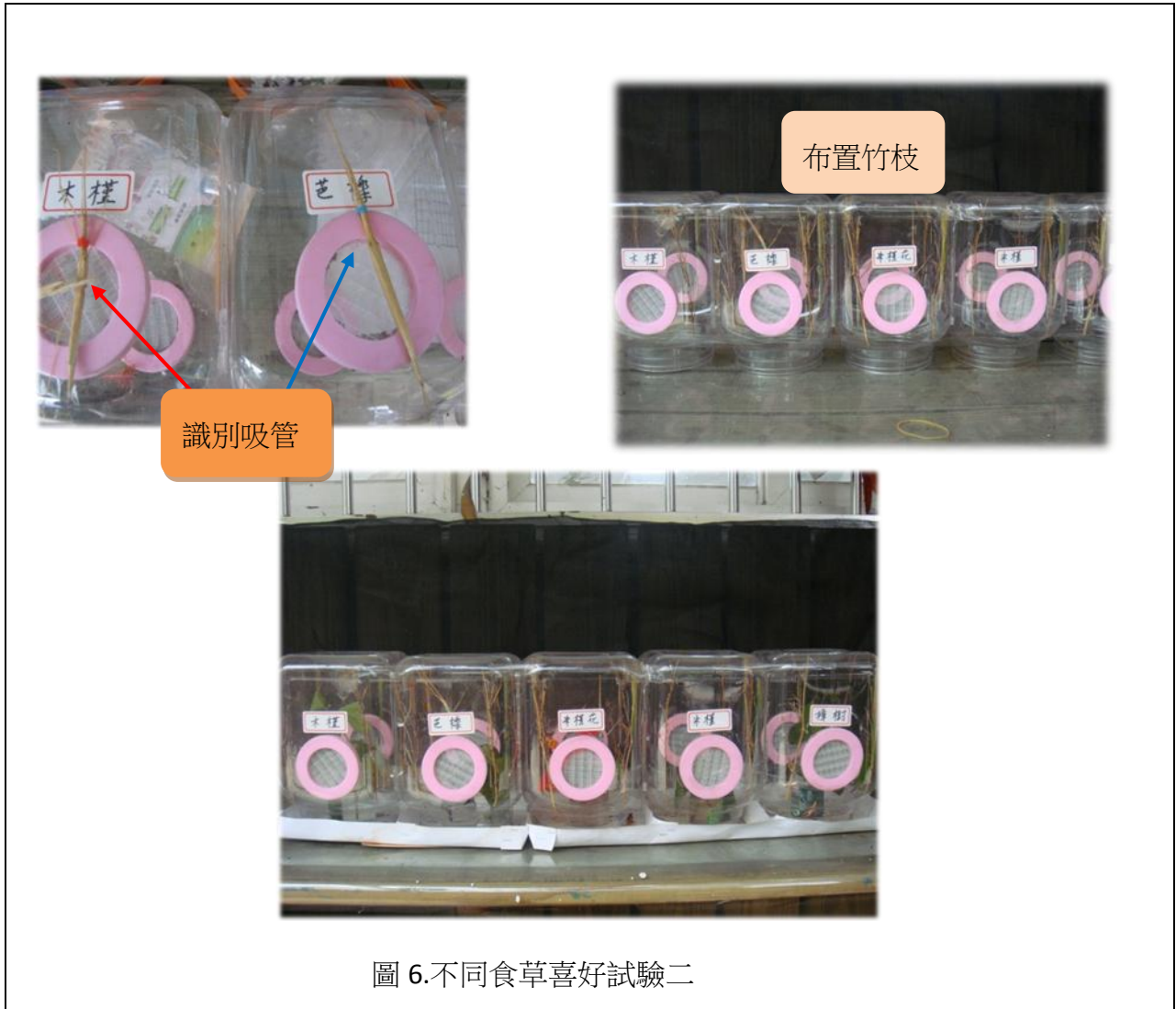


表 2. 食草喜好試驗 2 紀錄

食草	木槿	芭樂	朱槿花	朱槿	樟樹
黃(次)	6	6	3	3	8
藍(次)	3	8	1	3	11
綠(次)	1	5	4	4	12
紅(次)	4	5	5	8	4
紫(次)	6	9	5	1	5
合計停留隻次	20	33	18	19	40

說明:試驗期間末期因校慶關係，工友伯伯修剪了朱槿。所以沒提供朱槿花，而這幾天棉桿竹節蟲也沒有在這飼養桶中作停留。

二、食草對棉桿竹節蟲生長的影響

在確定棉桿竹節蟲對於以上的食草均能接受後，我們便將棉桿分開並分別以單一食草飼養，以觀察棉桿竹節蟲是否會因食草的不同而有不同的生長情況發生。

另外，我們在搜尋有關孤雌生殖時，得知蜜蜂在幼蟲時餵食不同食物會產生雄蜂、工蜂等不同的蜂。所以我們也嘗試在不同食草上夾著朱槿花的雄蕊，讓竹節蟲食用。

(一) 實驗操作



圖 7-1.食草喜好試驗



圖 7-2.食草喜好試驗

表 3.不同食草觀察紀錄

食草	樟樹	芭樂	木槿	朱槿	朱槿花	樟、雄	芭、雄	木、雄	朱、雄
一齡(天)	9	8	9	10	10	10	10	10	10
二齡(天)	10	8	9	11	14	12	12	12	13
三齡(天)	10	9	9	11	16	12	12	12	11
四齡(天)	11	9	10	10	20	13	16	16	12
五齡(天)	12	9	12	12	20	16	14	18	15
六齡	13	11	12	13	25	18	17	20	22
若蟲成長日數	67	54	62	62	85	81	81	88	83
至產卵日數	19	15	18	(蛻皮成蟲後死亡)	32	18	17	18	(蛻皮成蟲後死亡)
產卵期	67	78	61		127	64	125	95	
產卵數	230/2	228/2	124/2		98/1	128/1	203/2	127/2	
生活史	153	147	141		244	173	192	183	
孵化率	53%	67%	50.8%		2%	44.5%	59.1%	59%	

說明：

食草：『樟、雄』表示在樟樹葉上加朱槿花的雄蕊。『芭、雄』表示在芭樂葉上加朱槿花的雄蕊，依此類推表示。

表 4.食用不同食草的棉桿竹節蟲產卵的觀察紀錄

食草	樟樹	芭樂	木槿	朱槿花	樟、雄	芭、雄	木、雄
前期卵數	80	113	40	37	45	69	36
孵化數	33	70	13	0	12	40	15
孵化率	41.25%	61.95%	32.5%	0%	26.67%	57.97%	41.67%
♀ ♂	♀	♀	♀		♀	♀	♀

