

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 生物科

團隊合作獎

080317

『脩』也不知休--探討環境因子對葉脩生長速度的影響

學校名稱：彰化縣彰化市南郭國民小學

作者：  小四 蔡昫希  小六 陳唐育  小六 吳育沛  小四 丁煜恆  小六 張芷瑋  小四 吳育岑	指導老師：  王桂卿
---	------------------

關鍵詞：葉脩、生長因子

## 摘要

本研究在紀錄葉脩的生長習性、各齡期體型的變化、探討葉脩能不能在三齡若蟲之前就分辨出公母，以及不同的照度、不同空氣流動情形、不同季節對葉脩生長的影響。本組在觀察實驗中發現：

- 一、葉脩經常倒掛棲息在葉背，一待就是一整天，**每天大約只進食一次**。
- 二、**客廳環境下**，葉脩**體型比較大**；教室走廊環境下，葉脩體色較深綠。
- 三、**葉脩在二齡時**，確實可從**腹部末端倒數第三節邊緣與其它節邊緣連線**是否**呈一條流線型線條**來分辨公母。
- 四、**照度高**，葉脩的**生長速度快**，照度極低的情況下，生長速度最慢。
- 五、每天**間斷給予吹風**的情形下，**生長較快**，沒風或連續吹風的情況下，生長速度較慢。
- 六、**春天孵化**的葉脩生長速度較秋天孵化的**快**。

## 壹、研究動機

自然課中（南一版自然與生活科技領域四下第三單元昆蟲世界、五下第二單元動物的生活），老師帶了好多昆蟲來讓大家觀察，其中有一隻最吸引大家的注意，牠是昆蟲界的偽裝高手---葉脩。

不過，老師說牠不是台灣原生種，來自馬來西亞，因為生長環境改變了，飼養上有難度，每天觀察老師飼養的過程、不斷請教老師照顧牠的重點，開啟了本組飼養葉脩的艱困旅程。

跟老師索取葉脩來養已不知道是第幾回合了，果然如同老師和網路上同好的分享一樣，死亡率真的很高。在不斷的複製老師所有的飼養步驟下，終於有了成果---把葉脩順利養到成蟲、產卵了。

本組覺得自己養的葉脩總是長得比別人養的還慢，**到底是『看多長卻遲』的心理作用，還是飼養條件差異導致生長速度不同？**不斷的追問不同飼養者飼養的環境、方式等細節，推敲出可能和空氣的流動與否，或是光照的差異引起的，於是本組就開始了這項研究。

## 貳、研究目的

- 一、觀察葉脩**生活習性**、不同齡期及不同飼養環境的**體型變化**。
- 二、找出葉脩在一齡或二齡若蟲時**分辨公母**的方法。
- 三、不同**照度**下，葉脩**每次蛻皮所需的飼養日數**的比較。
- 四、不同**空氣流動**情形下，葉脩**每次蛻皮所需的飼養日數**的比較。
- 五、不同**季節**，葉脩**每次蛻皮所需的飼養日數**的比較。

## 參、研究設備及器材

本研究使用的研究設備及器材有：照度計、電子式溫度濕度計、酒精溫度計、噴水瓶、定時器、電風扇、15\*微距鏡、手機、透明平方公分板、0.01 平方英吋透明方格紙、量角器、尺、市售杯水(250ml)、廢棄桌子面板、自製紗網飼養箱 (30cm\*30cm\*30cm)、自製風力計、自製枝條扶正器。



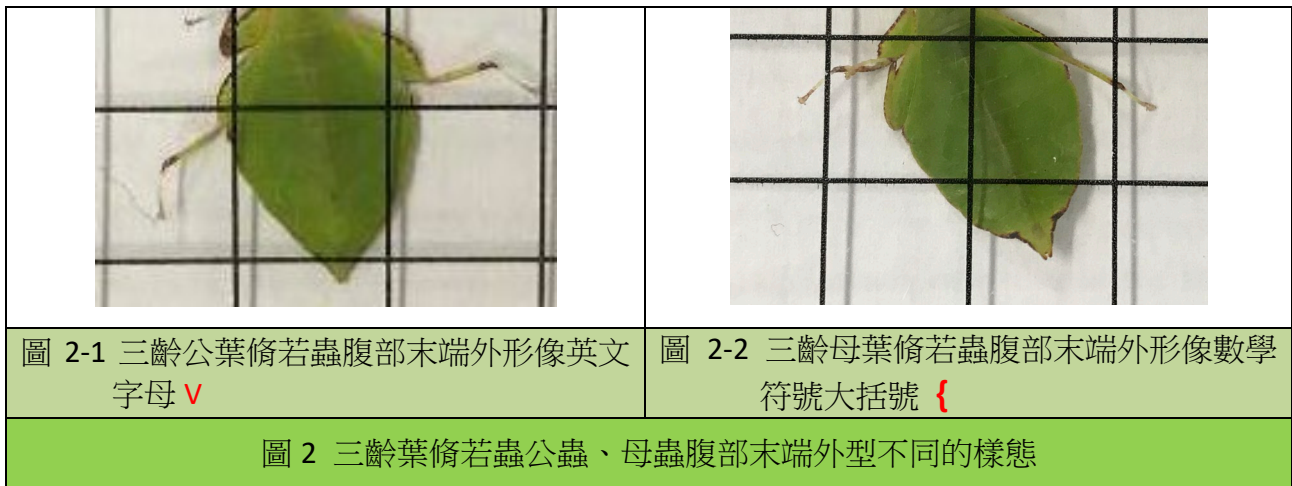
圖 1 研究設備與器材

## 肆、研究過程及方法

### 一、文獻探討

#### (一) 葉脩

- 1.產地：印尼、馬來西亞
- 2.學名：*phyllium siccifolium*
- 3.分類：動物界、節肢動物門、昆蟲綱、竹節蟲目、葉竹節蟲科
- 4.寄主植物：芭樂、芒果、玫瑰、楊梅、樹莓、橡樹等
- 5.生殖方式：可孤雌生殖，亦可行有性生殖。
6. 飼養環境：溫度最好維持在 25~30 度以內，相對濕度在 80%.
7. 成長史：卵經過若蟲階段五~六次蛻皮，長成成蟲。屬於不完全變態。在蛻完第二次皮，也就是三齡的若蟲時，即可從腹部末端外型分辨公母。



## (二) 生物生長的要素

1. **陽光**：可供植物行光合作用，也使地球表面溫暖、光亮而適合生物生活。
2. **空氣**：空氣是任何生物的生長要素，空氣的氧氣 ( $O_2$ ) 供生物呼吸，二氧化碳 ( $CO_2$ ) 則供植物進行光合作用。
3. **水**：水分是生物細胞組成的主要物質，水占生物體內成分的百分之七十左右，尤其綠色植物的含水量達 80% 以上。是生物行消化、排泄或光合作用等種種代謝作用所必需的物質。
4. **營養**：可供生物活動所需的能量，能修補及建造體內的組織，亦能調節生理作用。

## (三) 日照對生物的影響

1. 我們攝取的營養物質、礦物質與維生素都具有它們本身獨特的能量吸收光譜。
2. **自然陽光** 具有紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫均衡且完整波長和能量，所有生物的生理週期都是透過 **荷爾蒙** 控管，而且與陽光有直接關係。
3. 動物可分為長日照動物、短日照動物。
4. 動物可分為日行性動物、夜行性動物。

## (四) 青春激素和蛻皮激素

昆蟲的**蛻皮與變態**受到體內**促前胸腺激素**、**蛻皮激素**與**青春激素**所控制。昆蟲促前胸腺激素，刺激前胸腺，使前胸腺分泌蛻皮激素，咽喉側腺受到高濃度蛻皮激素刺激而產生青春激素，青春激素是一種抑制激素，抑制了幼蟲轉變為成蟲的變態，到了幼蟲後期，蛻皮激素變得十分的低，就不能刺激咽喉側腺分泌青春激素，最後，就形成了幼蟲轉變為成蟲的變態蛻皮。

## (五) 不同色光下生長的葉脩，存活率不同。

據李嘉峰 (2019) 《葉來葉愛你! — 葉脩竹節蟲的飼養奧秘》的研究，黃綠色的飼養環境較適合葉脩順利成長到成蟲；而黑色少光線的環境會影響部分葉脩成長，

但仍能成蟲；但紅色的環境會影響多數的葉脩成長，皆無法順利成蟲。

## 二、研究方法

### (一) 觀察葉脩生活習性、不同齡期及不同飼養環境的體型變化

- 1.更換食草前，紀錄葉脩棲息位置、進食、蛻皮的情形；更換食草後，將替換下來的食草用書本壓平、乾燥成標本，記錄食痕數及食痕面積大小。

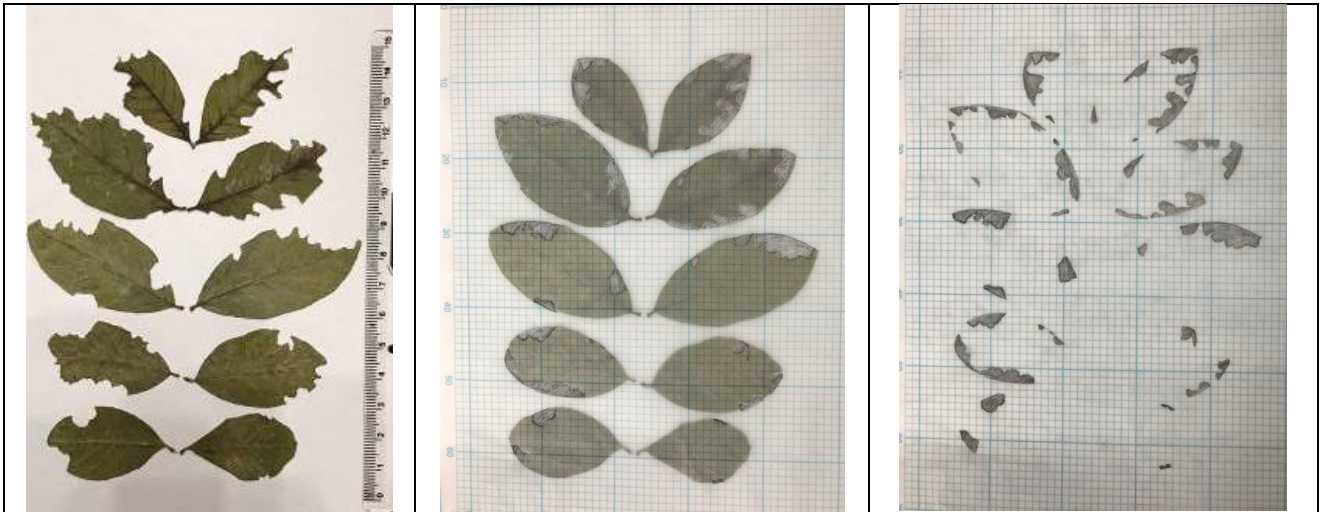


圖 3-1 製作成食草標本

圖 3-2 還原食草原貌

圖 3-3 計數食痕數及食痕面積

圖 3 將替換下來的食草用書壓平乾燥後，放上透明方格紙，用鉛筆在食痕處塗色還原食草原貌，計數食痕數及食痕面積。

- 2.將各齡葉脩輕壓在透明塑膠袋下，底下墊平方公分板，或直接輕壓在平方公分板下，拍照放大，按放大比例算出葉脩的體長、體寬、觸角長。體長為腹部末端中點到頭部口器，體寬為腹部倒數第 7 節（葉脩若蟲四齡以前腹部最寬的一節）兩側端點長度。



圖 4-1 體長為從口器到腹部末端中點距離

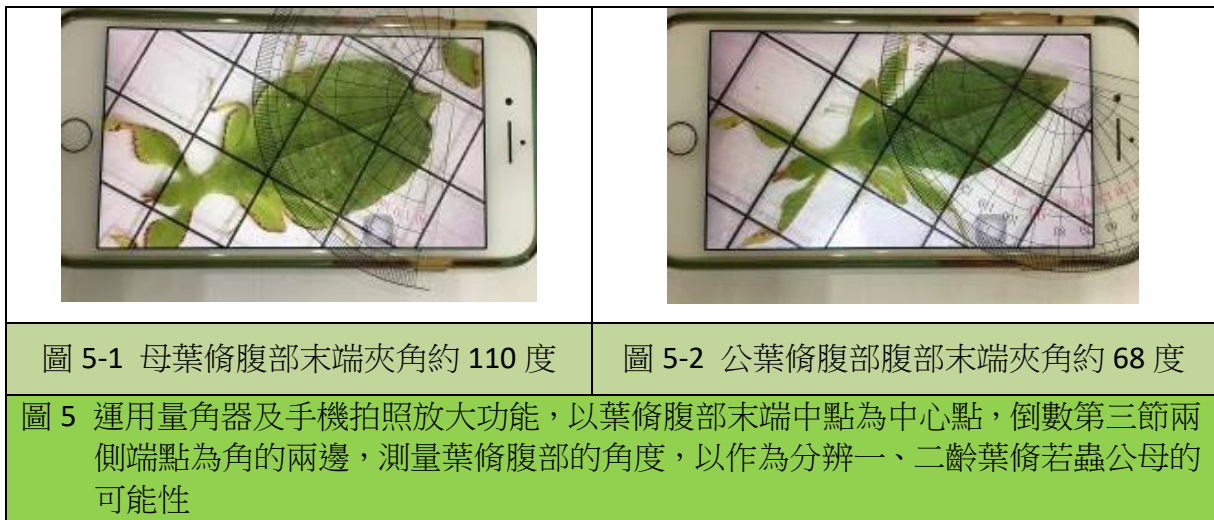


圖 4-2 體寬為腹部末端倒數第七節左右兩側端點距離

圖 4 運用平方公分板、尺及手機拍照放大功能，測量並換算葉脩體長、體寬、觸角長

- 3.用量角器測量腹部末端的夾角。以腹部末端中點為中心點，腹部末端倒數第三節兩側為夾角的兩邊。





(二) 二齡葉脩若蟲分辨公母的作法

1. 將數隻二齡若蟲編號、用一片 15\* 微距鏡拍二齡若蟲腹部末端特寫，分開獨立飼養到蛻皮成三齡蟲。
2. 照片放大後，放上平方公分板，先用平方公分板上的任一條線對齊腹部倒數第三節與倒數第二節兩側相連的交點，接著在透明平方公分板上畫下腹部末端倒數第三節的外緣。
3. 二齡若蟲蛻皮成三齡若蟲後，已可確定公、母，將二齡時所畫下的母蟲腹部末端第三節外緣與公蟲的進行比對。



圖 6-1 將二齡蟲編號、拍照，獨立飼養

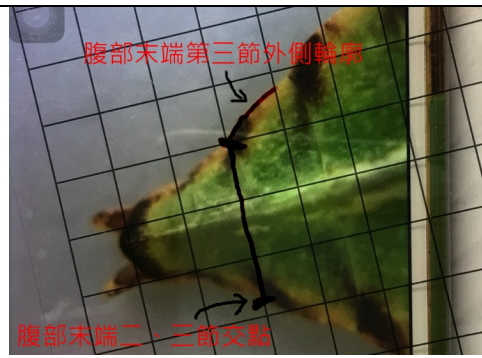


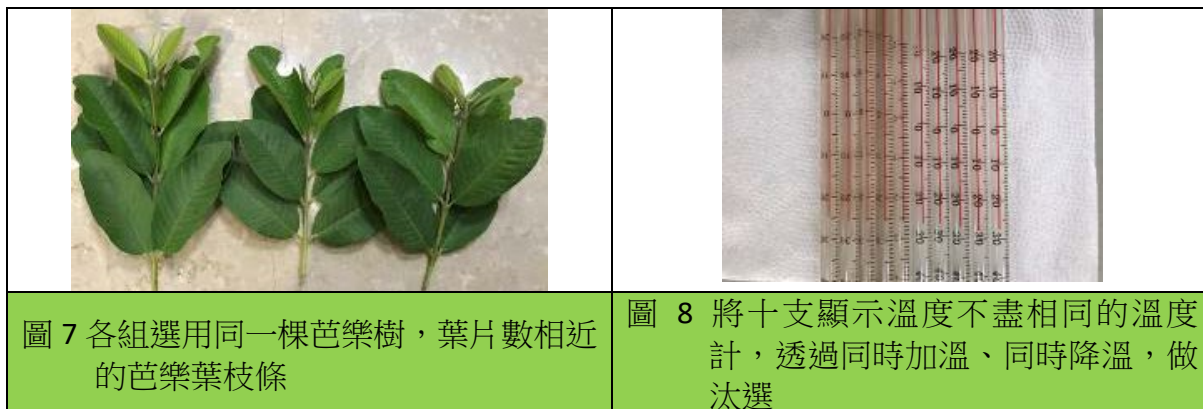
圖 6-2 腹部末端倒數第三節外緣形狀、傾斜程度的取得

圖 6 二齡葉脩若蟲分辨公母的作法

(三) 以下實驗一~四共同的控制變因

1. 選取同一天孵出的葉脩 7~8 隻，放在同一個飼養箱；不同飼養箱所飼養的葉脩孵出日期盡量相近。
2. 每天每個飼養箱同時噴水，噴水次數相同。
3. 每天於固定時間紀錄溫度、濕度、照度。
4. 每次提供各飼養箱同一棵芭樂樹、相同葉片數的食草，並同時更換芭樂葉。

5. 將數把溫度計透過同時加溫、降溫的過程，留下**溫度變化相同**的溫度計做實驗用。



(四) **實驗一：教室環境下，不同照度**，葉脩若蟲每次蛻皮所需飼養日數的比較

- 1.本實驗額外的控制變因：空氣自然流動的環境。
- 2.操縱變因：照度。
- 3.應變變因：葉脩若蟲每次蛻皮所需飼養日數。
- 4.觀察時間：自 10 月 30 日到 1 月 29 日。
- 5.三個飼養箱分別放在教室內**講桌下**、**教室後中央**置物櫃上方、**教室向南走廊**旁。

