

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作者說明書

高中組生物(生命科學)科

040724

國立新竹女子高級中學

指導老師姓名

劉月梅

作者姓名

戴瑜廷

呂存敏

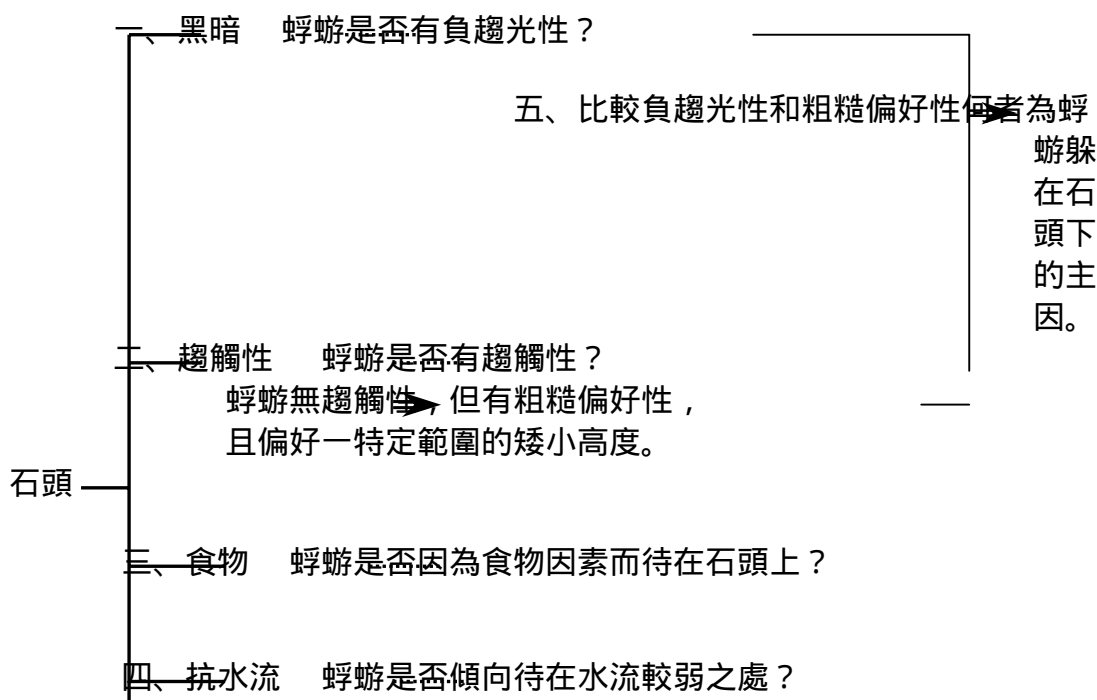
目錄

壹、 摘要	1
貳、 研究動機	1
參、 研究目的	2
肆、 研究設備與器材	2
伍、 研究過程與方法	3
陸、 研究結果	7
柒、 討論	12
捌、 結論	15
玖、 參考資料	15
拾、 展望	15
拾壹、 附件	16

壹、摘要：

溪流中蜉蝣常棲息在石頭下方，隨意撿起上游的石頭，不難發現蜉蝣的蹤跡，石頭對蜉蝣似乎是有利的，牠可能利用石頭遮蔽光線、躲避天敵、狹縫來抵抗水流、或取石上的生物為食；所以針對這些可能因素設計了相關實驗加以證明。根據實驗的結果發現，蜉蝣有負趨光性及粗糙偏好性，同時也發現蜉蝣生存於石頭下的可能原因，如石下的狹縫的確有為蜉蝣遮蔽光線、抵抗水流的功能；狹縫應也有助於牠躲避體型較大的天敵如魚類；至於取得食物，則不是其躲在石下狹縫的主要因素。而在實驗中，我們觀察到牠由稚蟲轉變為成蟲的過程及特長的尾毛，均該有特殊生理意義，這些都是將來可以繼續深入研究的方向。