中期卵數	99	73	58	20	63	72	58
孵化數	66	68	32	1	32	55	26
孵化率	66.67%	93.15%	55.17%	5%	47.06%	76.39%	44.83%
♀ ♂	♀	♀	♀		♀	♀	♀
後期卵數	51	42	26	41	20	62	67
孵化數	23	15	18	1	13	25	34
孵化率	45.1%	35.71%	69.23%	2.4%	65%	40.32%	50.74%
♀ ♂	♀	♀	♀		♀	♀	♀

(二) 自製產卵收集裝

根據棉桿竹節蟲喜歡將卵產在**夾縫**的習性，所以我們將彩色吸管裝置在飼養桶壁上，一方面可方便每天卵的收集紀錄，另一方面也想進一步知道棉桿竹節蟲喜歡什麼**顏色**。



(三) 產卵位置、及顏色喜好探討

當我們將不同顏色吸管隨機排放時，並沒有發現棉桿竹節蟲有選擇特定顏色或位置產卵。但當時我們沒有考慮到食草的遮蔽性及光線因素，所以我們又做了更嚴詳細的實驗設計試驗。



圖 9.棉桿竹節蟲產卵觀察裝置

說明：

1. 飼養桶兩側各設置一產卵裝置，一側向光為向光區，另一側背光為背光區。
2. 有色吸管以色塊方式排放，並兩側相同。
2. 將產卵裝置區隔分為 A、B、C、D 四區。

表 5.產卵紀錄

向光區						背光區						其他
區別	A	B	C	D	小計	A	B	C	D	小計	合計	
透明	3	2	7	11	23	2	0	2	1	5	28	
白	7	0	0	4	11	8	0	1	5	14	25	
黃	0	0	2	6	8	0	3	5	4	12	20	
橘	5	4	3	4	16	3	0	0	6	9	25	
紅	4	0	5	4	13	0	0	2	0	2	15	
粉紅	0	3	6	0	9	0	6	0	3	9	18	
綠	4	4	1	8	17	7	2	12	9	30	47	
藍	0	2	16	4	22	1	3	3	11	18	45	
紫	0	3	12	4	19	3	2	0	5	10	29	
小計	23	18	52	45	138	24	16	25	43	108	246	
合計	138					108					98	
總計	344											

說明：『其他』指棉桿竹節蟲將卵產在桶壁、食草枝葉上、飼養桶底等，不是在吸管內的位置。



圖 10.棉桿竹節蟲卵的觀察

1. 餵食各種食草的棉桿竹節蟲，除餵食朱槿葉及朱槿葉加朱槿花雄蕊，無法使棉桿竹節蟲產卵外，其餘均能產卵。
2. 餵食各種食草的成蟲在產卵的時間與數量也有著差異。並且以中期所產的卵孵化率較高，食用芭樂樹葉的棉桿竹節蟲在中期所產的卵孵化率達 93.15%。
3. 餵食朱槿花的成蟲較慢產卵，產卵量亦少外，所產下的卵孵化率極低，整個產程產下的卵僅有兩顆卵孵化出幼蟲，且孵化後二天即死亡，存活率為『0』。
4. 餵食朱槿花的成蟲產下的卵顆粒較小，且卵殼較薄易破，顏色也較淡。

三、酸鹼值對棉桿竹節蟲生長的影響

食草及飲水的酸鹼性質是否會影響棉桿竹節蟲的生長狀態？

(一)

實驗操作

1. 以碳酸鈉、鹽酸分別配製出 PH10、PH5 的水溶液。
2. 設置兩個飼養桶：一個以 PH10 的水溶液為食草的供應水並每天噴 PH10 的水溶液供棉桿竹節蟲飲用。
3. 另一以 PH5 的水溶液為食草的供應水並每天噴 PH5 的水溶液供棉桿竹節蟲飲用。
4. 此實驗均以樟樹葉為食草。每桶放養 3 隻一齡竹節蟲。



圖 11. 食草飲水酸鹼性對棉桿生長的影響

〈二〉

表 6.酸鹼影響觀察紀錄

組別	鹼性組	酸性組	對照組
齡別	生長日數	生長日數	生長日數
一齡	9	11	8
二齡	9	11 (死亡一隻)	8
三齡	10	12	9
四齡	11	12	9
五齡	11 (死亡一隻)	13	9
六齡	12	14	11
產卵數	284/2	190/2	381/3
生活史	178 天	156 天	147 天
孵化數量	152 顆	86 顆	257 顆
孵化率	53.5%	45.2%	67.4%
子代性別	♀	♀	♀

四、溫度對棉桿竹節蟲生長的影響

蚜蟲在氣溫寒冷食物較缺乏時，會長出翅來遷徙，在此時也會出現雄性蚜蟲。改變棉桿竹節蟲生長的環境溫度，即將成蟲產下的卵保存於低溫下 10~15 天，對棉桿竹節蟲有什麼影響？

(一)

自製低溫飼養箱

以大型的保麗龍箱（裝水果的）製作；將箱蓋裁開一個大口貼上刺有透氣細孔的透明塑膠，每天更換兩瓶冷凍水以保持箱內溫度在 14~15°C。



(二)

低溫飼養試驗

將 6 隻一齡若蟲放入箱內飼養，每天更換瓶裝冰維持箱內的低溫，觀察紀錄棉桿的生長變化。



表 7.環境溫度對棉桿竹節蟲生長影響紀錄

環境溫度	一般室溫(18°C~22°C)	保持低溫(14°C~17°C)	生長延長 天數
	日數	日數	
一齡	12	18	6
二齡	15	21	6
三齡	14	21	7
四齡	15	22	7
五齡	16	22	6
六齡	18	24	6
成蟲	20	27	7
成長日數	110	155	45