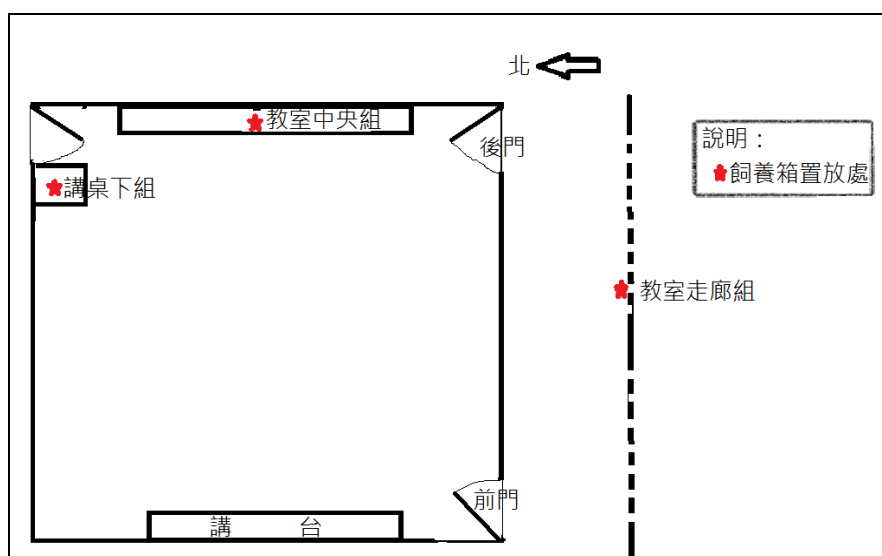


圖 9 教室環境飼養箱置放位置示意圖



圖 10-1 講桌下組

圖 10-2 教室中央組

圖 10-3 教室走廊組

圖 10 飼養箱置放在空氣流通的教室環境現場照

(五) **實驗二：照度相同的環境下，不同空氣流動情形**葉脩若蟲每次蛻皮所需飼養日數的

比較

- 1.本實驗額外的控制變因：照度皆為  $110\pm 10\text{LUX}$ ，配合家人生活作息開、關燈源。
- 2.操縱變因：不同空氣流動情形，第一組無風，第二組每天間斷給予一小時的風，一天共給三次風，第三組每天連續給予 8 小時的風。
- 3.應變變因：葉脩若蟲每次蛻皮所需飼養日數。
- 4.觀察時間：自 11 月 26 日到 2 月 15 日。
- 5.無風組和風\*3 組飼養箱分別放入 7 隻一齡葉脩，風\*8 組飼養箱放入 11 隻一齡葉脩。

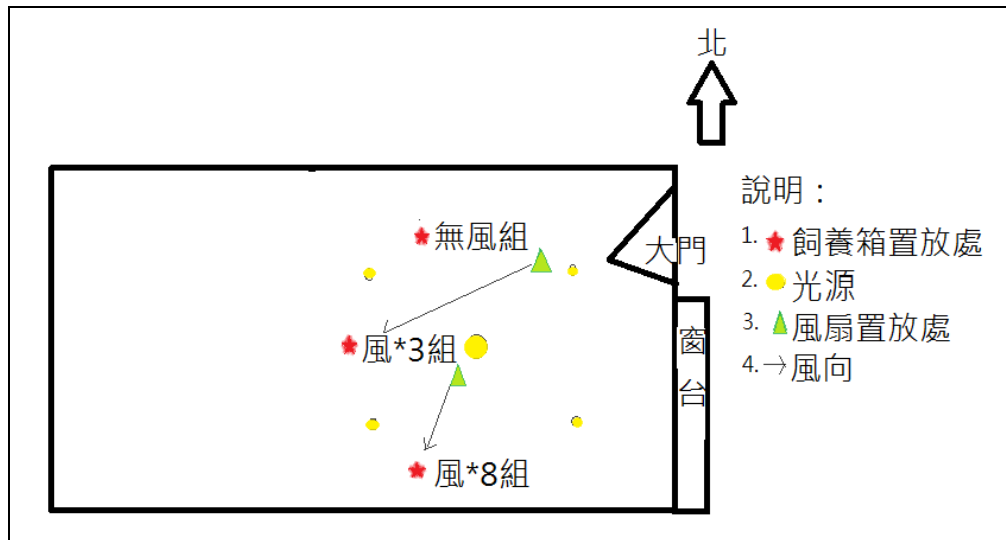
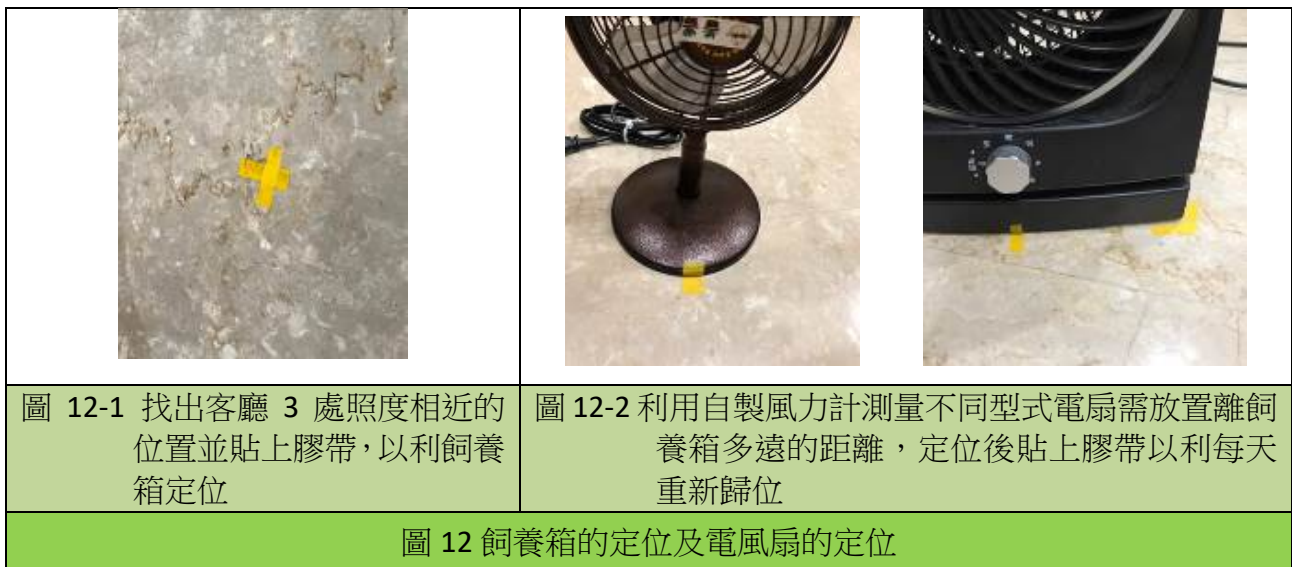


圖 11 客廳環境下飼養箱置放位置示意圖



- 6.無風組飼養箱立面皆用塑膠膜封住，僅留上方通風；風\*3 組飼養箱每天於 9 時、12 時、15 時施予連續 1 小時的風；風\*8 組飼養箱每天於 8 時到 16 時連續施以 8 小時的風。
- 7.因兩台電風扇機型不同，擺放的位置先用自製風力計確定風速相近，以擺幅在垂直於地面軸線的  $10\sim 30$  度之間為準。





圖 13 左側為不封立面的飼養箱，右側為封住立面的飼養箱

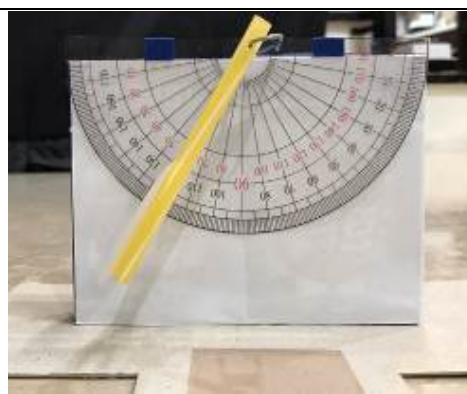


圖 14 於插枝條水瓶的定位處放上自製風力計，開始調整電風扇的位置，直到風力計擺幅在垂直地面軸線的 10~30 度之間

(六) 實驗三：不同季節，相同的教室走廊位置，春、秋兩個季節孵化的葉脩若蟲每次蛻皮所需飼養日數的比較

1. 本實驗額外的控制變因：自然空氣流動的環境
2. 操縱變因：秋天孵化的葉脩若蟲、春天孵化的葉脩若蟲
3. 應變變因：葉脩若蟲每次蛻皮所需飼養日數
4. 觀察時間：自 10 月 30 日到 5 月 11 日。
5. 實驗一結束後，在教室走廊組同一個位置放春天孵化（2 月 29 日）的葉脩若蟲 10 隻，觀察生長的速度。






(七) 實驗四：不同季節，相同的客廳風\*3 組位置，春、秋兩個季節孵化的葉脩若蟲每次蛻皮所需飼養日數的比較

1. 本實驗額外的控制變因：照度皆為  $110 \pm 10 \text{LUX}$ ，配合家人生活作息開、關燈源。
2. 操縱變因：秋天孵化的葉脩若蟲、春天孵化的葉脩若蟲
3. 應變變因：葉脩若蟲每次蛻皮所需飼養日數
4. 觀察時間：自 11 月 26 日到 5 月 11 日。
5. 實驗二結束後，在原本放風\*3 組飼養箱的同一個位置放置春天孵化（2 月 29 日）的葉脩若蟲 10 隻，觀察生長的速度。

## 伍、研究結果

### 一、葉脩生活習性及體型變化的觀察

#### (一) 各齡葉脩若蟲喜好的棲息及蛻皮位置

		
<p>圖 15 孵出一日內的一齡若蟲全身黑褐色，鑲白色細紋於體側及足上，不斷到處爬找高枝</p>	<p>圖 16 孵出第二日起總是棲息於葉背的一齡若蟲，蛻皮也都在葉背進行</p>	<p>圖 17 二齡的葉脩若蟲都棲息於葉背，蛻皮都在葉背完成</p>
		
<p>圖 18 三齡的葉脩多半棲息於葉背，蛻皮也是多半在葉背，僅少數會在葉面棲息和蛻皮</p>	<p>圖 19 四齡的葉脩常見棲息於網上、葉面，會在葉背及網上發現蛻皮</p>	

(二) 葉脩行進時，會把腹部高高翹起。出生時的體色為黑褐色，但會在 2-7 天內逐漸轉變成翠綠色。

	
<p>圖 20 初生葉脩將腹部向後背捲曲成一圈，長長黑黑的腳，快速的在枝葉間穿梭，樣子十分像蜘蛛</p>	<p>圖 21 孵出後 3~7 天內身上體色會從腹部開始逐漸轉變成翠綠色，直至全身都轉變成翠綠色，僅剩腳上有少數紅褐色斑塊</p>

(三) 清晨、白天、傍晚都有觀察到葉脩在進食的情形。

(四) 噴水時，葉脩會有喝水的情形，也會有將身體伏於水珠上來回摩擦，像是洗澡的樣子。

(五) 初生葉脩進食，食痕分布在芭樂枝的各新舊葉片上。



圖 22 14 隻一齡葉脩若蟲一起養 7 天，芭樂葉被啃食的位置分布從最嫩的新葉到第五對葉片都有食痕，以末端三對新葉食痕最多，一次進食量不大

(六) 依照食痕計算，一天可能只進食一次，也有可能是反覆在同一處食痕進食。

表 1 不同組別連續 9 日中三次替換下的芭樂葉，芭樂葉上的食痕數

食用期間 組別	12/30 早上--1/1 早上	1/1 早上--1/5 早上	1/5 早上--1/8 早上
無風組	 <p>22 處食痕</p>	 <p>11 處食痕</p>	 <p>15 處食痕</p>
風*3 組	 <p>24 處食痕</p>	 <p>12 處食痕</p>	 <p>11 處食痕</p>

以上連續 9 天的紀錄，無風組共 48 處食痕，平均一隻一天進食 0.76 次；風\*3



組共 47 處食痕，平均一隻一天進食 0.74 次。

(七) 將無風組食草標本依葉脩生長週數分組，算出每週食痕的總面積後除以隻數及日數，得到葉脩若蟲生長期間各週每天每隻進食的平均面積。比對無風組葉脩每次蛻皮的平均飼養日數（第一次 22.4 天，第二次 42.4 天，第三次 63.57 天），每週食量增加，蛻皮期間食量明顯減少。



圖 23 飼養期間各週每天每隻葉脩進食平均面積（單位：0.01 inch<sup>2</sup>）

(八) 葉脩活動的時間很少，活動的主要目的是進食及尋找適合蛻皮處。靜止不動時不一定會六隻腳都派上用場，經常會有 2~3 隻腳縮起來休息的情形。



圖 24 像一片新生的嫩葉

圖 25 扁平寬大的前肢向上伸展像兩片初生的新葉

圖 26 彎曲倒掛在葉背像缺水下垂的葉子

(九) 蛻皮時間多在清晨日出後 1~2 小時內完成，也有極少數在中午、下午、半夜蛻皮。

定時吹風的情況下，仍觀察正在蛻皮的葉脩。

(十) 蛻皮前 1~2 天不進食，六隻腳會張開倒吊於葉背或網子上。

(十一) 葉脩蛻皮後會吃掉自己的舊皮。





圖 27-1 蛻皮後朝向自己的舊皮



圖 27-2 葉脩吃掉自己的舊皮

圖 27 葉脩蛻皮後除了忙著伸展新的身體之外，也會看好自己蛻下來的舊皮，在身體舒展完畢後，把自己的舊皮吃掉，補充營養或避免被天敵發現蹤跡。

(十二) 斷肢的葉脩仍能正常生長，並在數次蛻皮後，逐漸長回功能正常的腳；腹部邊緣破損的葉脩仍能正常生長，在數次蛻皮後，破損處並不能長回來。



圖 28-1 二齡時肉眼看不清楚新長出的蚊香腳



圖 28-2 三齡時右後側的蚊香腳約正常後腳的 1/2



圖 28-3 四齡時右後側的蚊香腳約正常後腳的 2/3

圖 28 一齡葉脩若蟲斷肢後，在 3 次的蛻皮後，除了外觀較正常腳小一點，功能幾乎和其它腳沒有差異。



圖 29-1 二齡時腹部破損

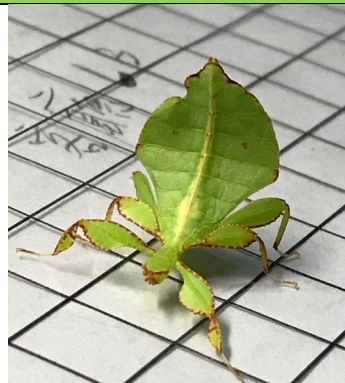


圖 29-2 三齡時破損處仍清晰可見



圖 29-3 五齡時破損仍清晰可見

圖 29 二齡葉脩若蟲腹部末端倒數第四、五節處有凹陷破損情形，在 3 次的蛻皮後，仍清晰可見。

(十三) 二齡若蟲分辦公母的方法

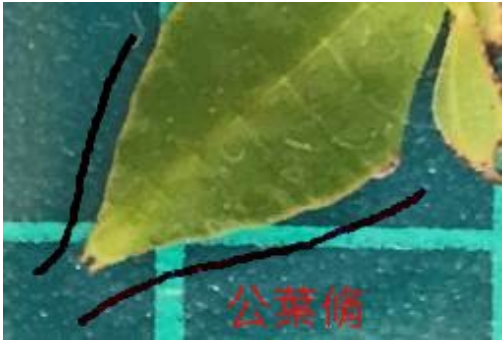


圖 30-1 二齡公葉脩腹部末端呈 V 字形，倒數四節的邊緣連線平滑，呈流線型線條，較消瘦



圖 30-2 二齡母葉脩腹部各節兩側輪廓較外凸，為波浪狀連線，外型較渾圓，倒數第三節與倒數第二節連線不流暢

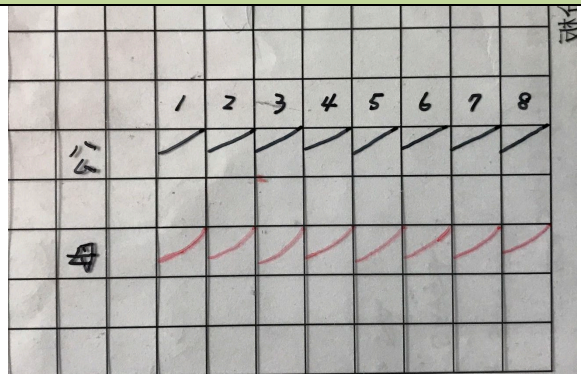


圖 30-3 將二齡公蟲、母蟲各八隻腹部末端倒數第三節外形畫在透明平方公分板上

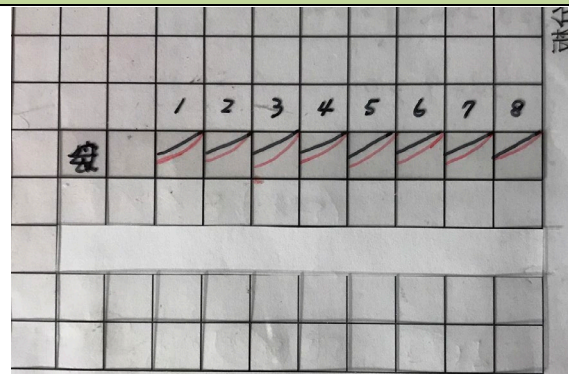


圖 30-4 公蟲、母蟲腹部倒數第三節外形進行比對，母蟲角度較大、呈弧形，公蟲角度較小，呈直線型。

圖 30 二齡若蟲即可分辦公母的方法

(十四) 陽光下生長的葉脩體色較深。



圖 31 左上為教室走廊組葉脩，受到日光照射，體色比較深；右下為客廳環境下長大的葉脩，體色較淺

(十五) 不同飼養環境下，一~四齡葉脩若蟲體型的變化：

1. 客廳環境下，一~四齡葉脩若蟲體型變化

表 2 客廳環境下一~四齡葉脩若蟲體長、體寬、觸角長（單位：cm）及腹部角度（單位：°）

齡期	觀察部位	個體 1	個體 2	個體 3	個體 4	個體 5	個體 6	個體 7	個體 8	個體 9	個體 10	平均
一齡 葉脩	體長	1.52	1.56	1.57	1.48	1.57	1.50	1.56	1.53	1.57	1.42	1.53
	體寬	0.44	0.44	0.46	0.43	0.43	0.44	0.41	0.47	0.44	0.38	0.43
	觸角長	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05
	腹部角度	50	55	45	55	60	62	50	55	38	40	51
二齡 葉脩	體長	2.07	2.07	2.05	2.04	2.04	2.02	1.98	1.98	1.98	1.95	2.02
	體寬	0.84	0.08	0.82	0.85	0.80	0.85	0.83	0.80	0.78	0.82	0.75
	觸角長	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09
	腹部角度	80	75	80	80	70	75	75	70	70	80	76
三齡 公葉脩	體長	2.83	2.75	2.63	2.54	2.71	2.64	2.61	2.58	2.71	2.70	2.67
	體寬	1.19	1.22	1.09	1.11	1.23	1.16	1.17	1.18	1.28	1.19	1.18
	觸角長	0.13	0.17	0.13	0.11	0.11	0.13	0.12	0.12	0.14	0.13	0.13
	腹部角度	70	75	75	75	75	80	75	85	85	80	78
三齡 母葉脩	體長	2.70	2.63	2.75	2.74	2.68	2.67	2.40	2.82	2.69	2.68	2.68
	體寬	1.27	1.25	1.38	1.37	1.25	1.25	1.12	1.40	1.32	1.27	1.29
	觸角長	0.11	0.14	0.09	0.11	0.11	0.12	0.11	0.12	0.13	0.13	0.12
	腹部角度	105	100	100	110	100	108	93	105	105	100	103
四齡 公葉脩	體長	3.68	3.57	3.40	3.38	3.67	3.66	3.53	3.56	3.52	3.52	3.55
	體寬	1.46	1.47	1.30	1.43	1.45	1.50	1.47	1.48	1.48	1.48	1.45
	觸角長	0.26	0.22	0.19	0.27	0.19	0.25	0.28	0.23	0.16	0.19	0.22
四齡 母葉脩	體長	3.73	3.64	3.64	3.83	3.61	3.61	3.34	3.54	3.61	3.48	3.60
	體寬	1.95	1.88	1.84	2.00	1.80	1.79	1.72	1.83	1.93	1.90	1.86
	觸角長	0.14	0.14	0.13	0.15	0.17	0.20	0.17	0.15	0.16	0.16	0.16