思考架構：



貳、研究動機：

在進行專研課程時，我們取螞蟻作為觀察對象，發現螞蟻身上有很多毛，生物老師解釋說那是昆蟲的感覺毛，我們認為昆蟲的感覺毛很有趣，後來想到像蜻蜓這一類不完全變態的水棲昆蟲，稚蟲時期住在水中，成蟲卻生活在陸地上，生活於水中與空氣中的感覺毛該是有所不同才是，而這類不完全變態的昆蟲如何由水生環境經由一次蛻皮就適應陸生環境呢？於是我們選取生活史相似的蜉蝣做為觀察對象，發現蜉蝣幼蟲多生活在溪流的石頭下，為什麼蜉蝣幼蟲要待在石頭下方呢？是藉石頭躲避天敵嗎？還是因為石頭上有食物呢？還是有負趨光性？蜉蝣幼蟲身體扁平，是否與長期躲在石頭下方有關呢？與身體同樣扁平的螳螂是否有類似的習性呢？針對以上這一連串疑問，我們開始設計相關實驗來探討蜉蝣稚蟲躲在石頭下的原因，並比較出主因、次因各為何者。

蜉蝣簡介：不完全變態昆蟲，稚蟲以身體腹部兩側氣管鰓呼吸，有三根尾毛，食物為水中微生物及植物組織碎片，常棲息在急流的石礫下；稚蟲期長數月至1年以上，蛻皮約20至40次，成熟稚蟲可見1至2對變黑的翅芽。當稚蟲生長發育到半成熟時，多在傍晚後爬出水面，此時已具發達且不透明的翅，但足、尾毛和生殖器官都未發育成熟，稱為亞成蟲，再經過約24小時，蛻皮變成性器官完全成熟的成蟲，但外觀變化不大，成蟲的身體細長，複眼大，有3個單眼，口器退化，胸背上有兩對膜質狀的翅，有一對絲狀尾毛，有些種類有中尾絲；趨光性，常見於燈下，壽命約2-3日，比其他昆蟲短得多。

(有關蜉蝣的資料照片，列於拾壹的附件中。)