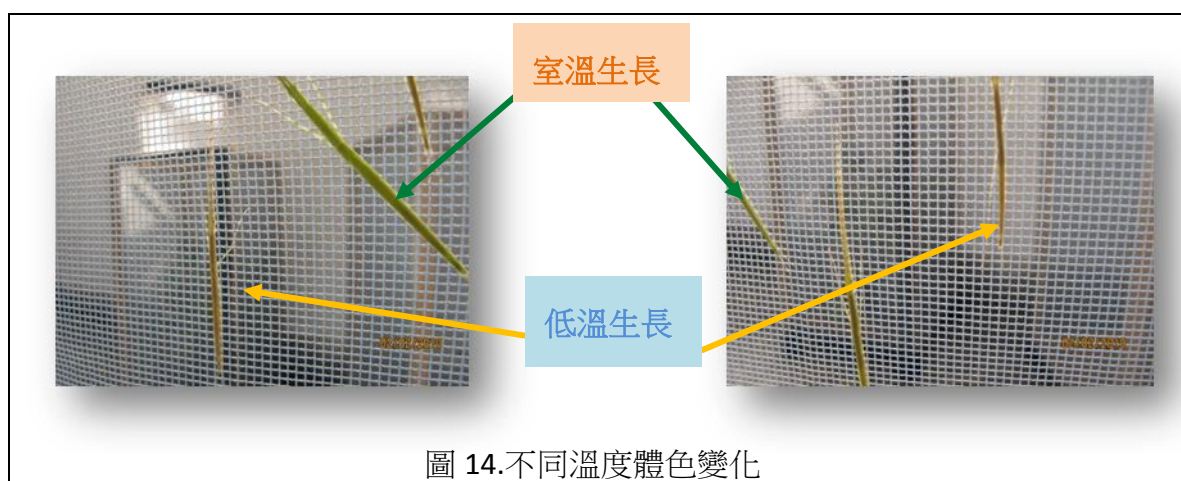


圖 14.不同溫度體色變化

(三)

卵的冷藏試驗

將成蟲當天產下的卵收集裝在小盒中，蓋上噴濕的衛生紙保持盒內濕度，蓋上盒蓋置於冰箱的生鮮冷藏區（5°C）冷藏。10~15 天後取出，放置室溫中觀察。



圖 15.卵冷藏試驗

表 8.卵冷藏紀錄

卵保存方式	冷藏 5°C 10 天	冷藏 5°C 15 天	一般室溫
實驗數量	10 顆	10 顆	10 顆
保存開始日期	98.11.20	98.11.20	98.11.20
取出時間	98.11.29	98.12.04	
孵化顆數	6	5	5
孵化率	60%	50%	50%
子代性別	♀	♀	♀

說明：

- 1.三組所使用的卵均為同一飼養箱餵食芭樂葉成蟲，同一日產下的卵
- 2.冷藏時濕度需維持於 80%。由冷藏室取出時，若溫差過大，溫度需漸次升溫，以免對卵造成傷害。

五、飼養密度對棉桿竹節蟲生長的影響

飼養密度是否影響棉桿竹節蟲的生長狀態呢？

(一) 實驗操作

設兩實驗桶：1.一個放養兩隻棉桿竹節蟲為低密度飼養。

另一放養 20 隻為高密度飼養。

2.兩桶食草均以芭樂樹葉餵食。



圖 16.飼養密度試驗

(二)

表 9.觀察記錄

組別	低密度組	高密度組
齡別	生長日數	生長日數
一齡	9	9
二齡	8	9 (死亡 3 隻)
三齡	10	12 (死亡 2 隻)
四齡	10	12
五齡	11	13
六齡	14	14
產卵數	260/2	186/2
生活史	178 天	156 天
孵化子代數量	132 顆	85 顆
孵化率	50.76%	45.7%
子代性別	♀	♀

說明：

1. 高密度組易造成若蟲的死亡，二~三齡若蟲共陣亡了 5 隻，成功育成率為 75%。
2. 低密度可 100%使棉桿竹節蟲成長至成蟲。
3. 低密度組產卵數多於高密度組，卵孵化率也是低密度組高於高密度組。
4. 高密度組在成蟲階段若食草供應不及，會發生互相啃食翅膀的現象。

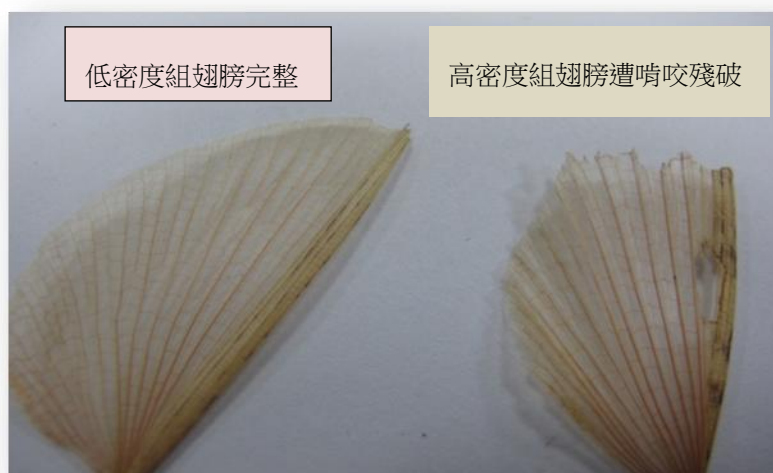
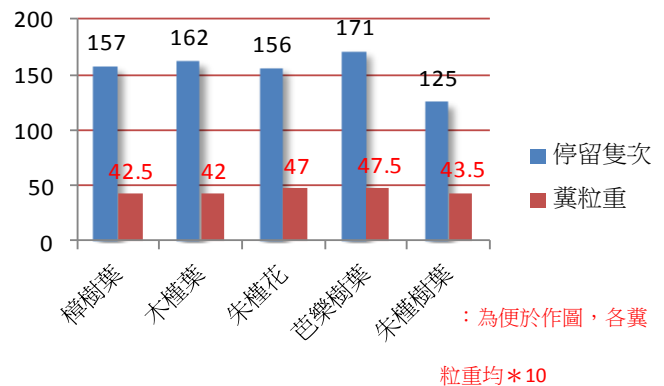
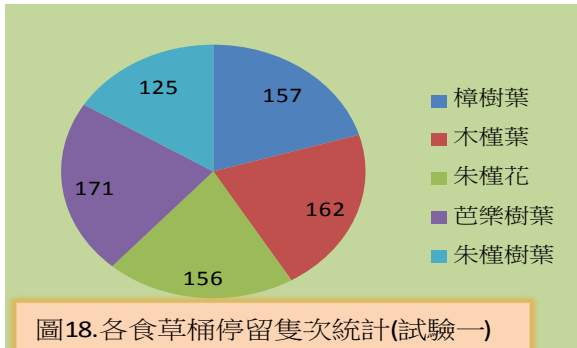


圖 17.高低飼養狀況比較

陸、結果與討論

一、棉桿竹節蟲的食性喜愛



1. 以連通飼養桶放置不同的食草試驗一中，在 30 天的統計中，停留於芭樂桶的 171 隻次為最多，停留在朱槿葉桶的 125 隻次為最少。食草試驗二中，當朱槿花飼養桶中未放入朱槿花時，棉桿即不停留在朱槿花的食桶中，顯示**棉桿竹節蟲的停留確實是因食草的存在**。
2. 各食草上每天均有新的咬痕(如圖 3)，顯示試驗的五種食草棉桿竹節蟲均會食用，棉桿竹節蟲能食用的植物食草種類多，我們認為是她能廣泛的分佈各地的原因。
3. 在各食草飼養桶底盒收集到的糞粒重，以芭樂樹葉桶糞粒 4.75g 為最多，木槿樹葉桶的 4.2g 最少。