2. 教室環境下，一~四齡葉脩若蟲體型的變化：

表 3 教室環境下一~四齡葉脩若蟲體長、體寬、觸角長（單位：cm）及腹部角度（單位：°）

齡期	觀察部位	個體 1	個體 2	個體 3	個體 4	個體 5	個體 6	個體 7	個體 8	個體 9	個體 10	平均
一齡 葉脩	體長	1.53	1.57	1.57	1.50	1.54	1.52	1.55	1.53	1.56	1.48	1.54
	體寬	0.45	0.43	0.47	0.44	0.46	0.45	0.40	0.43	0.42	0.39	0.43
	觸角長	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05
	腹部角度	50	50	50	55	60	55	50	55	50	40	51.50
二齡	體長	2.27	2.15	2.11	2.03	1.97	2.03	2.00	1.95	2.10	2.04	2.07
	體寬	0.81	0.86	0.85	0.85	0.81	0.82	0.83	0.70	0.86	0.84	0.82



葉脩	觸角長	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.10	0.08	0.09
	腹部角度	80	80	75	75	70	70	70	60	65	70	71.50
三齡 公葉脩	體長	2.58	2.52	2.70	2.51	2.54	2.38	2.41	2.33	2.61	2.59	2.52
	體寬	1.15	1.16	1.00	1.13	1.12	1.02	1.07	1.01	1.21	1.18	1.11
	觸角長	0.16	0.16	0.13	0.11	0.12	0.12	0.12	0.11	0.14	0.13	0.13
	腹部角度	75	75	70	80	72	80	78	75	85	80	77.00
三齡 母葉脩	體長	2.45	2.14	2.51	2.38	2.45	2.47	2.46	2.75	2.44	2.67	2.47
	體寬	1.18	1.13	1.22	1.16	1.06	1.16	1.1	1.31	1.20	1.33	1.19
	觸角長	0.12	0.12	0.09	0.11	0.11	0.12	0.11	0.12	0.13	0.13	0.12
	腹部角度	100	95	90	90	90	95	90	104	100	108	96.20
四齡 公葉脩	體長	3.57	3.48	3.40	3.40	3.14	2.89	2.83	3.56	3.52	3.50	3.33
	體寬	1.47	1.43	1.4	1.36	1.41	1.24	1.29	1.52	1.48	1.54	1.41
	觸角長	0.20	0.21	0.19	0.19	0.20	0.17	0.18	0.22	0.19	0.20	0.20
四齡 母葉脩	體長	3.11	3.03	3.19	3.16	3.09	3.00	2.97	3.42	3.40	3.34	3.17
	體寬	1.67	1.53	1.63	1.48	1.59	1.67	1.46	1.85	1.72	1.76	1.64
	觸角長	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.13	0.13

## 二、實驗一：自然空氣流動的教室環境下，不同照度葉脩每次蛻皮所需飼養日數的比較

(一) 實驗期間，三個飼養箱置放位置所紀錄到的照度變化如下：

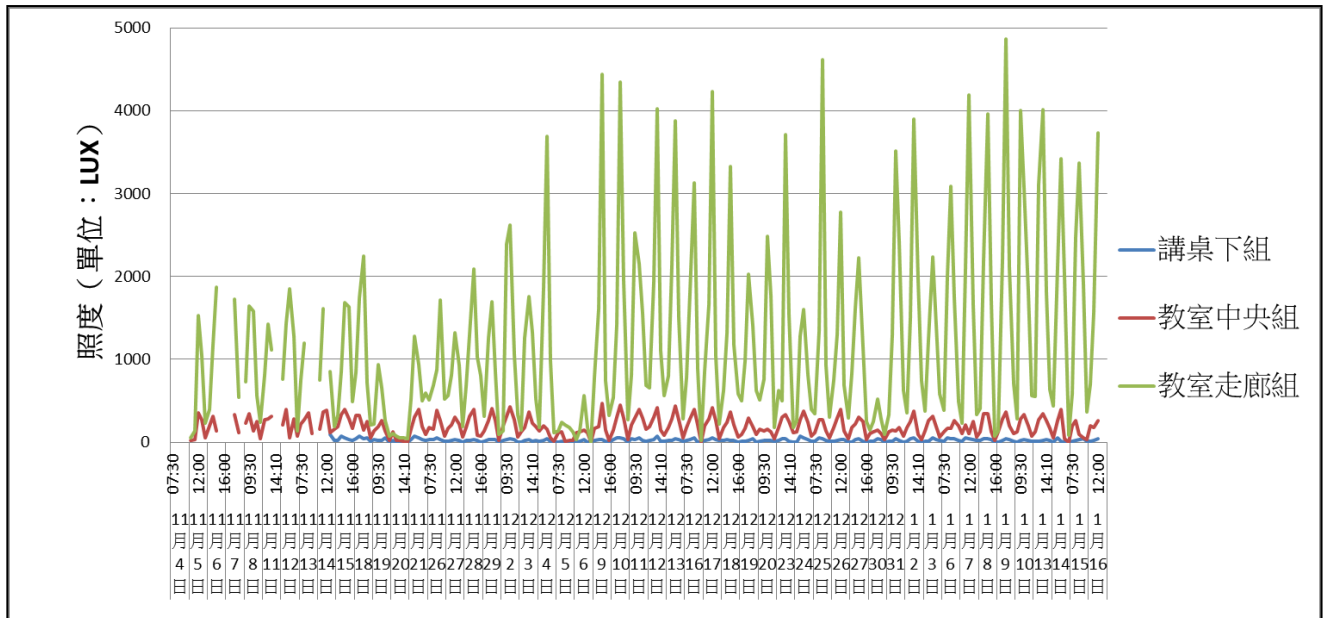


圖 32 實驗期間教室環境下，不同地點每日照度變化

由圖 32 可知，實驗期間，**教室走廊組照度**明顯高於教室中央組和講桌下組，講桌下組照度極低，最大相差到百倍，而與教室中央組也差了 10 倍以上。



(二) 實驗期間，三個飼養箱置放位置所紀錄到的溫度變化如下：

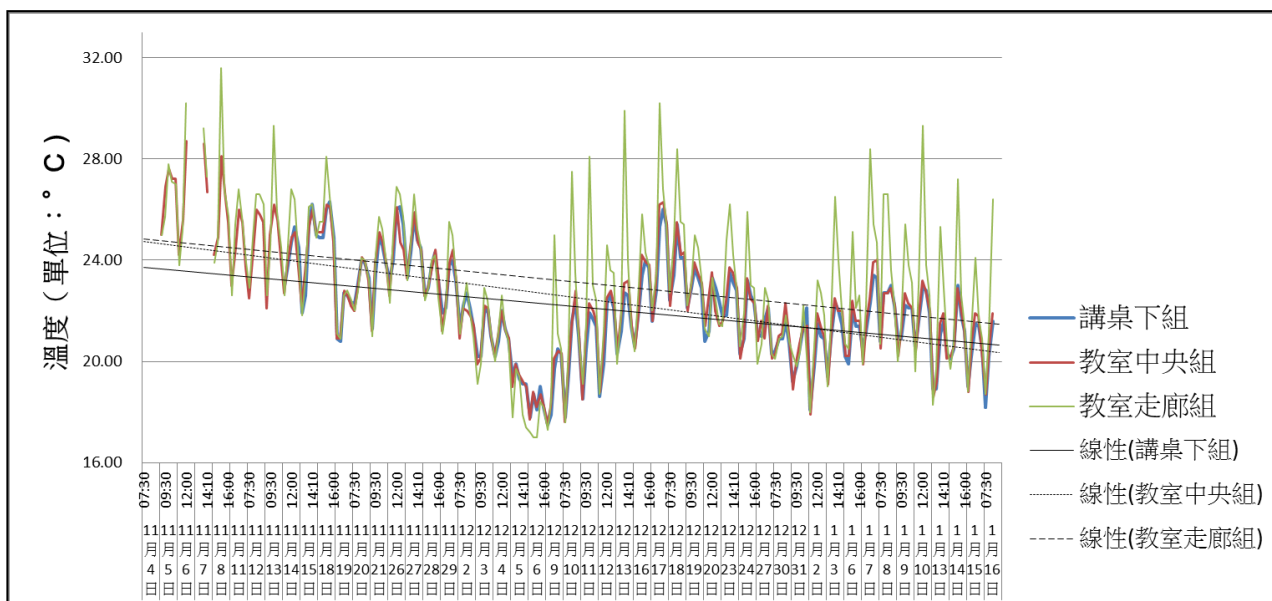


圖 33 實驗期間教室環境下，不同地點每日溫度變化

由圖 33 可知，教室走廊組的溫度容易受到日照及教室外自然環境影響，變化最為劇烈，教室中央組次之，講桌下組變化最小。實驗期間，三組所量測到的溫度在 16~32°C，隨著進入冬天，溫度有愈來愈低的趨勢。

(三) 實驗期間，三個飼養箱置放位置所紀錄到的濕度變化如下：

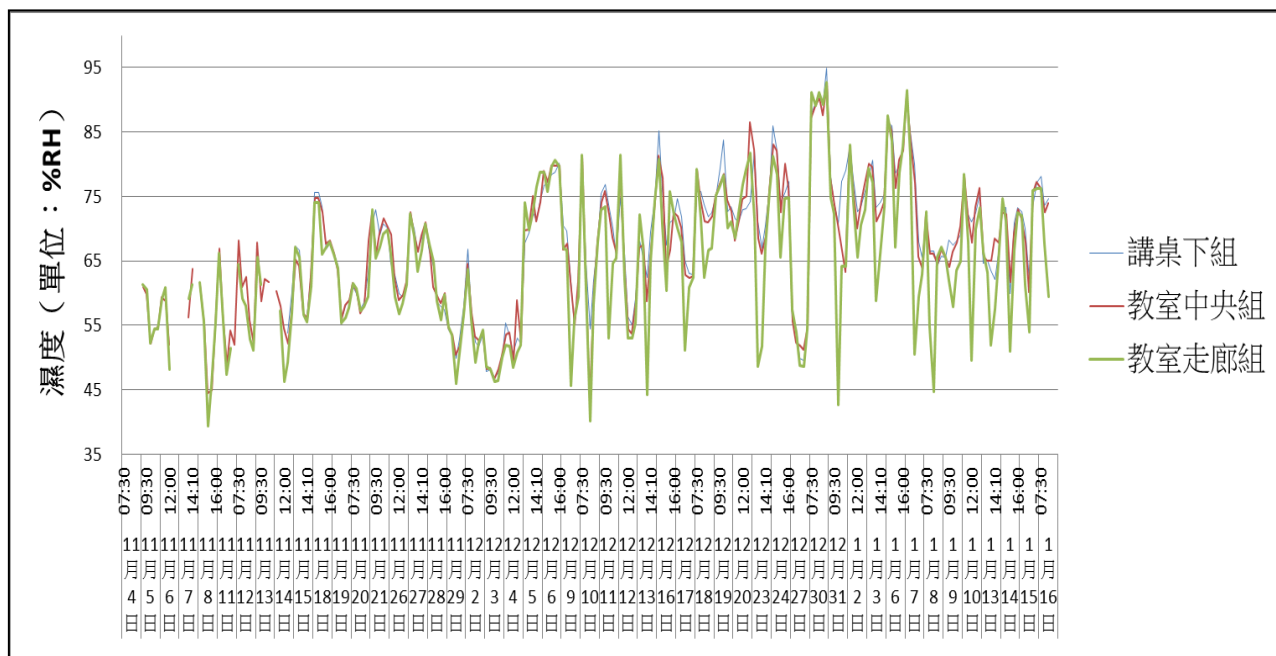


圖 34 11月4日到1月16日教室環境下，不同地點每日濕度變化

由圖 34 可知，教室走廊組的濕度容易受到日照及教室外大自然環境影響，變化最為劇烈，教室中央組和講桌下組變化較小。

(四) 葉脩從卵孵化為一齡若蟲起到蛻皮成四齡若蟲所需飼養總日數如下：

表 4 教室環境下，三組葉脩若蟲完成三次蛻皮所需的飼養總日數

組別\飼養總日數\個體	個體 1	個體 2	個體 3	個體 4	個體 5	個體 6	個體 7	個體 8	平均	
第一次蛻皮	講桌下	21	21	22	23	27	33		24.5	
	教室中央	19	20	20	21	21	22	23	33	22.4
	教室走廊	18	18	18	19	20	20	20		19.0
第二次蛻皮	講桌下	45.5	45.5	47	50	51	52.5	52.5	54	49.8
	教室中央	43	44	45.5	45.5	45.5	45.5	48	57	46.8
	教室走廊	32	38	42	42	44.5	44.5	44.5		41.1
第三次蛻皮	講桌下	76	77	77	78	80	81	82	84	79.4
	教室中央	68	69	69	70	71	72	76	89	73.0
	教室走廊	54	63	67	68	70	71	74		66.7

註記 1：因記錄到前一齡優先蛻皮的葉脩若蟲，到下一次蛻皮時並不一定維持優先，有時會被不同隻超越，所以表格內容資料的呈現以飼養總日數來呈現。

註記 2：紀錄中呈現 52.5、45.5、44.5 這種蛻皮天數，是因為葉脩若蟲於週末蛻皮，無法正確紀錄天數，故取其平均數來紀錄。

(五) 不同照度下，各組組內每次蛻皮，從第一隻開始蛻皮到最後一隻蛻皮完畢的蛻皮期的長度如下：

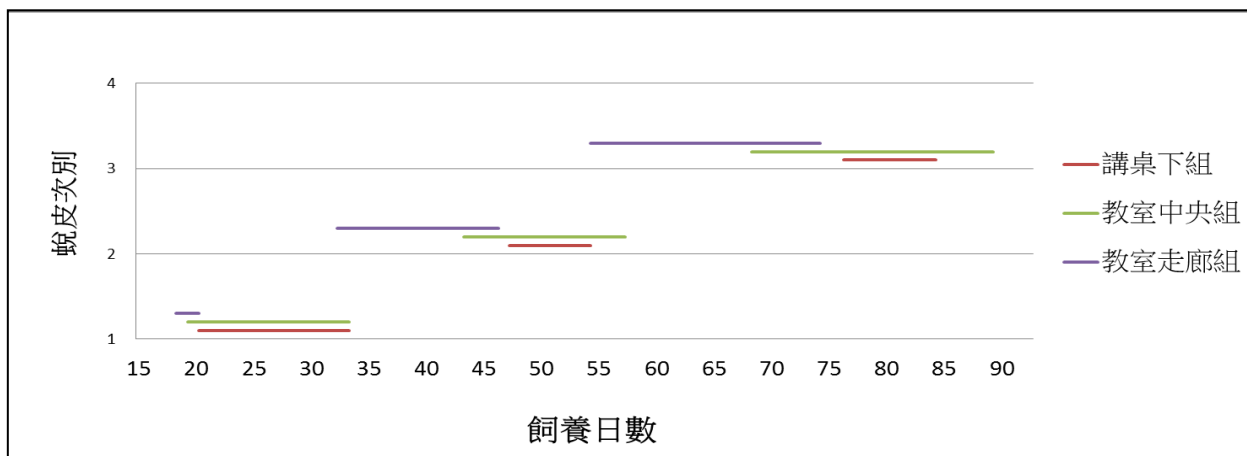


圖 35 不同照度下，各組組內各次蛻皮期

由圖 35，將三組做比較，教室走廊組 7 隻葉脩若蟲第一次蛻皮時間較為集中，第二次蛻皮時間開始分散，第三次蛻皮時間差異加劇，主要原因是出現個體超前速度蛻皮的現象；教室中央組 8 隻葉脩若蟲蛻皮蛻皮期長度比教室走廊組大，但前 2 次蛻皮期長度一樣，到第三次蛻皮組內個體差異才變大；講桌下組因飼養過程有死

亡，中間做了若蟲的補充，所以實驗隻數有變化。補充前，6 隻葉脩若蟲第一次蛻皮期總歷時 13 天，組內個體差異也比教室走廊組大很多，第二次蛻皮總歷時縮短為 9.5 天，第三次蛻皮總歷時維持 9 天，組內個體的蛻皮時間差異縮小。

註記 3：教室走廊組因更換芭樂葉時疏忽，一隻逃逸，只剩 7 隻。講桌下組葉脩於一齡若蟲飼養期間，3 隻因故夭折，在全數蛻皮成二齡蟲時，加入同一天孵出、另外飼養於相同環境下的二齡若蟲 3 隻。

(六) 不同照度下，各組每次蛻皮所需的飼養平均日數如下：

表 5 不同照度下，各組每次蛻皮所需的平均飼養日數（單位：日）

組別 \ 蛻皮次別	第一次蛻皮	第二次蛻皮	第三次蛻皮
講桌下 (6~8 隻)	24.5	24.1	29.6
教室中央 (8 隻)	22.4	24.4	26.3
教室走廊 (7 隻)	19	22.1	25.6

由表 5，各組第一次蛻皮所需的飼平均養日數都較短，尤以教室走廊組最短；接下來每次蛻皮所需的飼養日數都逐漸增加，尤以講桌下組需要飼養日數為最多。

## 二、實驗二，不同空氣流動情形下，葉脩每次蛻皮所需飼養日數的比較

客廳是一個相對於學校教室環境下，溫度、濕度、照度較穩定的環境。三組飼養箱置放地點照度極為相近 ( $110 \pm 10\text{LUX}$ )。

(一) 實驗期間（以 11 月 30 日到 2 月 15 日）三個飼養箱置放位置，每週六、日所紀錄到的溫度變化如下：

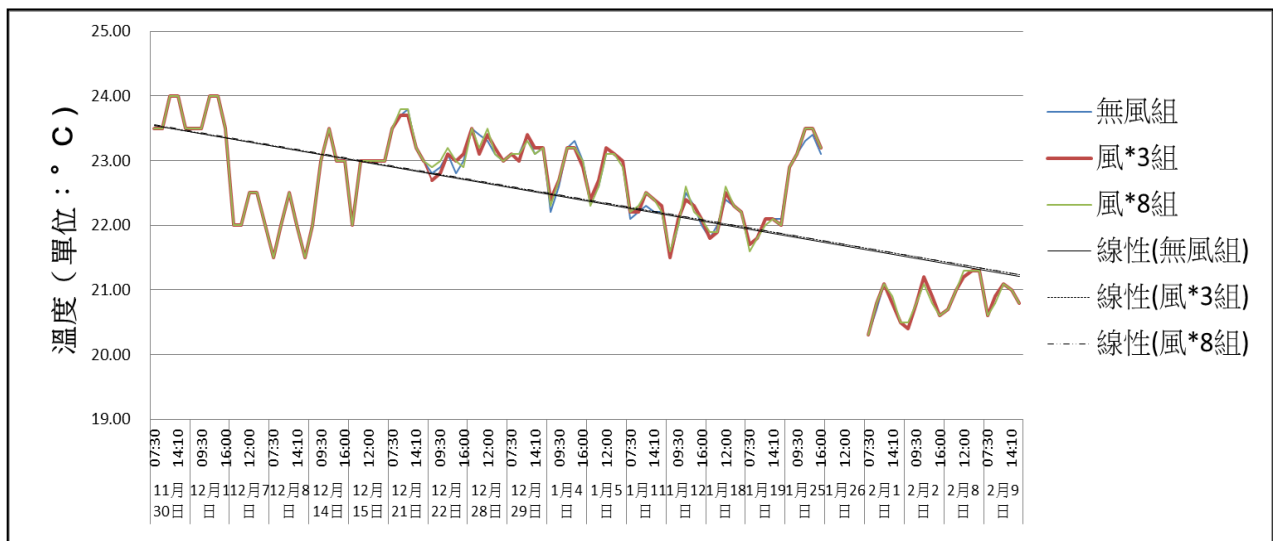


圖 36 11 月 30 日到 2 月 15 日每週六、日客廳環境下三組溫度變化

由圖 36 可知，三組同時刻所測得的溫度差異都在  $\pm 0.1^\circ\text{C}$  以內；一整天之中，

溫度變化都在 1.5° C 以內。整個飼養期間溫度在 19.5~24° C 之間，隨著進入冬天，氣溫有愈來愈低的趨勢。

(二) 以 12 月 21 日到 1 月 19 日每個週末為例，三個飼養箱置放位置所紀錄到的濕度變化如下：

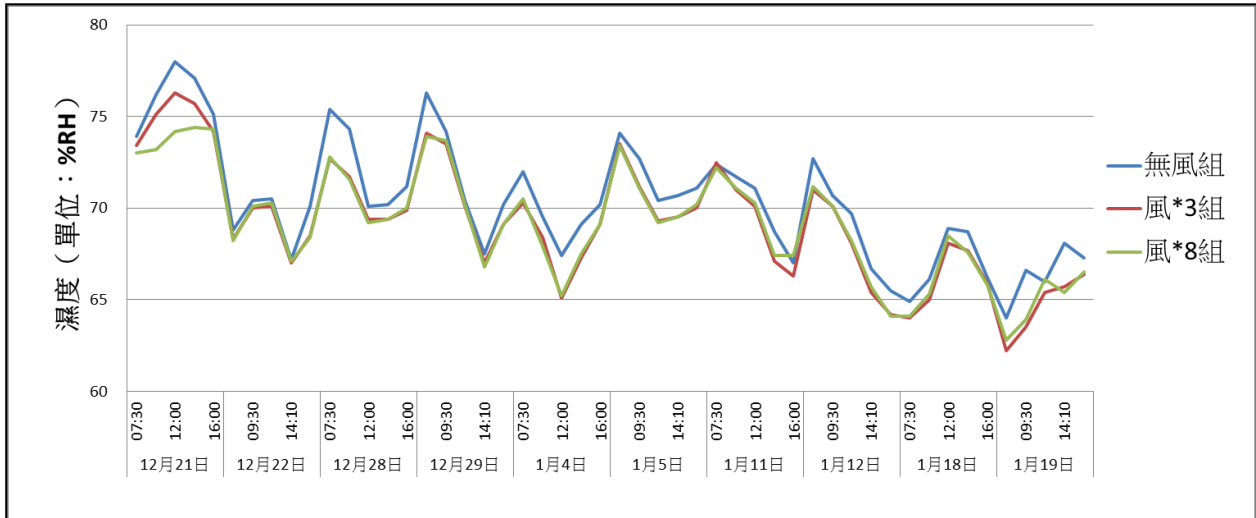


圖 37 12 月 21 日到 1 月 19 日每個週末客廳環境下不同時刻，三組不同位置濕度變化

由圖 37 可知，三組飼養箱所測得的濕度，以無風組測得的較高，封閉的側面，讓水氣不易擴散到外側，風\*3 組和風\*8 組濕度極為相近。整個飼養期隨著進入冬天，濕度都低於文獻建議的 80%RH。

(三) 從卵孵化為一齡若蟲起到蛻皮成四齡若蟲所需的飼養總日數的情形如下：

表 6 客廳環境下，三組葉脩若蟲完成每次蛻皮所需的飼養總日數

組別飼養總日數\個體		個體 1	個體 2	個體 3	個體 4	個體 5	個體 6	個體 7	個體 8	個體 9	個體 10	個體 11	平均日數
第一次蛻皮	無風組	20	21	22	23	23	23	25					22.4
	風*3 組	19	19	20	21	22	23	24					21.1
	風*8 組	21	21	22	22	22	23	23	23	23	25	26	22.8
第二次蛻皮	無風組	38	39	40	41	41	48	50					42.4
	風*3 組	38	38	38	40	41	42	43					40.0
	風*8 組	39	39	40	40	42	42	43	43	43	47	48	42.4
第三次蛻皮	無風組	58	60	60	61	62	66	78					63.6
	風*3 組	58	59	59	60	65	65	67					61.9
	風*8 組	59	61	61	63	65	66	66	66	69	72	74	65.6

由表 6 可知，不同空氣流動情形下，風\*3 組葉脩從孵化到全數第三次蛻皮完畢所需的時間最短，風\*8 葉脩從孵化到全數第三次次蛻皮完畢所需的時間最長。



(四) 不同空氣流動情形下，各組組內每次蛻皮，從第一隻開始蛻皮到最後一隻蛻皮完畢的蛻皮期長度如下：

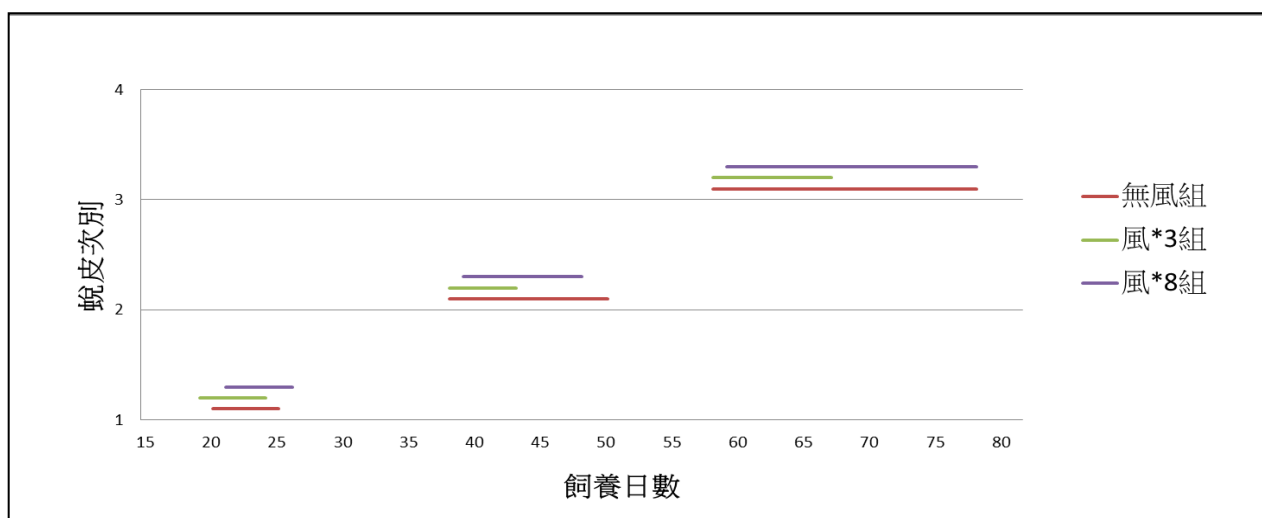


圖 38 不同空氣流動情形下，各組組內各次蛻皮期

由圖 38，將客廳三組做比較，三組葉脩若蟲第一次蛻皮期都一樣，集中在 6 天內完成；第二次蛻皮時，風\*3 組維持在 6 天內完成所有若蟲的蛻皮，無風組和風\*8 組蛻皮期拉長，顯示組內個體蛻皮時間差異拉大；第三次蛻皮，三組蛻皮期都拉大，以風\*3 組組內個體差異最小，相差 10 天，無風組組內個體差異最大，相差了 21 天。

(五) 不同空氣流動情形下，各組每次蛻皮所需的飼養平均日數如下：

表 7 不同空氣流動情形下，各組每次蛻皮所需的平均飼養日數

組別 \ 蛻皮次別	第一次	第二次	第三次
無風組 (7 隻)	22.4	20	21.2
風*3 組 (7 隻)	21.1	18.9	21.9
風*8 組 (11 隻)	22.8	19.6	23.2

由表 7，各組每次蛻皮所需的飼養平均日數都差異不大。

#### 四、實驗三、四：不同季節，相同飼養位置，葉脩若蟲每次蛻皮所需飼養日數的比較

(一) 實驗三：教室走廊環境下，不同季節孵化的葉脩若蟲成長所需飼養日數的比較

1. 不同季節孵化，在相同生長日數時，環境溫度、濕度、照度的情形

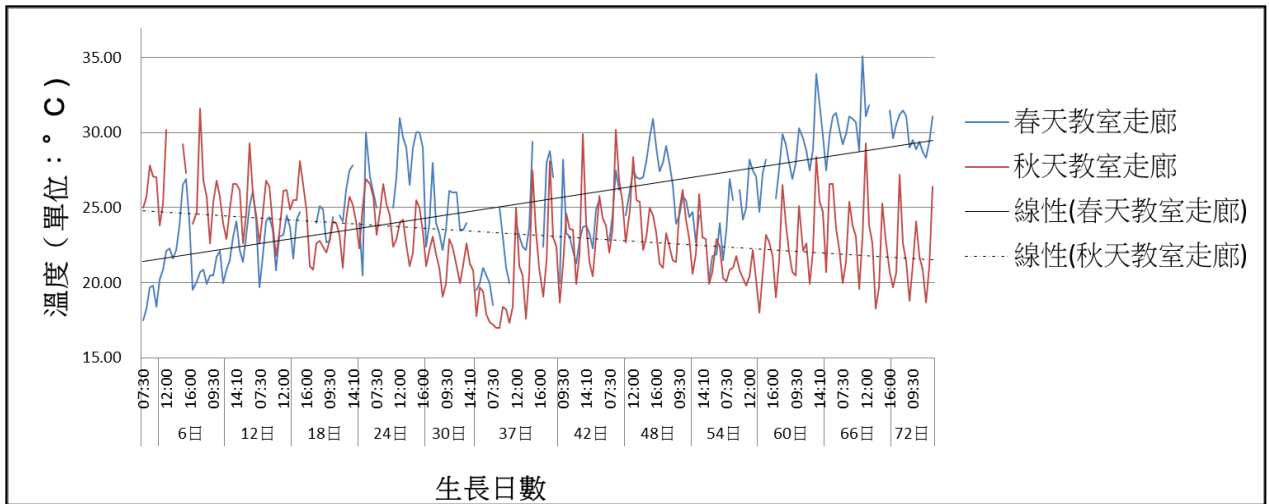


圖 37 春秋兩季，葉脩若蟲在相同生長日數時教室走廊環境溫度  
春天孵化的葉脩，生長期間感受到的溫度變化趨勢是愈來愈高，秋天的則相反。

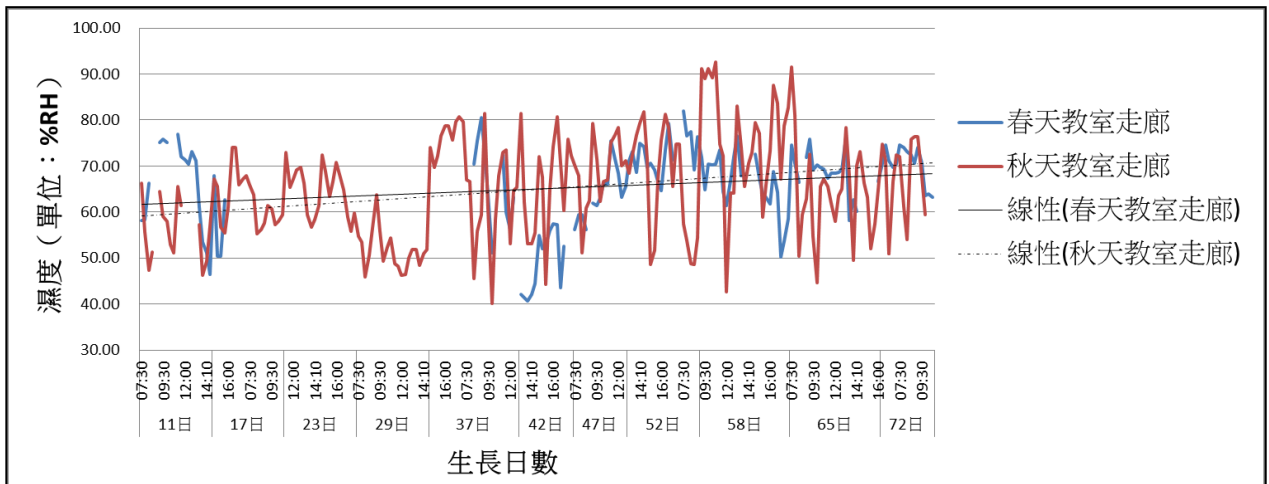


圖 38 春秋兩季，葉脩若蟲在相同生長日數時教室走廊環境濕度  
秋天孵化的葉脩，生長期間每天環境濕度變化較劇烈。兩個季節所孵化的葉脩，  
生長期濕度大多在 50~80%RH 之間。

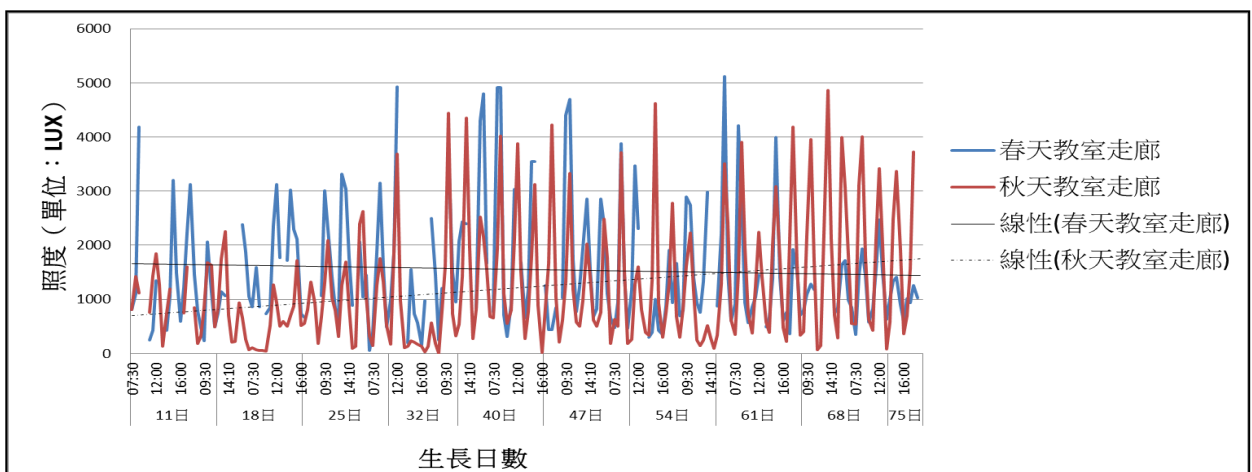


圖 39 春秋兩季，葉脩若蟲在相同生長日數時教室走廊環境照度  
春秋兩季，走廊向南的位置，照度都很高，隨著太陽運行軌道的南偏和北移，

在有縫細的走廊護欄邊，秋天照度漸增（護欄的間隙導致），春天照度漸減（護欄的影子導致）。

2.不同季節，教室走廊環境中，葉脩每次蛻皮所需的飼養總日數

表 8 不同季節，教室走廊環境中，葉脩每次蛻皮所需的飼養總日數

組別	飼養日數	個體	個體 1	個體 2	個體 3	個體 4	個體 5	個體 6	個體 7	個體 8	個體 9	個體 10	平均
L1 蛻皮 成 L2	春天走廊組		24	25	25	26	26	27	27	27	30	31	26.8
	秋天走廊組		18	18	18	19	20	20	20				19.0
L1 蛻皮 成 L3	春天走廊組		42	42	43	43	43	45	47	47	54		45.1
	秋天走廊組		32	38	42	42	44.5	44.5	44.5				41.1
L1 蛻皮 成 L4	春天走廊組		60	61	62	63	64	65	66	72			64.1
	秋天走廊組		54	63	67	68	70	71	74				66.7

3.不同季節，教室走廊環境中，各組組內每次從第一隻開始蛻皮到最後一隻蛻皮完畢的蛻皮期長度如下：

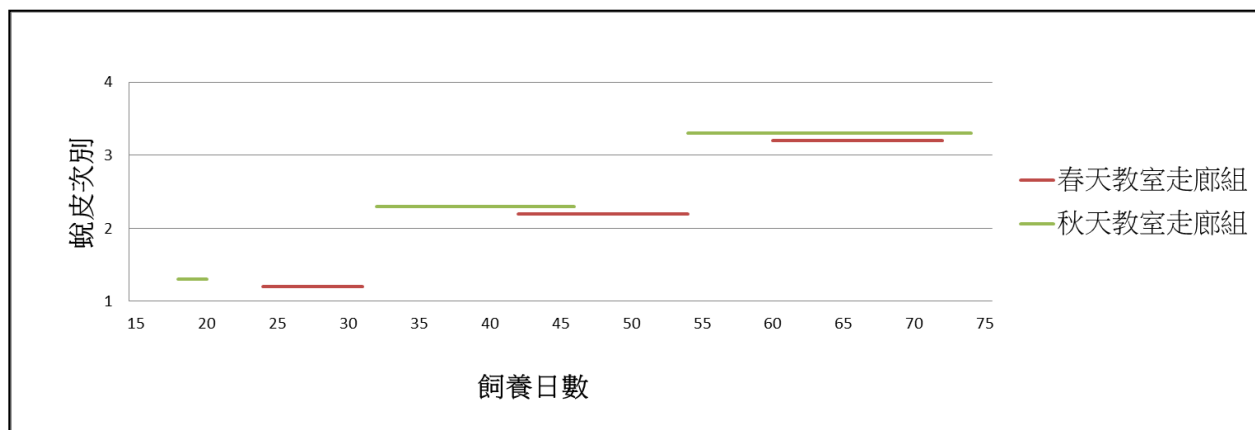


圖 40 教室走廊，春秋兩季各組組內各次蛻皮期

秋天教室走廊組第一次蛻皮期發生的較早，而且集中，進入冬天後，第三次蛻皮期拉得很長，顯示組內個體蛻皮時間差異變得非常大；春天教室走廊組第一次蛻皮發生的時間比較晚，組內個體的差異也比秋天組大，但到第三次蛻皮，組內個體的蛻皮時間差異並沒有像秋天教室走廊組差異這麼大。