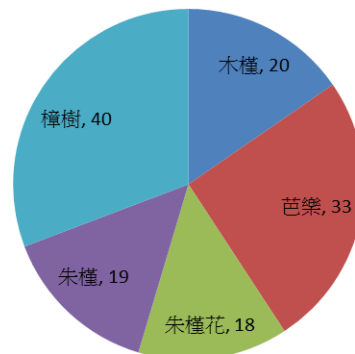


圖 20. 停留隻次統計(試驗 2)

4. 試驗一中以芭樂葉停留的隻次最多，而在試驗二中則是樟樹葉的停留隻次最多。檢討兩次試驗差異時，發現植食性棉桿竹節蟲躲避天敵最常使用的方法：**偽裝、躲避、假死、噴出異味**。試驗一時，未顧及外在影響因素排除，可能因**芭樂葉片大提供了較佳的遮蔽**

效果，使在統計上得到最多的結果。故而在二次試驗時我們注意並事先在飼養桶中設置了竹枝，使每個飼養桶有相同的遮蔽性。統計結果以在樟樹的停留 40 隻次為最多，芭樂葉停留 33 隻次之。二次試驗結果相近，樟樹與芭樂葉是棉桿竹節蟲較喜愛的兩種食草。

5. 在兩年多的飼養觀察過程，曾因繁殖過多的數量，野放在校園中的朱槿樹、木槿樹、芭樂樹及樟樹上。一段時間後，我們只在樟樹及芭樂樹上觀察到棉桿竹節蟲的蹤跡。



圖 21. 校園芭樂樹上的棉桿



圖 22. 樟樹上的棉桿竹節

二、各食草對棉桿竹節蟲生長的影響

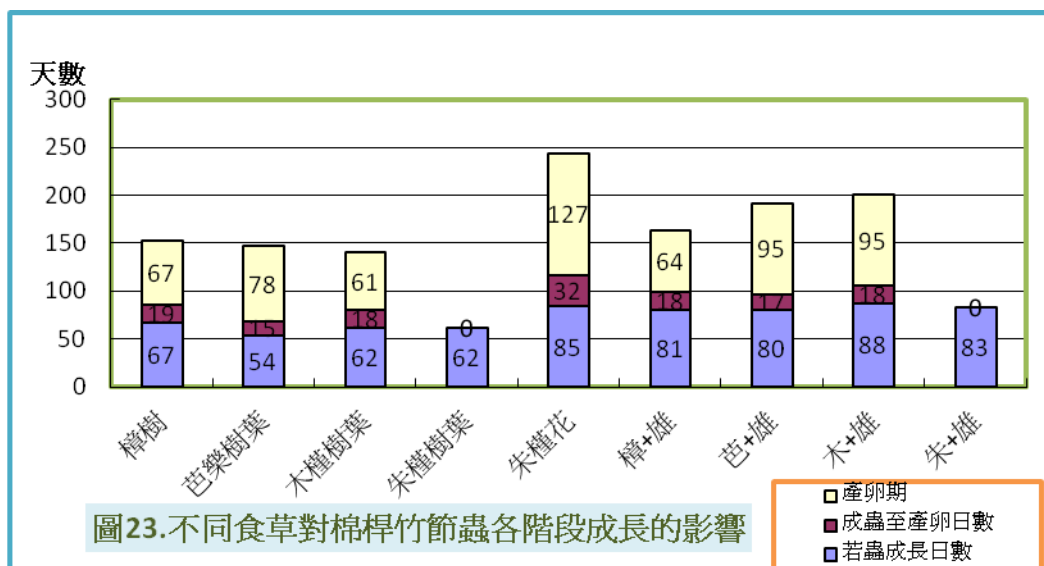
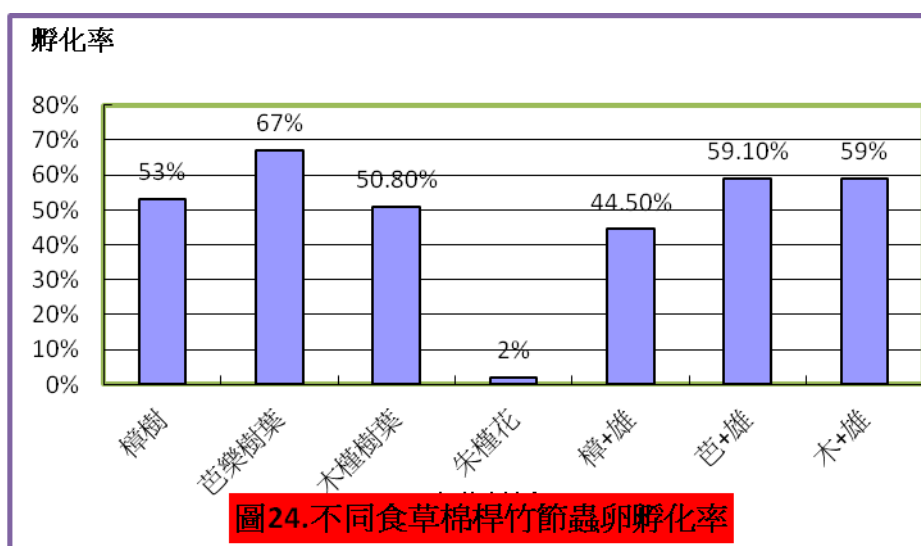