4.不同季節，教室走廊環境中，各組每次蛻皮所需的飼養平均日數如下：

表 9 不同季節，教室走廊環境中，各組每次蛻皮所需的飼養平均日數

組別	蛻皮次別	第一次	第二次	第三次
	春天教室走廊組		26.8	19.5
秋天教室走廊組		19	22.1	25.6

春秋兩季孵化的葉脩，每次蛻皮所需要的時間正好和兩季氣溫變化的趨勢相

近。春天孵化的葉脩隨著氣溫的上升，蛻皮的速度加快，而秋天孵化的葉脩，隨著氣溫的變低，蛻皮的速度變慢。兩季氣溫的趨勢線交叉點恰好是兩組第一蛻皮期前後。顯示氣溫是葉脩生長速度的重要關鍵，達到 24° C 以上的氣溫，就能加速葉脩的生長。

(二) 實驗四：客廳環境下，不同季節的風\*3 組，葉脩若蟲成長所需飼養日數的比較

1.不同季節，在照度相同的客廳環境下，相同生長日數時，環境溫度的變化情形

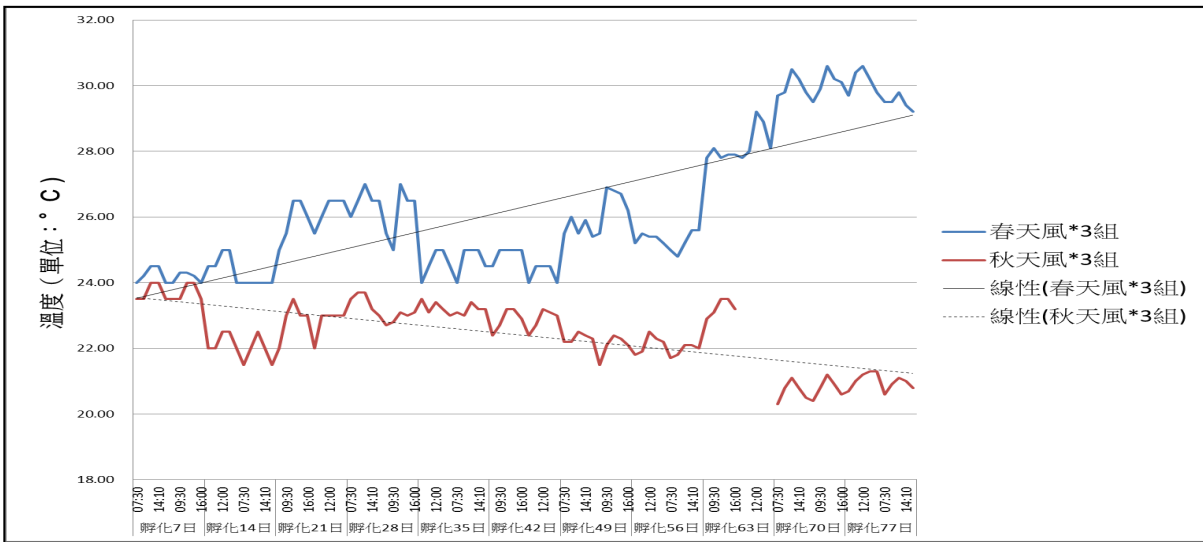


圖 40 春秋兩季，葉脩若蟲在相同生長日數時客廳環境溫度變化

兩季葉脩孵化時的氣溫差不多，但隨著時間的改變，春天風\*3 組的生長環境氣溫是愈來愈高，而秋天風\*3 組則是愈來愈低。

2.不同季節，在照度相同的客廳環境中，風\*3 組葉脩每次蛻皮所需的飼養總日數

表 13 不同季節，客廳環境中，葉脩每次蛻皮所需的飼養總日數

組別	飼養日數	個體	個體 1	個體 2	個體 3	個體 4	個體 5	個體 6	個體 7	個體 8	個體 9	個體 10	平均
L1 蛻皮成	春天風*3 組		19	20	20	20	21	22	23	24	24	25	21.8
	秋天風*3 組		19	19	20	21	22	23	24				21.1
L2 蛻皮成	春天風*3 組		34	34	35	35	37	38	39	41	42	44	37.9
	秋天風*3 組		38	38	38	40	41	42	43				40.0
L3 蛻皮成	春天風*3 組		51	51	52	54	55	57	57	58	60	63	55.8
	秋天風*3 組		58	59	59	60	65	65	67				61.9

3.不同季節，客廳風\*3 組組內每次從第一隻開始蛻皮到最後一隻蛻皮完畢的蛻皮期長度如下：



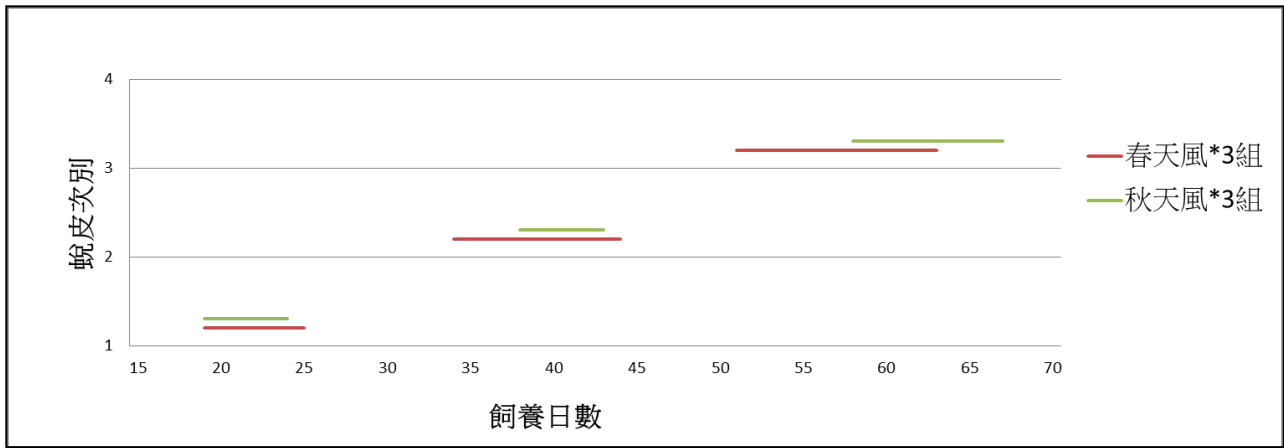


圖 41 不同季節，客廳風\*3 組組內各次蛻皮期

春天的風\*3 組每次蛻皮期都比秋天風\*3 組長，從上圖 41 可發現，第二次蛻皮開始，就有幾隻超前蛻皮的情形，第三次蛻皮也是，顯示組內個體差異變大；秋天的風\*3 組第一、二次蛻皮期差不多一樣長，第三次蛻皮組內個體差異開始變大。

4.客廳環境中，不同季節的風\*3 組每次蛻皮所需的平均飼養日數如下：

表 10 客廳環境，不同季節的風\*3 組各組每次蛻皮所需的飼養平均日數

組別 \ 蛻皮次別	第一次	第二次	第三次
春天風*3 組	21.8	16.1	17.9
秋天風*3 組	21.1	18.9	21.9

春天孵化的葉脩，第一次蛻皮所需的飼養平均日數較長，隨著氣溫的上升，第二次蛻皮所需的飼養平均日數也縮短，乍暖還寒的天氣，讓第三次蛻皮所需的飼養平均日數又變長了一點；秋天孵化的葉脩第二次蛻皮開始，所需的飼養平均日數都較春天孵化的多天。

## 陸、討論

### 一、一~四齡期葉脩體型的比較

- (一) 二齡葉脩體長比一齡葉脩長了約 0.5cm，體寬大了約 0.4cm，腹部末端都是 V 字形。
- (二) 三齡葉脩體長比二齡葉脩長了約 0.6cm，體寬大了約 0.4cm，此時公葉脩腹部外形與母葉脩腹部外形開始有差異，公蟲腹部末端的外形維持是個「 V 」字形，母蟲腹部末端的外形則明顯變成數學符號大括號「 { 」。
- (三) 四齡葉脩體長比三齡葉脩長了約 1cm，公葉脩體寬大了約 0.2cm，母葉脩體寬大了

約 0.6cm，此時母葉脩體寬已明顯比公葉脩大。

(四) 一~三齡葉脩的觸角只有微幅的長長，長度都在 0.1 公分以下，看不出差異，到四齡時，公葉脩觸角長約 0.2 公分，是母葉脩觸角長的 2 倍。

## 二、二齡以前，公、母蟲體型乍看沒有有明顯差異，細看公、母蟲的腹部末端即可分辨

(一) 原本計畫量腹部末端角度，以角度大小來分辨公蟲、母蟲，但發現無法準確預測，倒是意外發現長得寬大的，會比較早蛻皮。

(二) 肉眼看二齡若蟲的腹部末端，都是呈現 V 字形，但將拍攝出來的照片一一比對腹部末端第三節外型，發現公蟲和母蟲在這一節即有差異，公蟲腹部這節外緣是直線，向外傾斜角度較小，母蟲這節外緣是弧線，向外傾斜角度較大。公蟲的各節連線到末三節時呈流暢內彎的線型，而母蟲在腹部倒數第三節微幅突出，邊緣都有褐色邊，與各節邊緣連線呈微幅波浪狀，看起來較飽滿。

## 三、不同飼養環境葉脩體型的比較

比較在易受天氣變化影響的教室環境下長大的四齡葉脩體和在客廳環境下長大的四齡葉脩，客廳環境下的四齡葉脩體型明顯比較大，公葉脩體長多了約 0.2cm，體寬相近；母葉脩體長多了約 0.4cm，體寬多了約 0.2cm。未來製作標本時，選客廳環境飼養的會較大、較具可看性。

## 四、不同照度下，葉脩成長速度的比較

(一) 葉脩在一齡若蟲時，照度最高的教室走廊組最早出現開始蛻皮的若蟲，蛻皮時間較為集中；照度次之的教室中央組較晚開始蛻皮，照度最弱的講桌下組最晚開始蛻皮，兩組整體蛻皮時間較長，各出現一隻遙遙落後蛻皮的若蟲。

(二) 在二齡若蟲時，教室走廊組出現一隻超前同組若蟲非常多天蛻皮的若蟲，最早全數蛻皮完畢，三組全體蛻皮完成的時間都拉長，表示組內個體成長差異變大，組間個體成長差異也變大。

(三) 在三齡若蟲時，教室走廊組葉脩的第三次蛻皮平均飼養日數已領先教室中央組 6.29 天，領先講桌下組 12.67 天。

(四) 累計三次蛻皮時間，教室走廊組平均飼養 22.2 天蛻一次皮，教室中央組平均飼養 24.3 天蛻一次皮，講桌下組平均飼養 26.5 天蛻一次皮。

## 五、不同空氣流動情形下，葉脩成長速度的比較

(一) 葉脩在一齡若蟲時，無風組和風\*3 組較早開始蛻皮，風\*8 組較晚開始蛻皮，三組葉脩全數蛻皮完成時間都是 6 天。

(二) 在二齡若蟲時，風\*3 組全數蛻皮成三齡若蟲的時間較集中，且較早開始蛻皮，無風

組和風\*8 組各有出現落後很多天蛻皮的個體，蛻皮時間分散，導致平均蛻皮時間較長。

(三) 第三次蛻皮期，各組時間都拉長，若撇開無風組落後的個體，則風\*3 組和無風組蛻皮時間差異不大，而風\*8 組較落後且分散。

(四) 累計三次蛻皮時間，風\*3 組平均 20.6 天蛻一次皮，無風組平均 21.2 天蛻一次皮，風\*8 組平均 21.9 天蛻一次皮。

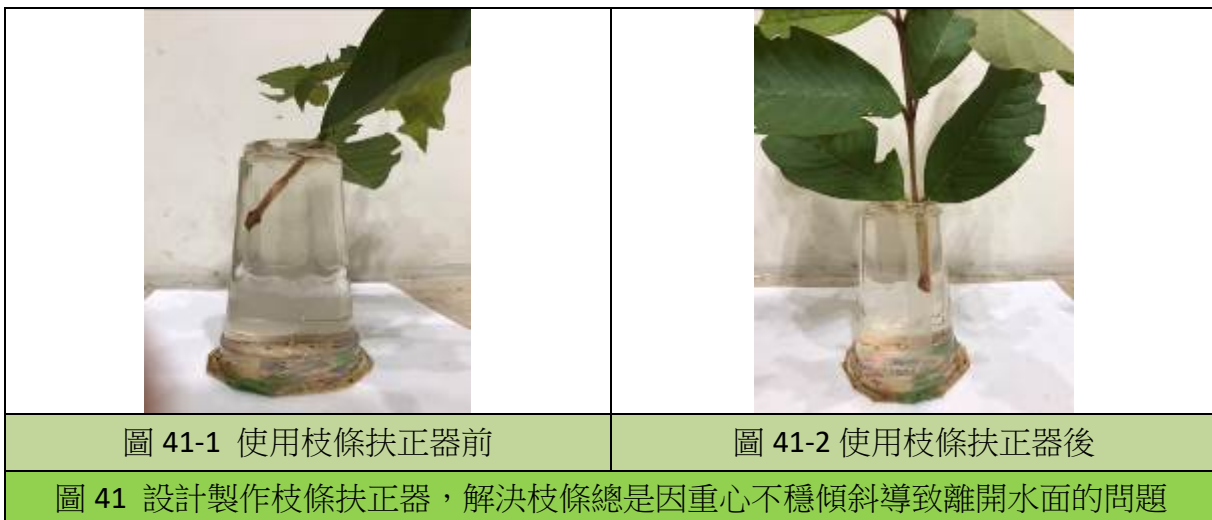
## 六、不同季節，相同飼養位置，葉脩成長速度的比較

不同季節相同位置飼養的葉脩，發現成長速度和氣溫變化高度相關。教室走廊的生長環境氣溫 24° C 以上時，每增加一齡，平均飼養日數都只需要 20 天以內，一旦氣溫開始下降，生長速度跟著變慢；客廳環境下，室溫高於 24 度時，葉脩生長速度更快，只需 16~18 天就能蛻皮一次。

## 七、齡數的推算

我們從齡數與體長的關係，推了一個小公式： $\text{體長 (cm)} \approx 1.5 \times 1.3^{(\text{齡數}-1)}$ ，利用這個公式，往後就可以快速得知未知一~四齡葉脩若蟲的齡數了。

八、在試用各種材質、瓶身形狀的水瓶後，最後選用圓錐體杯水，除了經濟實惠，取得容易外，還有貯水量大，不易因樹枝加上蟲身重量導致重心不穩、容易打翻等優點。另外，芭樂枝插入水瓶的部分太短，容易因樹枝傾斜而離開水面，導致芭樂葉快速枯萎，本組利用吸管設計出枝條扶正器，順利讓芭樂枝直立於水瓶內，保持鮮度，度過無人照顧的週末或連假。



九、本實驗結束，本組對於以下這些問題有高度的疑問：在陽光下生長的葉脩所生的卵孵化率，與在日光燈管下生長的葉脩及講桌下光線嚴重不足下生長的葉脩所生的卵的孵化率，彼此間會有不同嗎？產卵數會有不同嗎？孵出來的公蟲、母蟲數比例會有差異嗎？

- 十、實驗過程數度因不明原因導致葉脩全數死亡，需重起爐灶。推測葉脩對葉子是否有農藥殘留、使用的噴水瓶是否遭受污染、放在飼養箱底部的夾心板是否有甲醛等揮發性藥物殘留都非常敏感，另外也遇到螞蟻群起攻擊、冬天食草不足等問題，能順利完成研究實屬不易，建議未來要做相似實驗的人，應留意避開這些問題。
- 十一、因等待符合實驗設定數量的一齡葉脩若蟲報到，10月30日才開始第一組教室中央組，陸陸續續啟動第二組教室走廊組、第三組講桌下組，第四、五組無風組和風\*3組，等到12月3日第六組風\*8組才啟動，又1月20日就開始放寒假，中間還放了超長的年假，教室三組無法依原先設定的控制變因繼續實驗下去，所以就做到全數四齡蟲為止。客廳組因較慢開始，但不受寒假、年假影響控制變因，所以一直做到2月29日止，也都全數蛻皮成四齡蟲。這樣也可以進行教室環境和客廳環境葉脩若蟲在四齡以前生長情況的比較。

## 柒、結論

- 一、葉脩有完美偽裝術，除了造型、顏色，還有動作的偽裝，每天大約進食一次。
- 二、葉脩在二齡若蟲時，即可從腹部末端倒數第三節與其它節相連是否呈流線型、兩側緣是否有褐色邊的外觀差異分辨公母。
- 三、相對於易受天氣變化影響的教室環境，在客廳溫度、濕度穩定的環境中，葉脩體型較大，體色較淺。
- 四、較受天氣變化影響的教室環境下，照度高，葉脩生長速度較快。
- 五、在客廳穩定的溫度、濕度環境中，間斷施予空氣流動，葉脩生長較快。
- 六、不同季節孵化的葉脩，隨著環境溫度的上升，成長速度會跟著變快，反之，則成長速度變慢，以24°C以上為最適宜的生長溫度。

## 捌、參考資料

- 一、亞泥生態園區，葉脩竹節蟲(民107年11月16日)，檢自<https://accpark.org/stick.php?id=22> (民108年9月10日)
- 二、臺北酷課雲，動物生長的三要素(民105年7月28日)，檢自[http://learning.cooc.tp.edu.tw/coocLearning/kmap/elementary\\_natural/%E8%B3%87%E6%BA%90%E5%86%8D%E5%88%A9%E7%94%A8%E7%9A%84%E5%89%B5%E6%84%8F](http://learning.cooc.tp.edu.tw/coocLearning/kmap/elementary_natural/%E8%B3%87%E6%BA%90%E5%86%8D%E5%88%A9%E7%94%A8%E7%9A%84%E5%89%B5%E6%84%8F) (民108年10月3日)
- 三、昆蟲論壇，(P.S.)葉脩飼養紀錄(民98年8月16日)，檢自<http://insectforum.no-ip.org/gods/cgi-bin/topic.cgi?forum=2&topic=17617> (民108年10月3日)



- 四、昆蟲臉書，竹節蟲簡單飼養的方式（民 107 年 3 月 29 日），檢自 <https://www.facebook.com/165386763544256/posts/1682432648506319/>（民 108 年 9 月 10 日）
- 五、台灣竹節蟲飼育同好會，竹節蟲飼育入門（上、下）（民 106 年 12 月 31 日），檢自 <https://taiwanphasmid.forink.net/>（民 108 年 9 月 10 日）
- 六、曾迺強（民 106 年 10 月 20 日）。番路民和國小養竹節蟲 20 種逾百隻。自由時報，地方版。
- 七、環境資訊中心，昆蟲為什麼會蛻皮與變態？（民 99 年 2 月 27 日），檢自 <https://web2.nmns.edu.tw/nmns/public/naturalist/review/result/9504/reference.html>（民 108 年 10 月 3 日）
- 八、常春，自然陽光 人體健康重要元素（民 106 年 2 月 8 日），檢自 <https://www.ttv.com.tw/lohas/view/11423>（民 108 年 10 月 3 日）
- 九、黃世富（2002）。《台灣的竹節蟲》。臺北市：大樹文化。
- 十、李嘉峰（2019）。《葉來葉愛你！一葉脩竹節蟲的飼養奧祕》。彰化縣 108 年第 59 屆中小學科學展覽會，未出版，彰化。
- 十一、李祖正（2012）。《簡易風速量測儀製作》。檢自 <https://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/04/2012040216405031.pdf>

## 【評語】 080317

本研究室觀察葉脩的生長習性並探討葉脩能不能在三齡若蟲之前就分辨出公母，以及不同的照度、不同空氣流動情形、不同季節對葉脩生長的影響。

1. 對各齡葉脩若蟲的生長史做詳細觀察，並對不同環境下葉脩的體型變化清楚記錄。
2. 教室走廊組的溫度及濕度變化劇烈，以此組數據來探討其對葉脩的生長影響因數時，建議有更嚴謹客觀的科學分析方法。
3. 實驗中根據齡數與體長的關係，推論的小公式： $(\text{體長}(\text{cm}) \div 1.5 \times 1.3(\text{齡數}-1))$ ，建議要詳述其推論的科學方法。
4. 此作品詳細觀察葉脩生活習性、不同齡期及不同飼養環境的體型變化，是屬於探討生活史的研究。建議未來可發展出明確的研究問題與假說，多增加操作型與測試型的試驗。



## 壹、研究動機

總覺得自己養的葉脩長得比別人養的還慢，到底是「看多長卻遲」的心理作用，還是飼養條件差異導致生長速度不同？追問不同飼養者飼養的環境、方式等細節，推敲出可能和空氣的流動與否，或是光照的差異所引起的，於是本組就開始了這項研究。

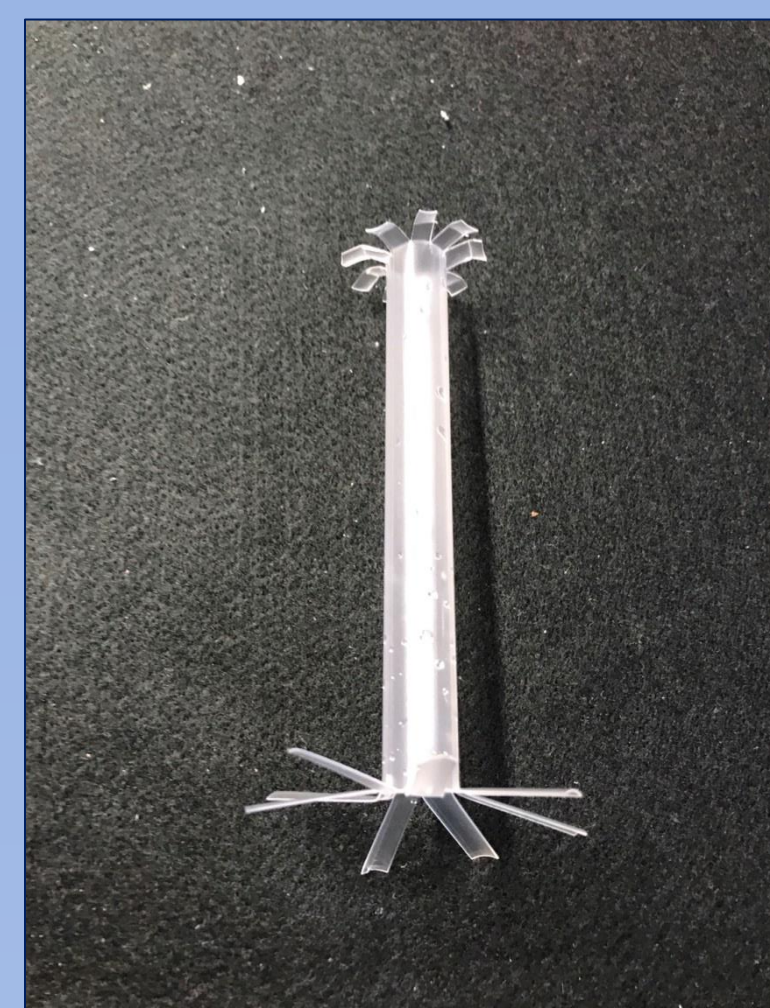
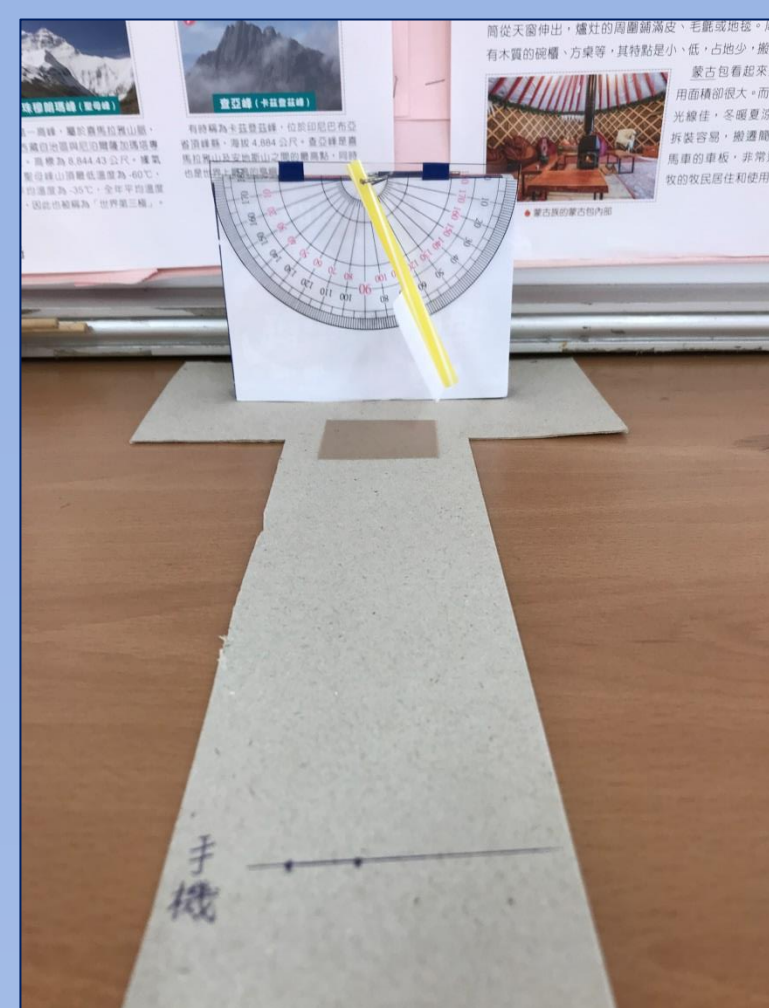
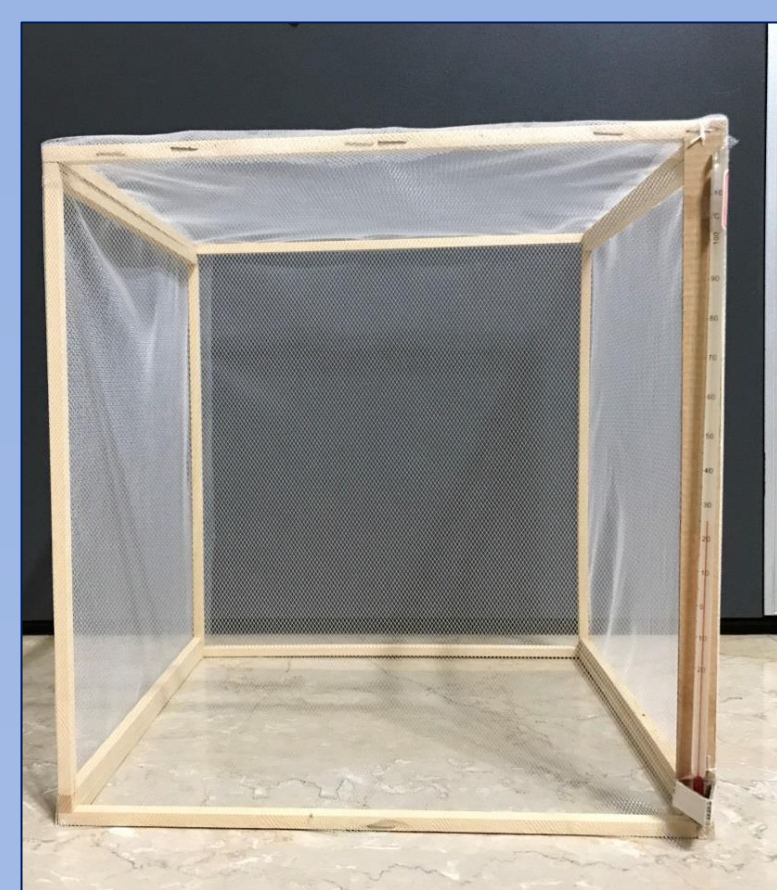
## 貳、研究目的

- 一、觀察葉脩生活習性、不同齡期及不同飼養環境的體型變化
- 二、找到葉脩在一齡或二齡若蟲時分辨公母的方法
- 三、不同照度下，葉脩每次蛻皮所需飼養日數的比較
- 四、不同空氣流動情形下，葉脩每次蛻皮所需飼養日數的比較
- 五、不同季節，葉脩每次蛻皮所需飼養日數的比較



## 參、研究設備及器材

自製紗網飼養箱(30\*30\*30cm)、自製風力計、自製枝條扶正器、市售杯水、廢棄桌子面板、噴水瓶、酒精溫度計、照度計、電子式溫度濕度計、定時器、電風扇、15倍微距鏡、透明平方公分板、0.01平方英寸透明方格紙、量角器、尺、手機



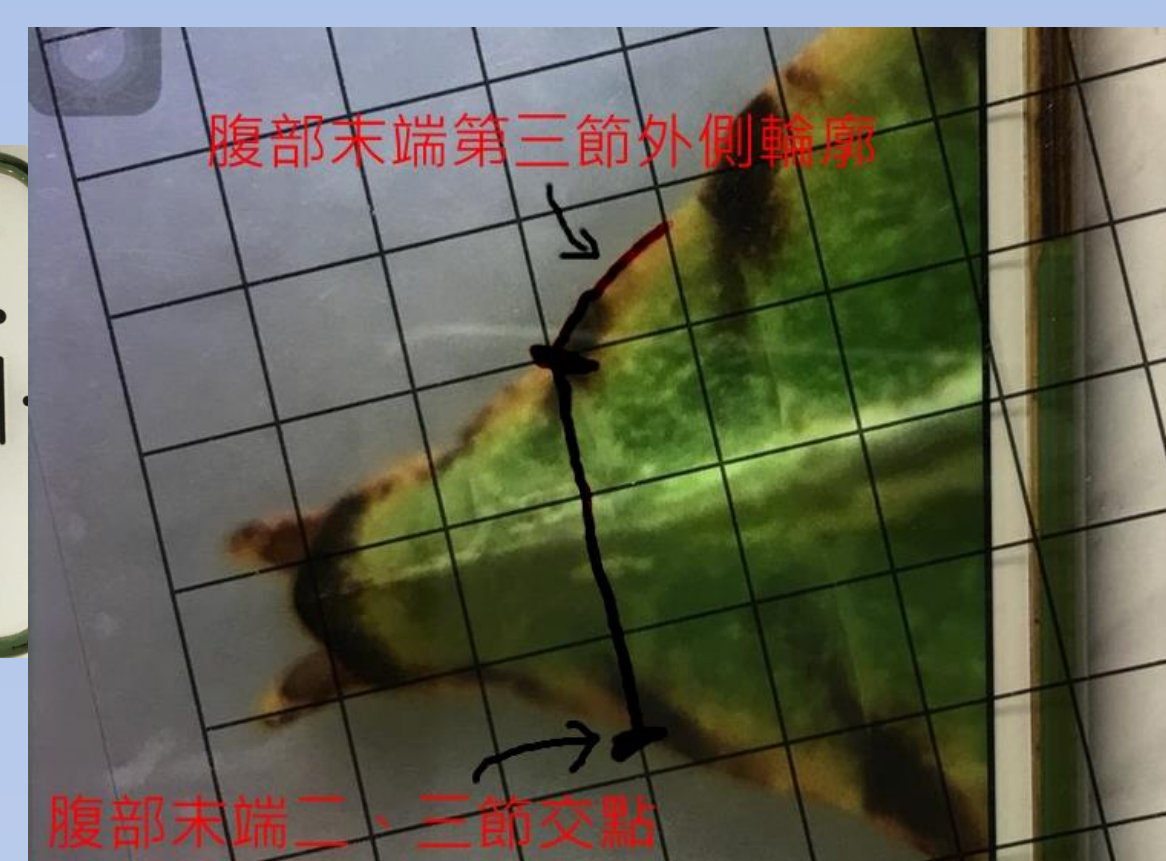
## 肆、研究過程及方法

### 一、觀察葉脩生活習性、不同齡期及不同飼養環境的體型變化

- (一) 每天定時紀錄溫度、濕度、照度等資料時，順便觀察葉脩棲息位置、進食、蛻皮的情形；將替換下來的食草用書本壓平、乾燥成標本，再記錄食痕數及食痕面積大小。
- (二) 利用透明平方公分板或透明塑膠袋，將葉脩壓平後拍照，按放大比例算出身體各部位長度。

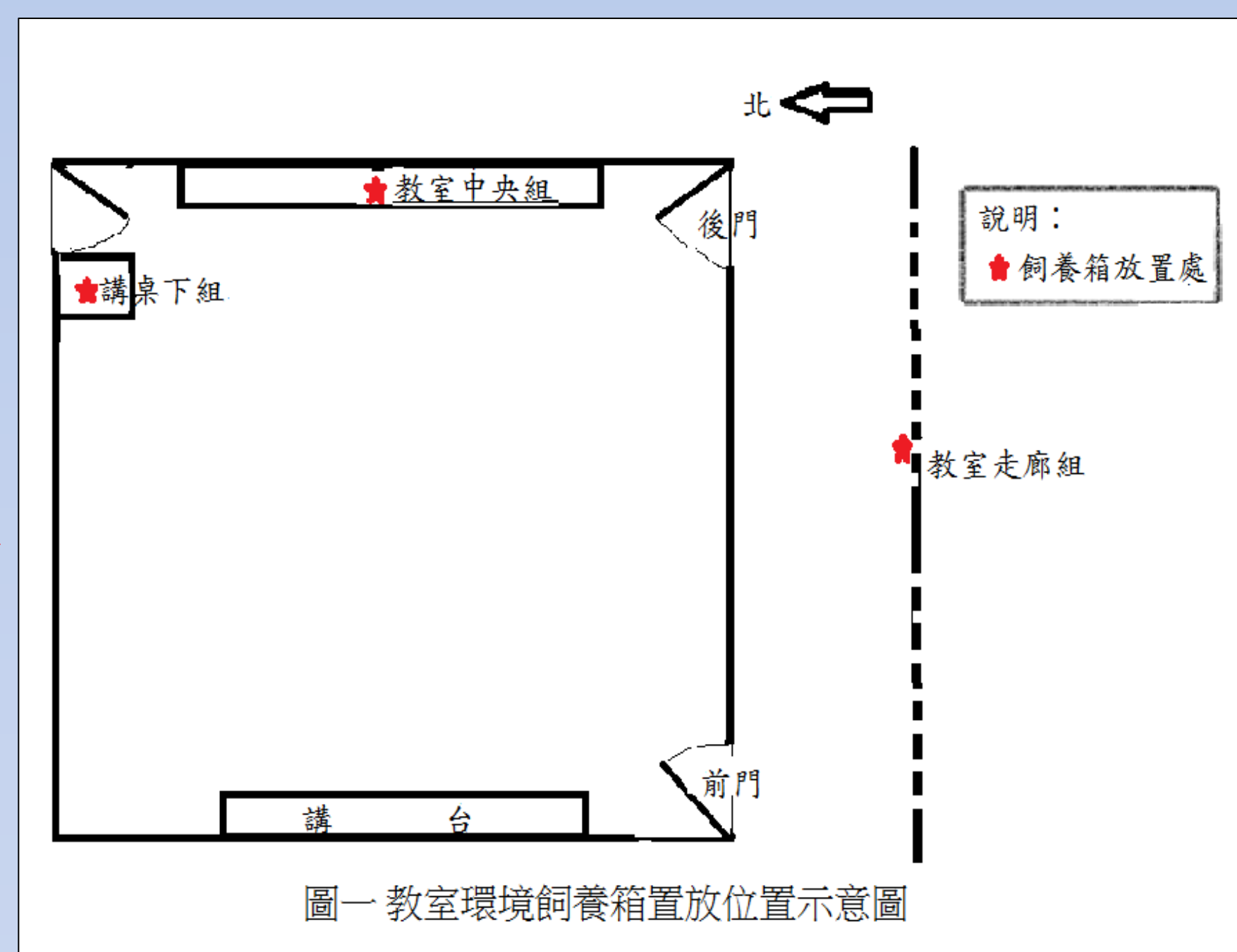
### 二、找出葉脩在一齡或二齡若蟲時分辨公母的方法

- (一) 用量角器測量腹部末端的夾角。
- (二) 將數隻二齡若蟲編號、拍攝腹部末端三節特寫，分開飼養到三齡確定公母後，透過腹部末端倒數第三節的外型及傾斜角度比對，找出分辨的方法。