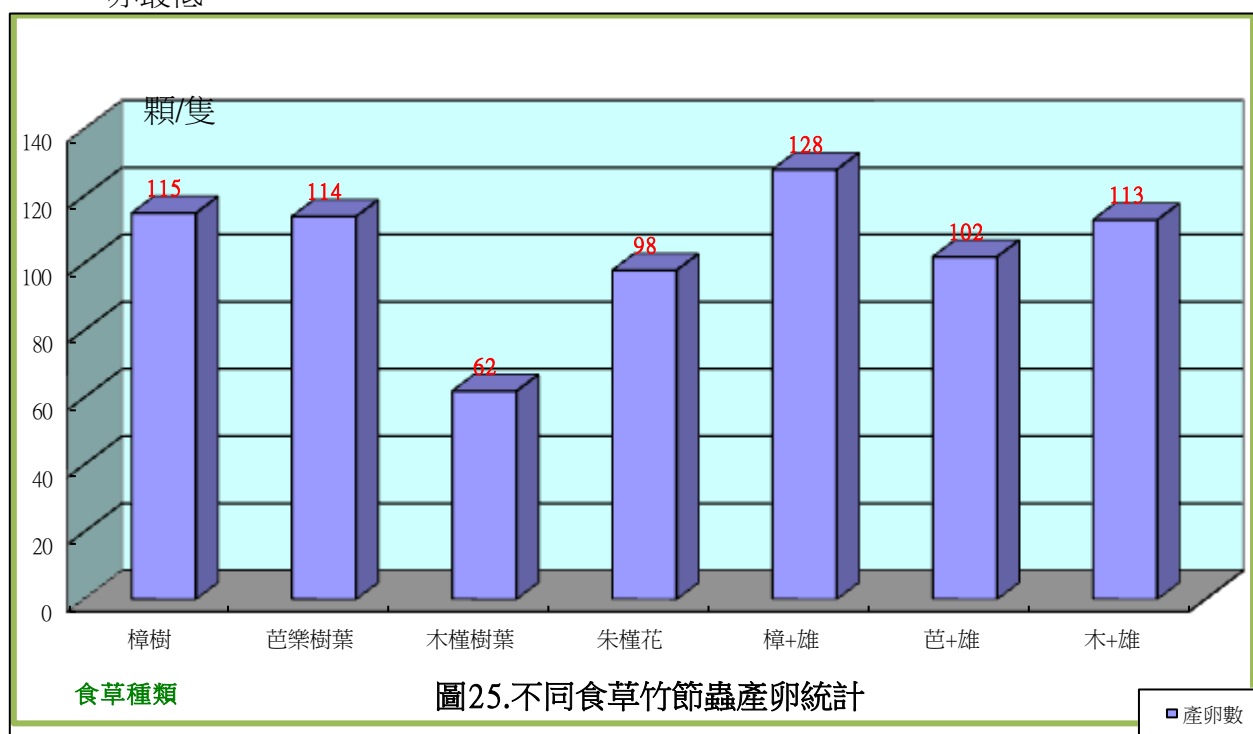
圖 23. 不同食草對棉桿竹節蟲各階段成長的影響

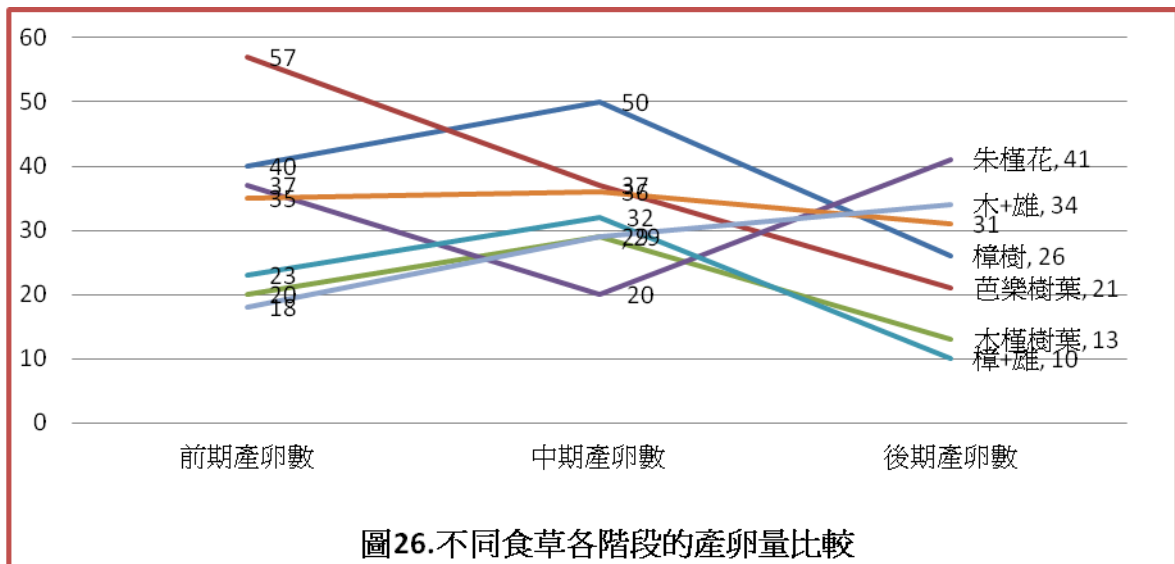
1. 食用專一食草會影響棉桿竹節蟲各階段的成長，這是不是也說明了:要健康的成長，就要不偏食呢?
2. 專一食用朱槿樹葉或朱槿樹葉加朱槿雄蕊的棉桿竹節蟲能成長至成蟲，但蛻皮不久即會死亡，我們各重複做了二次試驗均得相同結果。

3. 專一食用朱槿全花的棉桿竹節蟲生活史最長，達 244 天之久，我們認為花是植物孕育下一代的器官，含有豐富的養分可延長食用者的生命長度。但食用後的竹節蟲會產卵，但孵化率非常低，且若蟲孵出一或二天即會死亡。
4. 食用食草加上朱槿雄蕊的棉桿竹節蟲，生活史均較沒有加雄蕊長，是否是因為雄蕊上的花粉的因素，值得再做一步的探討。
5. 專一食用芭樂樹葉的棉桿竹節蟲若蟲期較短。



6. 食用不同的食草對棉桿竹節蟲產下的卵有影響，其中以專一食用芭樂樹葉的棉桿竹節蟲卵孵化率最高。食用朱槿全花的棉桿竹節蟲所產的卵孵化率最低，若蟲存活率亦最低。





- 食用不同食草對棉桿竹節蟲的產卵情形會有影響：食用樟樹葉加朱槿雄蕊的產卵量最高（128 顆/隻），食用木槿樹葉產卵量最低（62 顆/隻），而食用芭樂樹葉、樟樹葉及木槿雄蕊的棉桿竹節蟲的產卵量相近，平均約 114 顆/隻。
- 若將棉桿竹節蟲的產卵期均分為三階段，食用木槿葉、樟樹葉加朱槿雄蕊及木槿樹葉加朱槿雄蕊的孵化率漸次增加外，其他食用各食草棉桿竹節蟲均以產於中期的卵孵化率最高，我們認為此時母蟲完全成熟了。其中**食用芭樂樹葉的棉桿竹節蟲中期產下的卵，孵化率更高達 93.15%**，更讓我們驚訝。
- 食用不同的食草所產下的子代均為雌性。
- 我們以自製的產卵裝置每日蒐集所產下的卵，做統計分析：以不同食草餵養棉桿竹節蟲記錄其平均產卵量約在 100~200 顆間，與前研究報告中所提之 400~600 顆有著明顯差距。棉桿竹節蟲以產下大量的卵，並有形成卵塊的情況(如圖 8)，是以量多達成族群繁衍的目的
- 每日的採集卵的過程中也發現：棉桿竹節蟲並不會在特定的顏色(如圖 25)，但多數都會產卵在吸管中。