### 三、不同照度下，葉脩每次蛻皮所需飼養日數的比較

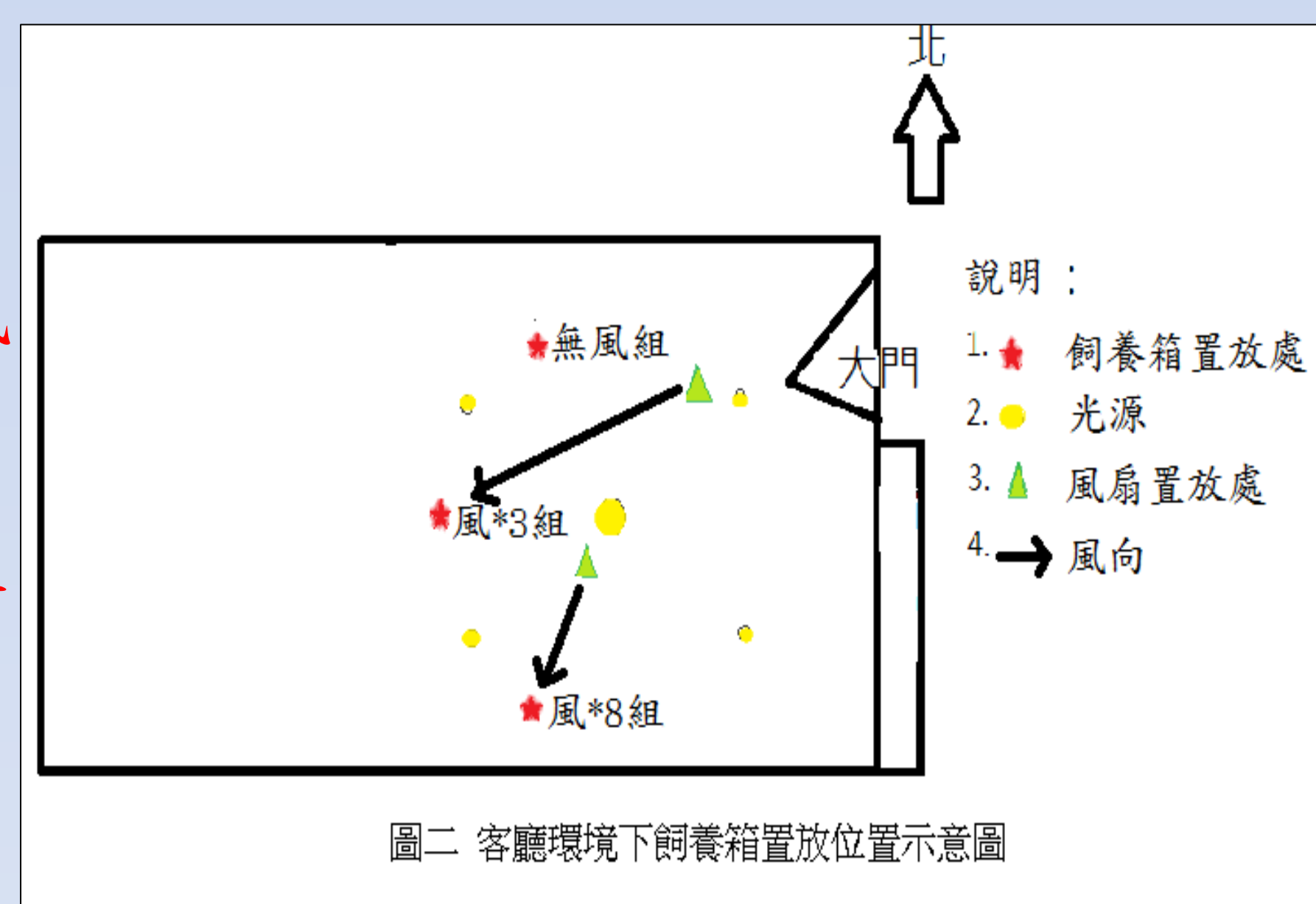
- (一) 控制變因：
  1. 選取同一天孵出的葉脩7-8隻，放在同一個飼養箱。
  2. 不同飼養箱所飼養的葉脩孵出日期盡量相近。
  3. 每天每個飼養箱同時噴水，噴水次數相同。
  4. 空氣自然流動的環境。
  5. 於固定時間紀錄溫度、濕度、照度。
  6. 每次提供同一棵芭樂樹、相同葉片數的食草，並同時更換芭樂葉。
- (二) 操縱變因：照度(講桌下、教室中央、教室走廊)。
- (三) 應變變因：葉脩若蟲每次蛻皮所需飼養日數。
- (四) 觀察時間：自108年10月30日到109年1月29日。



圖一 教室環境飼養箱置放位置示意圖

### 四、不同空氣流動情形下，葉脩每次蛻皮所需飼養日數的比較

- (一) 控制變因：照度皆為 $110 \pm 10$  LUX，配合家人生活作息開、關燈源，其餘同上二、(一)控制變因1.2.3.5.6.點。
- (二) 操縱變因：不同空氣流動情形。
  1. 無風組飼養箱立面用塑膠袋封住，僅留上方通風；風\*3組每天分三次，每次給予連續一小時的風；風\*8組每天連續給予8小時的風。
  2. 因兩台電風扇機型不同，擺放的位置先用自製風力計確定風速相近，以擺幅在垂直於地面軸線的 $10 \sim 30$ 度之間為準。
- (三) 應變變因：葉脩若蟲每次蛻皮所需飼養日數。
- (四) 觀察時間：自108年11月26日到109年2月15日。



圖二 客廳環境下飼養箱置放位置示意圖

### 五、不同季節，相同飼養位置，葉脩每次蛻皮所需飼養日數的比較

- (一) 控制變因：相同的教室走廊組位置、相同的風\*3組位置，其餘同前二、(一)及三、(一)。
- (二) 操縱變因：不同生長季節。
- (三) 應變變因：葉脩若蟲每次蛻皮所需飼養日數。
- (四) 觀察時間：自108年10月30日到109年5月12日。



# 伍、研究結果與討論

## 一、各齡葉脩生活習性、體型變化

各齡葉脩生活習性	偽裝、體色差異、進食情形	吃掉自己的舊皮、斷足重長
 <p>圖三一、二齡若蟲總是棲息於葉背的，蛻皮也都在葉背進行</p>	 <p>圖六寬扁的前足向上伸展，像兩片新生的嫩葉</p>	 <p>圖九葉脩吃掉自己的舊皮</p>
 <p>圖四三齡若蟲常在葉背棲息、蛻皮，僅少數會在葉面棲息和蛻皮</p>	 <p>圖七左上為教室走廊組葉脩，受到日光照射，體色比較深</p>	 <p>圖十經三次蛻皮，四齡時圖左後足已有正常後足的2/3大</p>
 <p>圖五四齡若蟲常見棲息於網上、葉面，會在葉背及網上發現蛻皮</p>	 <p>圖八無風組在第二次蛻皮期間七隻葉脩三天的食痕分布</p>	 <p>圖十一二齡時輕微破損的腹部，到五齡時更明顯</p>

表一 客廳環境中三組葉脩若蟲的體長、體寬 (單位: cm)

一齡若蟲	體長	體寬	二齡若蟲	體長	體寬	三齡若蟲	體長	體寬
平均值	1.53	0.43	平均值	2.02	0.75	平均值	2.67	1.18

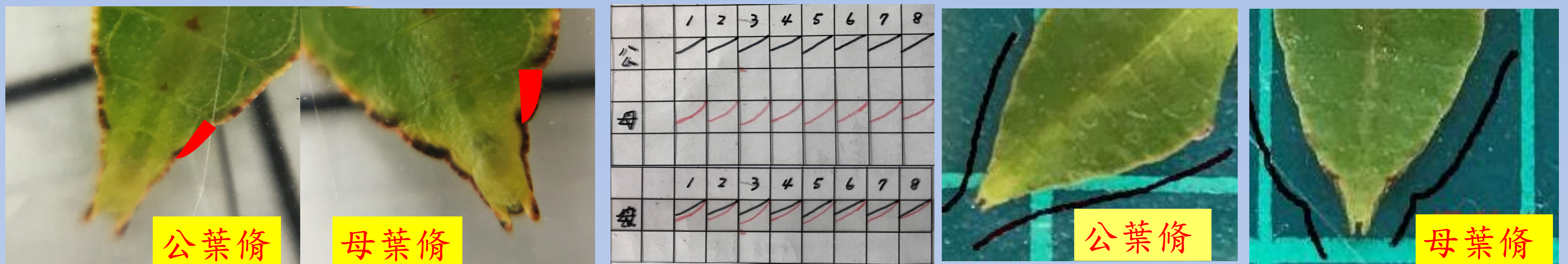
表二 教室環境中三組葉脩若蟲的體長、體寬 (單位: cm)

一齡若蟲	體長	體寬	二齡若蟲	體長	體寬	三齡若蟲	體長	體寬
平均值	1.54	0.43	平均值	2.07	0.82	平均值	2.50	1.15

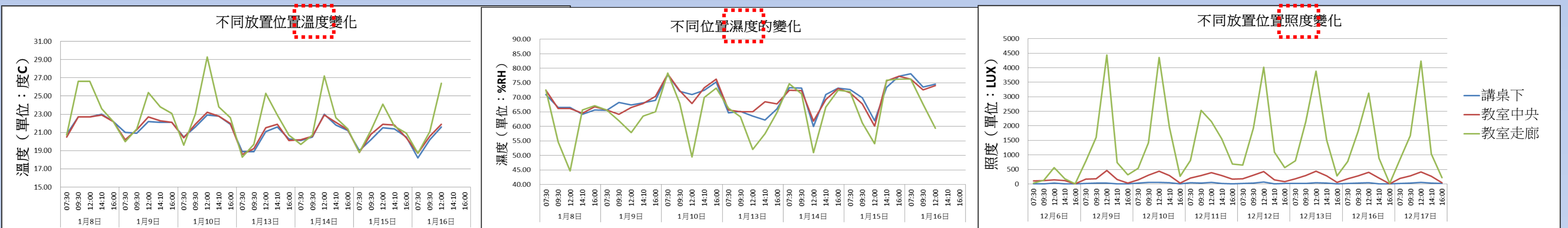
四齡公若蟲	體長	體寬	四齡母若蟲	體長	體寬
平均值	3.55	1.45	平均值	3.60	1.86
平均值	3.33	1.41	平均值	3.17	1.64

## 二、在二齡若蟲時分辨公、母蟲的方法

二齡公若蟲腹部倒數第三節外緣較筆直，僅有些微棕褐色斑塊，母若蟲外緣較凸出、傾斜，且有明顯棕褐色斑塊；公若蟲腹部各節外緣連線呈流線型線條，母若蟲則呈微微波浪狀。

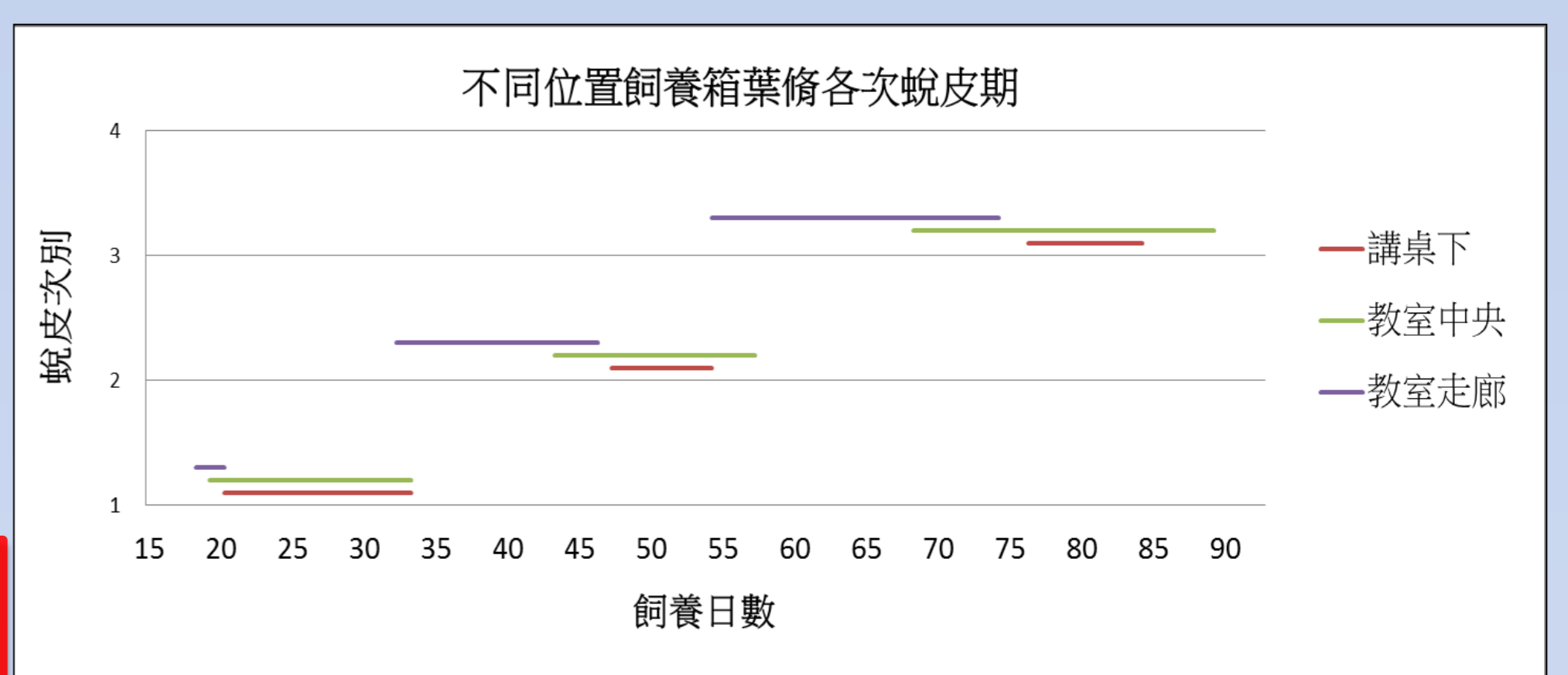


## 三、自然空氣流動的教室環境下，不同照度葉脩生長速度的比較

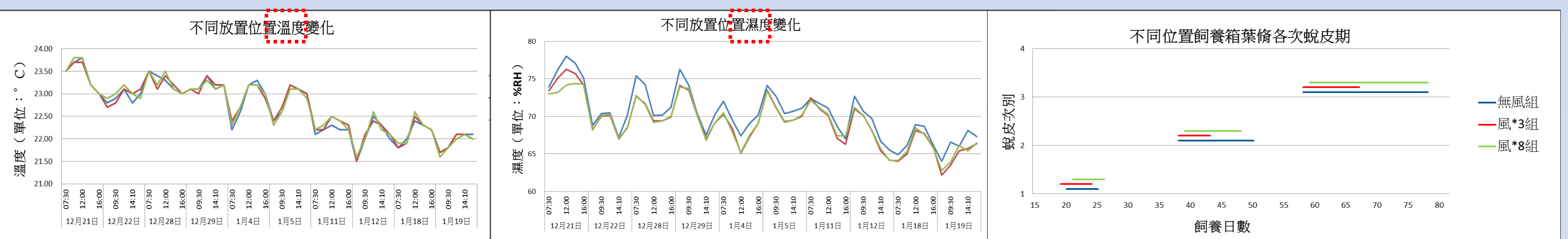


表三 教室環境三組個體每次蛻皮所需要的飼養總日數

組別	飼養日數	個體1	個體2	個體3	個體4	個體5	個體6	個體7	個體8	平均
L1蛻皮	講桌下	21	21	22	23	27	33			24.5
成L2所	教室中央	19	20	20	21	21	22	23	33	22.4
需飼養	教室走廊	18	18	18	19	20	20	20		19.0
L1蛻皮	講桌下	45.5	45.5	47	50	51	52.5	52.5	54	49.8
成L3所	教室中央	43	44	45.5	45.5	45.5	45.5	48	57	46.8
需飼養	教室走廊	32	38	42	42	44.5	44.5	44.5		41.1
L1蛻皮	講桌下	76	77	77	78	80	81	82	84	79.4
成L4所	教室中央	68	69	69	70	71	72	76	89	73.0
需飼養	教室走廊	54	63	67	68	70	71	74		66.7



## 四、客廳環境，不同空氣流動情形下，葉脩成長速度的比較



表四 客廳環境三組個體每次蛻皮所需要的飼養總日數

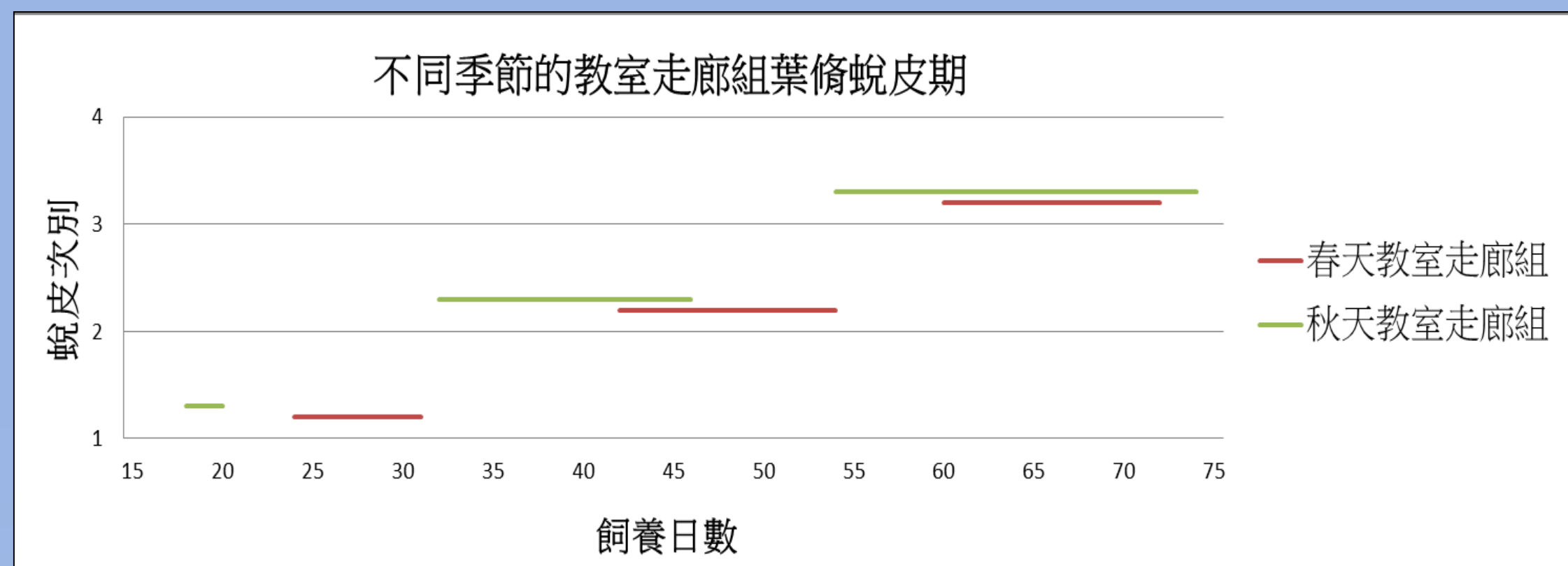
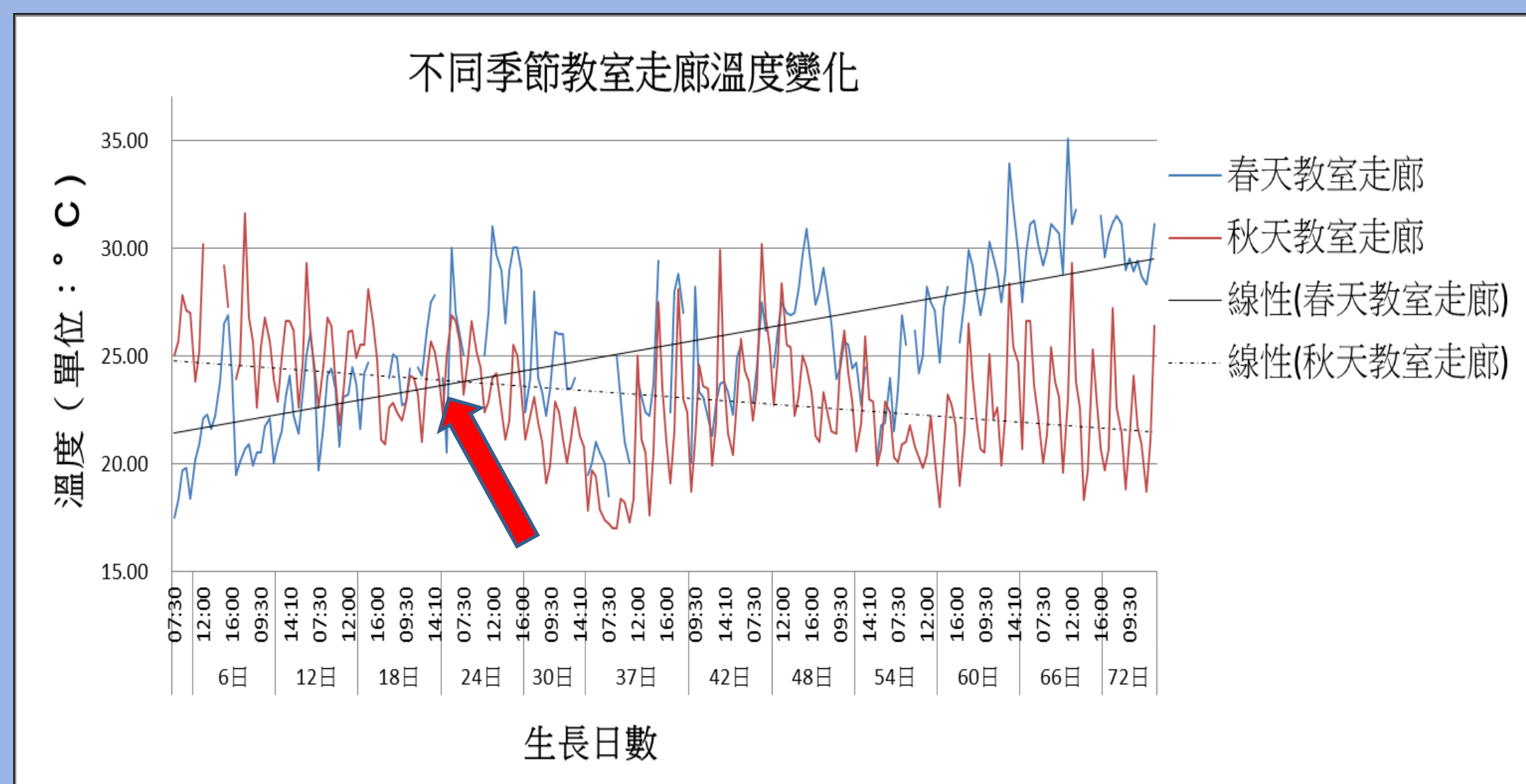
組別	飼養日數	個體1	個體2	個體3	個體4	個體5	個體6	個體7	個體8	個體9	個體10	個體11	平均
L1蛻皮	無風組	20	21	22	23	23	23	25					22.4
成L2所	風*3組	19	19	20	21	22	23	24					21.1
需飼養	風*8組	21	21	22	22	22	23	23	23	23	25	26	22.8
L1蛻皮	無風組	38	39	40	41	41	48	50					42.4
成L3所	風*3組	38	38	38	40	41	42	43					40.0
需飼養	風*8組	39	39	40	40	42	42	43	43	43	47	48	42.4
L1蛻皮	無風組	58	60	60	61	62	66	78					63.6
成L4所	風*3組	58	59	59	60	65	65	67					61.9
需飼養	風*8組	59	61	61	63	65	66	66	66	69	72	74	65.6