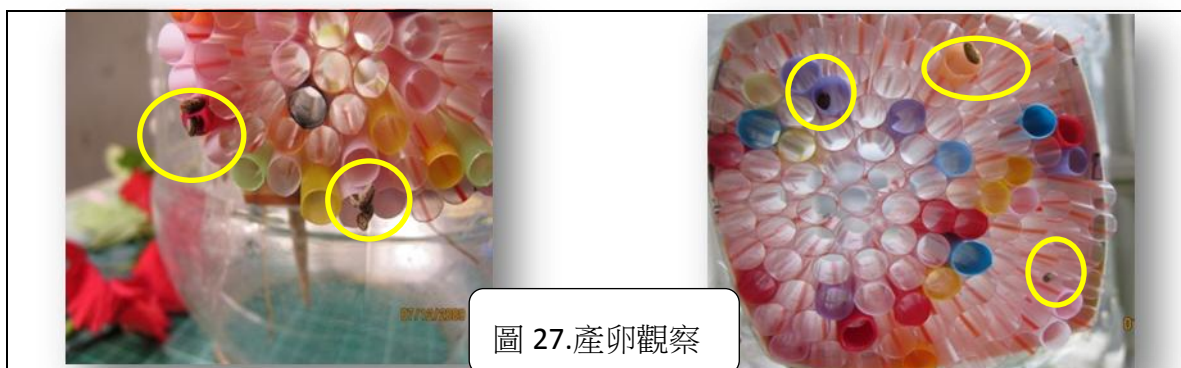


圖 27.產卵觀察

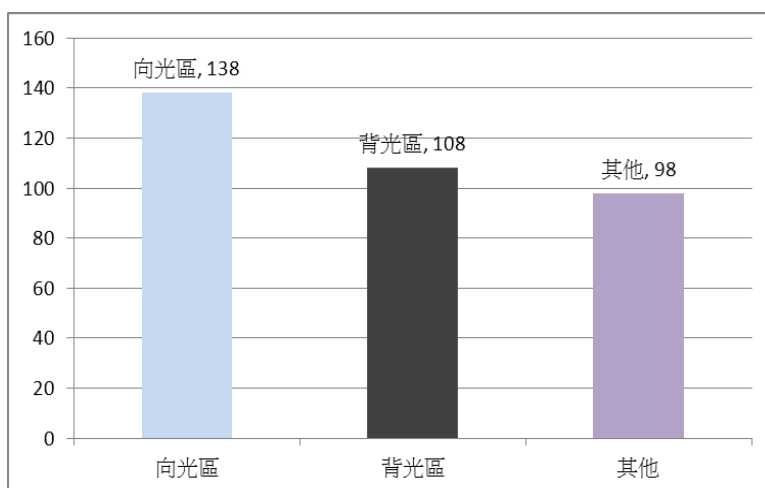


圖 28.產卵位置統計

當我們利用自製產卵設備重新設計，規劃出向光區及背光區的位置相對的產卵裝置試驗時發現：夜行性的棉桿竹節蟲產卵時以產在向光區的 40.11% 多於背光區的 30.39%，較少的產在其他區 28.5% (如圖 28)。

13. 在產卵方位的統計中更發現：

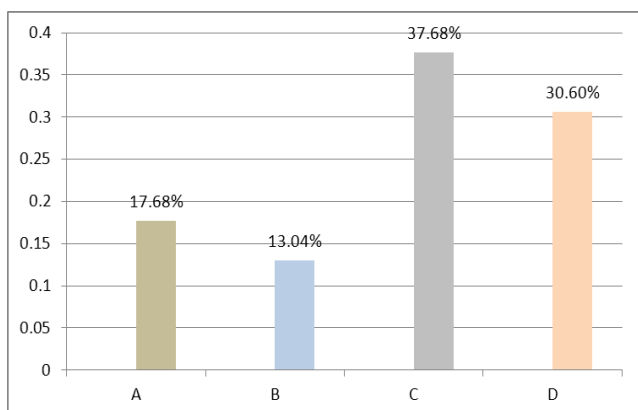


圖 29.向光區產卵方位統計分析

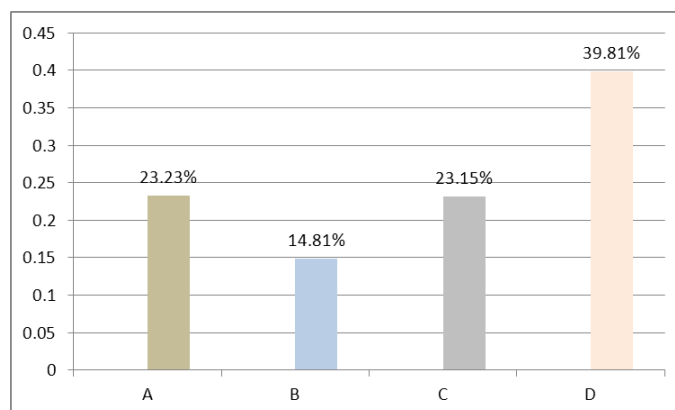


圖 30.背光區產卵方位統計分析

棉桿竹節蟲會產卵在下方的 C 區與 D 區佔多數(向光區 68.28%，背光區 62.96%)，且更有趣的是向光區的 C 位置正好相對背光區的 D 位置，這二位置都是產卵較多的地方。

14. 當我們將彩色吸管做區塊有規律地排列時，棉桿竹節蟲產卵時比較喜歡冷色系的透明、白、綠、藍色，而對於暖色系的黃、橘、紅色較不喜歡，我們推測應該是暖色系與灰黑色的卵反差太大，會使卵陷入被天敵發現的危險中。

15. 棉桿竹節蟲卵產在透明吸管在向光區與背光區有剛好相反的結果。

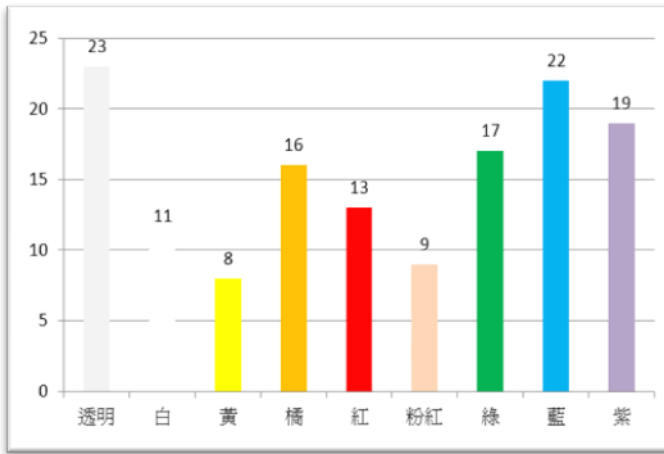


圖 31.向光區產卵顏色分布

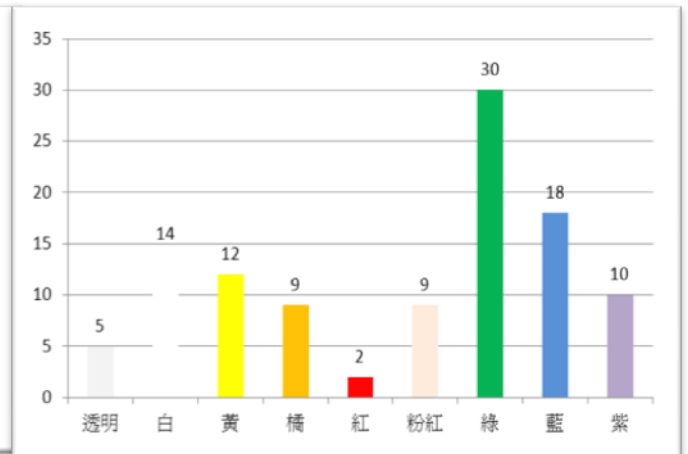


圖 32.背光區產卵顏色分布

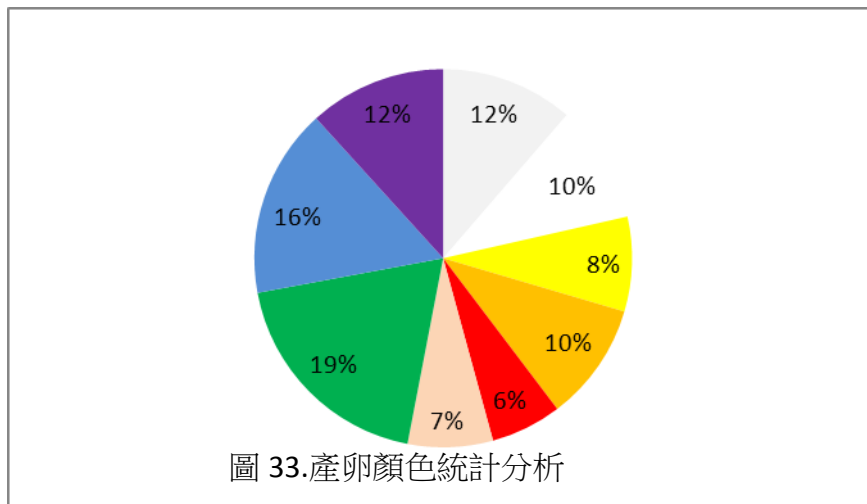


圖 33.產卵顏色統計分析

三、食草飲水的酸鹼性對棉桿竹節蟲生長的影响

- (一) 鹼性的食物飲水對棉桿竹節蟲的生活史有延长的效果，而醫師提供的保健建議也是多食用蔬果，維持身體酸鹼平衡，偏鹼為佳。
- (二) 鹼性組的平均產卵量最高（142 顆/隻），孵化率則以對照組較高（67.4%），故食草飲水酸鹼性會降低卵的孵化率。
- (三) 三組的子代均為雌性。

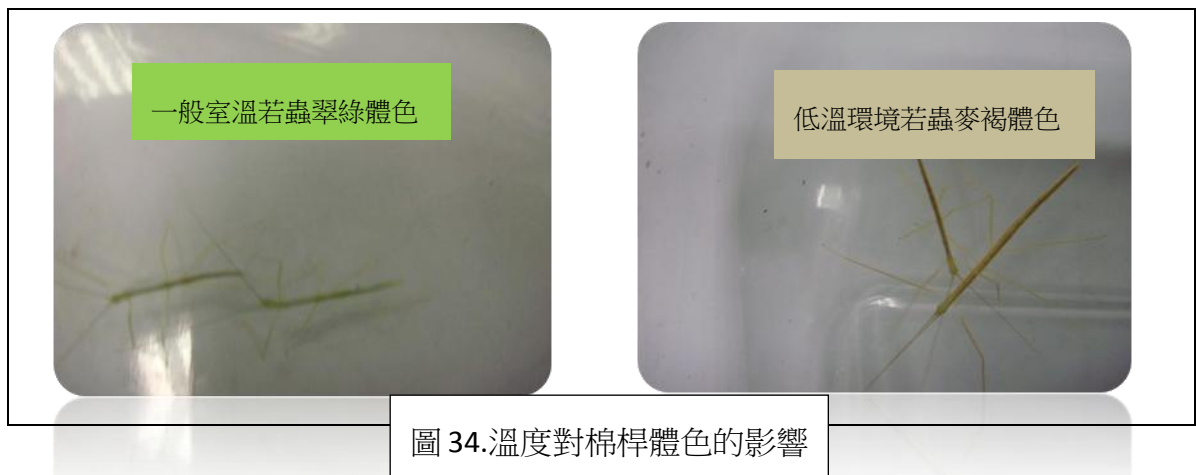
四、生長環境度對棉桿竹節蟲生長狀態的影響

(一) 低溫保存的卵

- 1.將母蟲產下的卵保存於冰箱的冷藏室 10~15 天，僅會延長卵的孵化時間，對孵化率、子代性別均無影響。
- 2.當環境溫度下降(5°C)時，棉桿竹節蟲的卵會延緩孵化越冬。

(二) 自製低溫飼養箱

1. 低溫的生活環境使若蟲各齡期時間均有延長，在 14°C 的低溫較一般室溫（20°C）若蟲成長至成蟲會延長約 45 天。
- 2.低溫的生活環境除會延長棉桿竹節蟲各齡期時間外，也會讓棉桿竹節蟲在若蟲階段的體色變成黃褐色。
- 3.低溫環境成長的母蟲所產下的子代仍為雌性。是因控制的環境不夠惡劣(不是酷寒)嗎?但要生命在眼前消失，同學們討論決定不再就此題深究下去。