## 五、不同季節，相同飼養位置，葉脩每次蛻皮所需飼養日數的比較

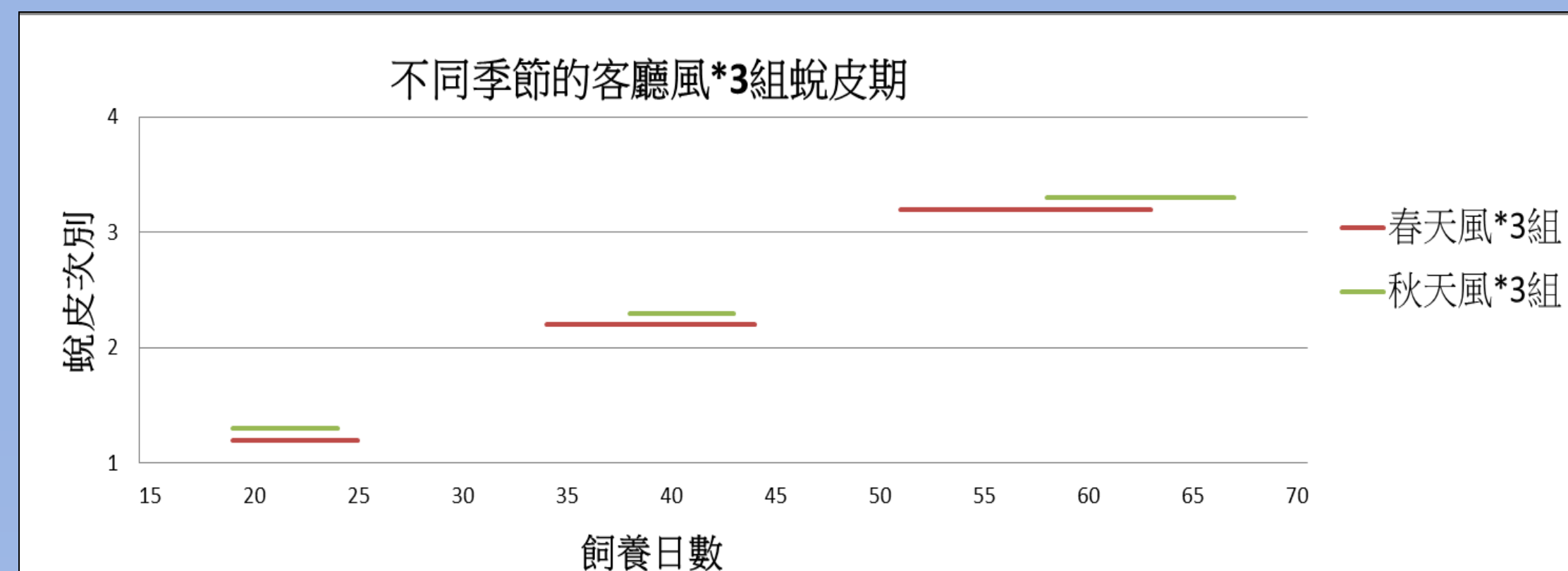
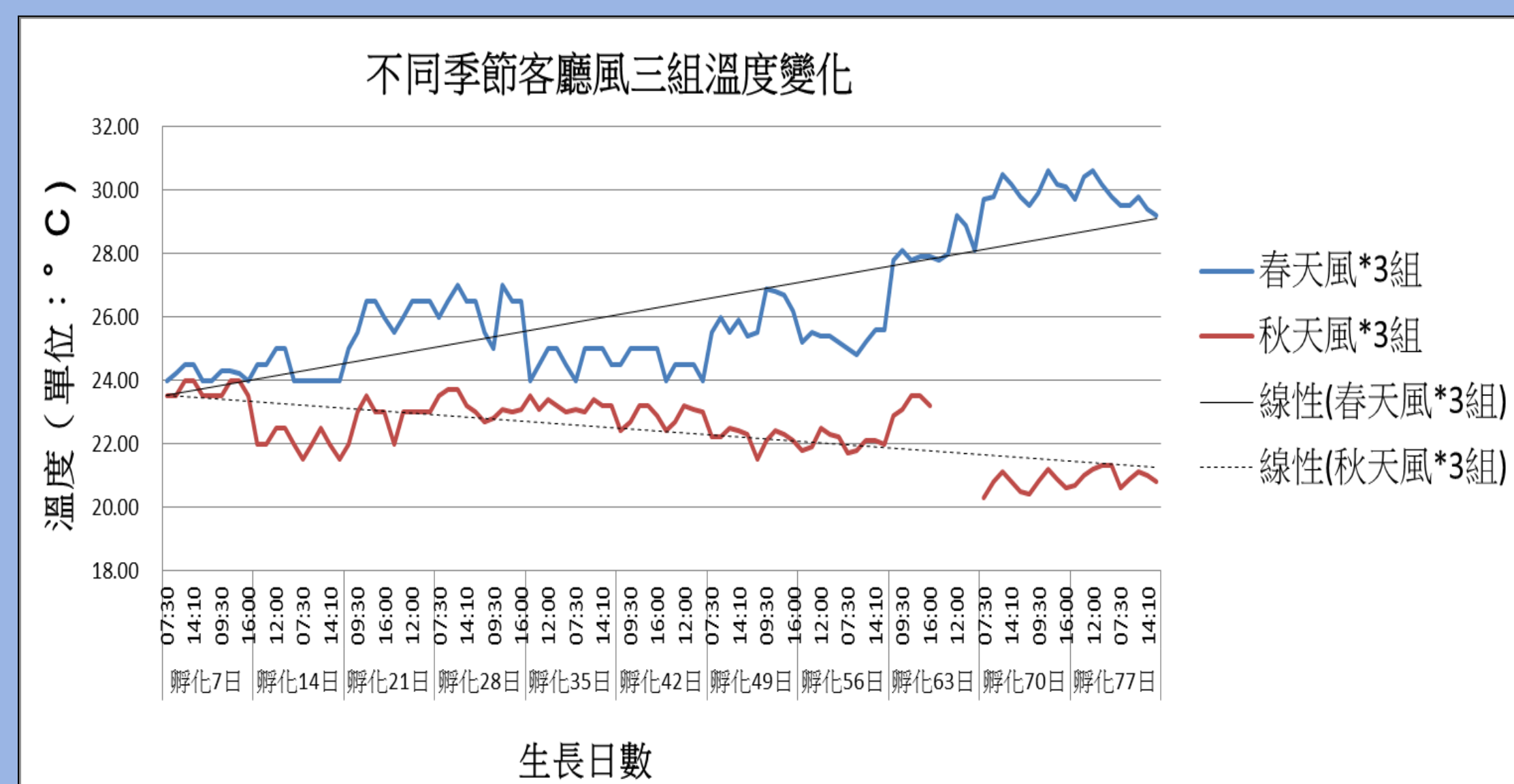
### (一) 不同季節，相同的教室走廊位置



表五 不同季節教室走廊組每次蛻皮所需要的飼養平均日數

組別	蛻皮次別	第一次	第二次	第三次
春天	教室走廊組	26.8	19.5	18.8
秋天	教室走廊組	19	22.1	25.6

### (二) 不同季節，相同的客廳風\*3組位置

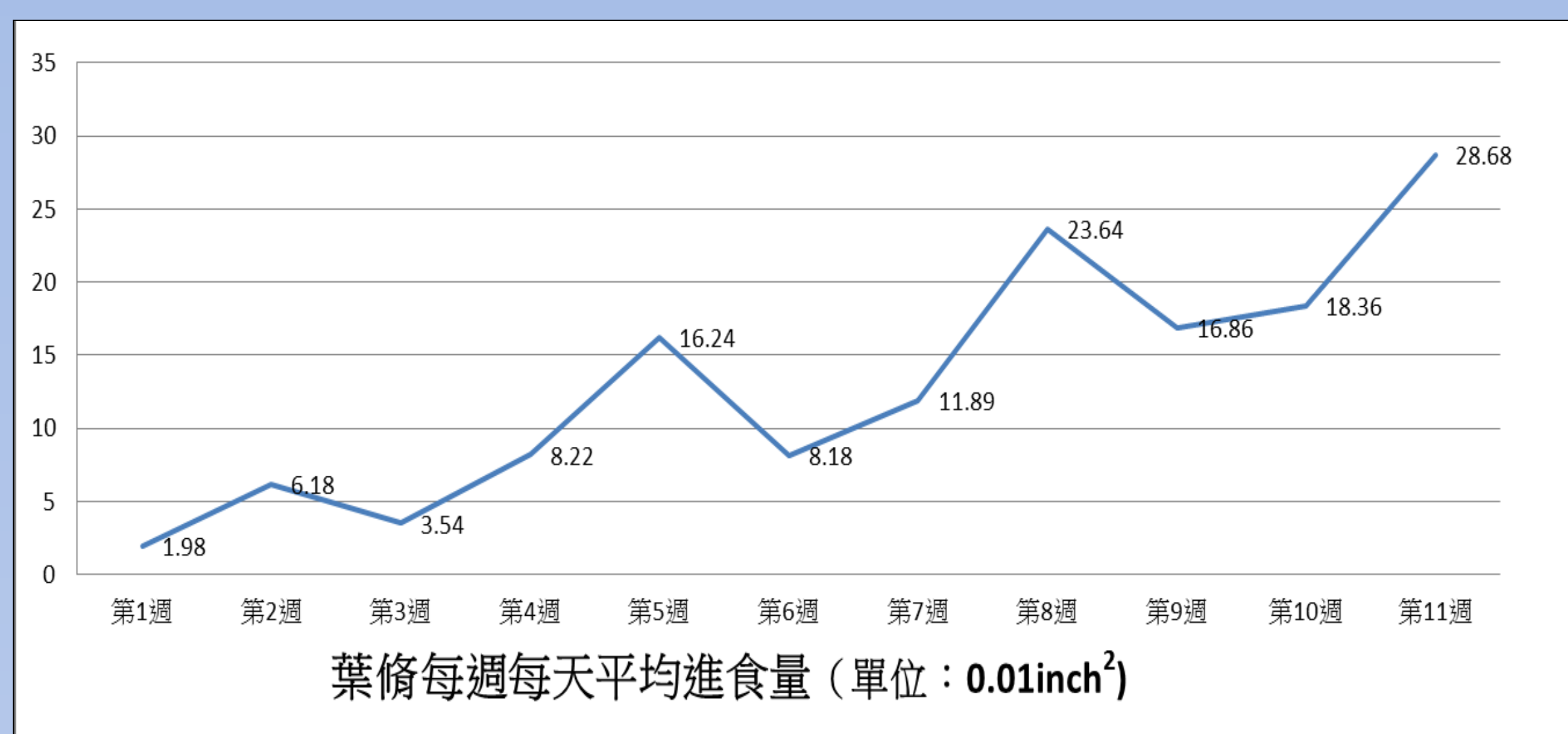


表六 不同季節風\*3組每次蛻皮所需要的飼養平均日數

組別	蛻皮次別	第一次	第二次	第三次
春天	風*3組	21.8	16.1	17.9
秋天	風*3組	21.1	18.9	21.9

## 陸、研究結論

- 一、葉脩有完美的偽裝術，除了造型、體色，還有動作偽裝，每天大約進食一次，進食量與日遽增，蛻皮前2-3天不進食。
- 二、葉脩在二齡若蟲時公母的分辨可從腹部末端倒數第三節外緣形狀外凸或筆直，有無明顯棕褐色斑塊，及各節外緣相連呈流線型或波浪狀線條來分辨。母蟲腹部每一節外緣向外微凸，整體顯得飽滿，公蟲腹部末端則顯得較消瘦。
- 三、相對於易受天氣變化影響的教室環境，在溫度、濕度穩定的客廳環境中，葉脩體型較大；走廊組受日照的葉脩，體色明顯較其它組葉脩的體色深。
- 四、在空氣自然流通的教室環境下，照度高，葉脩生長速度較快。
- 五、在溫度、濕度穩定的客廳環境中，間斷給予吹風，葉脩生長較快。
- 六、從各齡葉脩體型變化，推得葉脩一~四齡齡數的公式： $\text{體長 (cm)} \div 1.5 \times 1.3^{(\text{齡數}-1)}$
- 七、不同季節孵化的葉脩，隨著環境溫度上升，生長的速度變快，反之，生長速度變慢。以24°C以上為最適宜生長的溫度。



## 柒、研究建議

- 一、本實驗結束，本組對於在陽光下生長的葉脩的產卵量、卵孵化率，與在日光燈管下或光線嚴重不足的講桌下生長的葉脩的產卵量、卵孵化率，彼此間會有不同嗎？孵出來的公蟲、母蟲數比例會有差異嗎？這些問題有很大的疑惑，未來可以針對這些再做進一步的實驗。
- 二、三年的飼養經驗中，發現偶爾會有不明原因導致葉脩死亡，推測葉脩對葉子是否有藥物殘留、使用的噴水瓶是否遭受污染、放在飼養箱底部的夾心板是否有甲醛等揮發性藥物殘留都非常敏感，另外也遇到螞蟻群起攻擊、冬天食草不足、夏天太悶熱導致蛻皮失敗等問題。建議未來要做相似實驗的人，應留意這些問題。

## 捌、參考書目

- 一、亞泥生態園區，葉脩竹節蟲 (民107年11月16日)，檢自<https://accpark.org/stick.php?id=22> (民108年9月10日)
- 二、臺北酷課雲，動物生長的三要素 (民105年7月28日)，檢自[http://learning.cooc.tp.edu.tw/coocLearning/kmap/elementary\\_natural/%E8%B3%87%E6%BA%90%E5%86%8D%E5%88%A9%E7%94%A8%E7%9A%84%E5%89%B5%E6%84%8F](http://learning.cooc.tp.edu.tw/coocLearning/kmap/elementary_natural/%E8%B3%87%E6%BA%90%E5%86%8D%E5%88%A9%E7%94%A8%E7%9A%84%E5%89%B5%E6%84%8F) (民108年10月3日)
- 三、昆蟲論壇，(P.S.)葉脩飼養紀錄 (民98年8月16日)，檢自<http://insectforum.no-ip.org/gods/cgi-bin/topic.cgi?forum=2&topic=17617> (民108年10月3日)
- 四、昆蟲臉書，竹節蟲簡單飼養的方式 (民107年3月29日)，檢自<https://www.facebook.com/165386763544256/posts/1682432648506319/> (民108年9月10日)
- 五、台灣竹節蟲飼育同好會，竹節蟲飼育入門 (上、下) (民106年12月31日)，檢自<https://taiwanphasmid.forink.net/> (民108年9月10日)
- 六、曾迺強 (民106年10月20日)。番路民和國小養竹節蟲 20種逾百隻。自由時報，地方版。
- 七、環境資訊中心，昆蟲為什麼會蛻皮與變態？ (民99年2月27日)，檢自<https://web2.nmns.edu.tw/nmns/public/naturalist/review/result/9504/reference.html> (民108年10月3日)
- 八、常春，自然陽光 人體健康重要元素 (民106年2月8日)，檢自<https://www.ttv.com.tw/lohas/view/11423> (民108年10月3日)
- 九、黃世富 (2002)。《台灣的竹節蟲》。臺北市：大樹文化。
- 十、李嘉峰 (2019)。《葉來葉愛你！—葉脩竹節蟲的飼養奧秘》。彰化縣108年第59屆中小學科學展覽會，未出版，彰化。
- 十一、李祖正 (2012)。《簡易風速量測儀製作》。檢自<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/04/2012040216405031.pdf> (民108年10月13日)