五、飼養密度對棉桿竹節蟲生長的影響

- (一) 高密度的飼養易造成若蟲的死亡，成蟲也會因爭食而互啃翅膀。
- (二) 高密度的飼養會降低平均產卵量及造成低孵化率，我們認為是生物維持族群生存基本法則使然。
- (三) 兩組的子代仍為雌性。

柒、結論

『孤雌生殖』，自然界中的許多昆蟲，甚至少部分的魚類（鎚頭鯊）和爬蟲類（科摩多龍）在自然的環境中進行這種繁殖方式。孤雌生殖是弱小昆蟲賴以維持族群存在、擴大分布區域的一種重要繁殖方式：它可以使單一個體被帶離至新地區（如風吹、人為傳帶…），都能很快地在該區繁衍，形成族群。孤雌生殖也會因為族群遺傳基因單一，無法適應環境突發的變化，而產生族群的消弱乃至滅亡，在現今環境丕變快速的時候，利用孤雌生殖的生物是否會改變來應變？

在一連串的試驗中，我們發現：人為環境的實驗操作並不會影響棉桿竹節蟲的子代性別，但對於棉桿竹節蟲生長狀態會產生影響。

- 一、 棉桿竹節蟲會因食草的不同而在生活史上產生長短的差異，產卵量及卵的孵化率亦有不同。平均產卵量約 100~200 顆。
- 二、 棉桿竹節蟲因可食草在各區分布普遍，使成為分布最廣泛、常見的竹節蟲之一。
- 三、 環境溫度對棉桿竹節蟲性別及子性別亦無影響，面對環境低溫棉桿竹節蟲也以延長成長時間，改變體色來因應，或以卵狀態度過低溫。
- 四、 食草飲水的酸鹼性對棉桿竹節蟲生長影響不大，但鹼性食物對棉桿竹節的生活史有延長的效果。
- 五、 專一食用朱槿全花的棉桿竹節蟲可以活 244 天，比食用其他食草的棉桿竹節蟲的 140~190 天長許多。也會產卵但卵的孵化率極低，若蟲存活率為『0』。
- 六、 棉桿竹節蟲產卵時除了有將卵產在夾縫的特性，我們以自製的產卵裝置可明確的記錄每日的產卵量、方便採集，另發現棉桿竹節蟲較喜歡將卵產於產卵裝置的左下方位置。
- 七、 產卵吸管顏色則偏好冷色系的透明、白色、綠色、藍色、紫色，冷色系與灰黑色的卵反差小，可達到保護卵的目的。

捌、未來展望

棉桿竹節蟲的孤雌生殖方式被歸類為經常性的，在長達六年（老師養了四年老師，我們觀察了二年）的飼養過程中，也僅確定一隻，一隻疑似雄蟲，雄蟲出現的機率極低。更讓我們訝異的是：這兩隻雄蟲出現的時間均大約在一年的 12~2 月時，這時間點對棉桿竹節蟲有什麼重要的意義呢？『他』的出現又代表了什麼含意？

這兩隻雄蟲的卵應是在 8~10 月產下的，經過約 40 天孵化再經 60 天的若蟲期，這過程中是在哪個階段形成不同的性別？再度引動我們持續探究的熱情！

朝昆蟲『生理解剖』，是我們解開疑惑的方法之一：棉桿是否是自體受精的？因為棉桿的卵依其產下時期不同，有不同的孵化率，中期最高，此時是代表性成熟了？在初期及後期，因為尚未成熟和老化的原因，使得孵化率較低嗎？

朱槿花為什麼能延長棉桿竹節蟲的生活史長度，卻又使只吃它的棉桿竹節蟲卵的孵化率幾近於『0』？

再精進我們在生物的知識，充實相關知能，保持對自然的好奇，持續探究才能解開這些『大問號』。

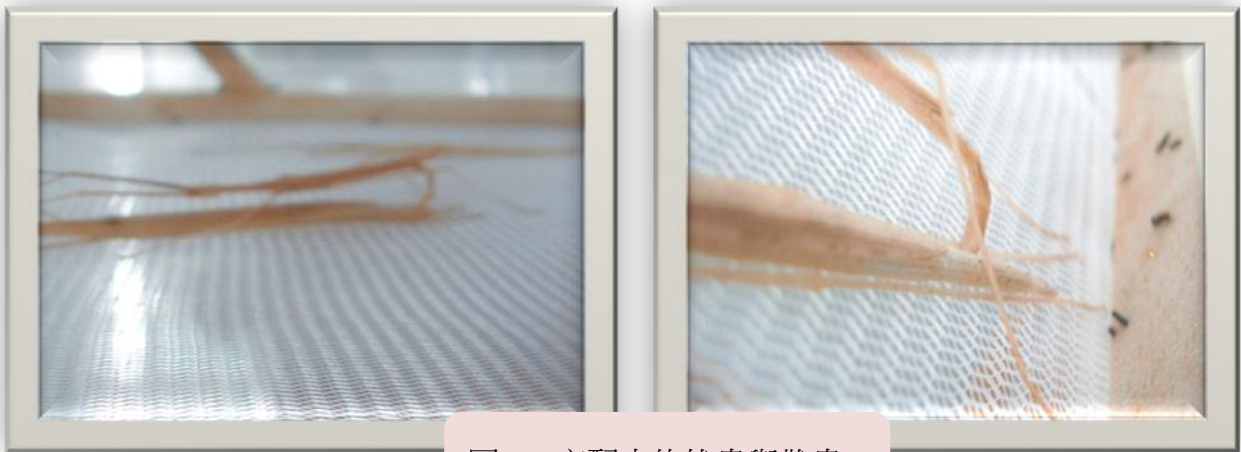


圖 35.交配中的雄蟲與雌蟲

玖、參考文獻

一、淺探孤雌生殖，

163.20.40.32/mediafile/7570082/news/78/.../2010-4-6-21-12-20-nf1.doc

二、可長到成年的孤雌生殖的小鼠，Nature 428 (6985), 22 Apr 2004。

三、第 49 屆全國中小學科學展覽，**樹上忍者—棉桿竹節蟲的生態研究**。台南市私立長榮高級中學（附設國中）。

四、第 49 屆全國中小學科學展覽，**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)**。花蓮縣私立海星國小。

五、黃世富，2002，**台灣的竹節蟲**，大樹文化事業股份有限公司。

六、張永仁，1998，**昆蟲圖鑑**，遠流出版事業股份有限公司。

【評語】 080317

1. 生活史觀摩的很仔細，很用心。
2. 建議多參考從前科展及文獻，找出自己研究中與眾不同之處，再深入探討。
3. 樣品數量和數據的處理有加強空間。
4. 可以探討在什麼條件下雄蟲可以產生。