參、研究目的：

探討蜉蝣生活於石頭下方的可能原因。

肆、研究設備及器材：

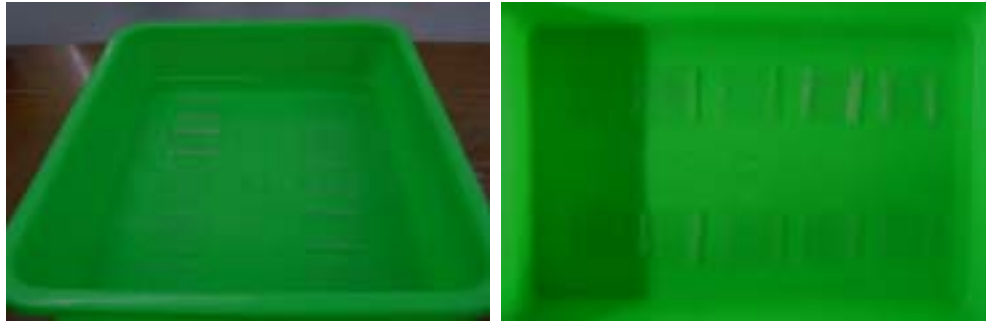
一、飼養蜉蝣的器具：養殖盆、打氣機、燒杯、大型吸管。



二、測定負趨光實驗：長1.5公尺的圓筒型長管，白色燈泡，紙箱，遮光布(窗簾)，碼錶，光度計。



三、測定趨觸性實驗：實驗用塑膠盆，方形玻片，銼刀，超音波震盪器，熱熔膠，精密度0.05cm的尺。



四、食物因素之實驗：實驗用塑膠盆，石頭，鋼絲絨，酒精，超音波震盪器，碼錶，遮光布(窗簾)。

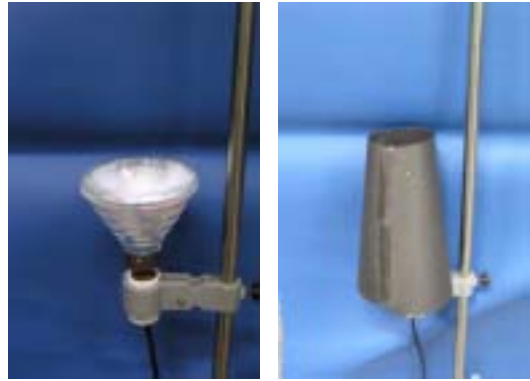
五、水流因素之實驗：實驗用塑膠盆，水源(水龍頭)，橡皮管，紗布，橡皮筋，膠帶(金、紅色、透明、雙面膠)，尺，方形玻片，銼刀，超音波震盪器，碼錶。

六、比較負趨光性和粗糙偏好性的實驗：

(一) 粗糙面有無與光有無的交叉比較實驗：

透明壓克力盆，石頭，光源(白色燈泡)，黑色光罩，遮光布(窗簾)，碼錶。

(二) 粗糙面影響力實驗：實驗用塑膠盆，粗糙玻片，遮光布(窗簾)，碼錶。



伍、研究過程與方法：

一、測定蜉蝣稚蟲是否有負趨光性及不同齡稚蟲對光喜好是否會改變

(一) 實驗目的：測定蜉蝣稚蟲是否有負趨光性及不同齡稚蟲對光喜好是否會改變。

(二) 實驗步驟：

- 1、將蜉蝣放入長 1.5 公尺的圓筒管子中，待其任意分布。
- 2、將長 0.75 公尺紙箱及遮光布(窗簾)置於管子一端，以遮蔽該側光線來源。
- 3、將紙箱蓋上，同時按下碼錶計時。
- 4、每隔 5 分鐘，將紙箱及遮光布(窗簾)掀開，計算蜉蝣在各區間的隻數，共計 6 次，測定各區間的光度值並記錄。
- 5、將光源與紙箱位置對調，重複上列步驟。
- 6、用 Excel 分析實驗數據，將兩側數據整理在同一關係圖。
- 7、另在長 1.5 公尺的圓筒管子的左邊置一白光光源。
- 8、將蜉蝣放入管中，待其任意分布。

- 9、 將紙箱蓋上，把遮光布(窗簾)鋪在紙箱上以阻擋所有光線。
- 10、 將光源開啟並同時按下碼錶計時。
- 11、 每隔 5 分鐘，將紙箱及遮光布(窗簾)掀開，計算蜉蝣在各區間隻數，共計 6 次，測定各區間的光度值並記錄。
- 12、 用 Excel 分析實驗數據，做成關係圖。



二、測定蜉蝣是否有趨觸性

(一) 實驗目的：證明蜉蝣是否有趨觸性特徵。

(二) 實驗步驟：

- 1、 將兩個方形光滑玻片為一組，玻片間距離自 0.05cm 始，每組差 0.05cm，共設計 10 組。
- 2、 固定後，將相對的兩側用熱熔膠黏繫，留下另外兩側可容許蜉蝣自由出入。
- 3、 將 10 組玻片等距離擺放於塑膠盆中，並加入適量水。
- 4、 將蜉蝣放入塑膠盆中，靜置 15~17 小時後，紀錄各組玻片狹縫內的蜉蝣隻數與其身長（以身長代表蜉蝣的大小）。
- 5、 用 Excel 程式整理並分析實驗數據，做成關係圖。



三、食物誘因的證明

(一) 實驗目的：測定蜉蝣是否因為食物之因素附在石頭上。

(二) 實驗步驟：

- 1、 取兩顆大小顏色相近石頭，其中一顆加以清洗（清洗過程：鋼絲絨刷洗 熱水沖洗 酒精沖、泡 清水沖洗 超音波震盪）。
- 2、 將兩顆石頭與蜉蝣置於塑膠盆中，靜置一段時間後計算兩顆石頭上的蜉蝣隻數。
- 3、 用 Excel 程式整理並分析實驗數據，做成關係圖。

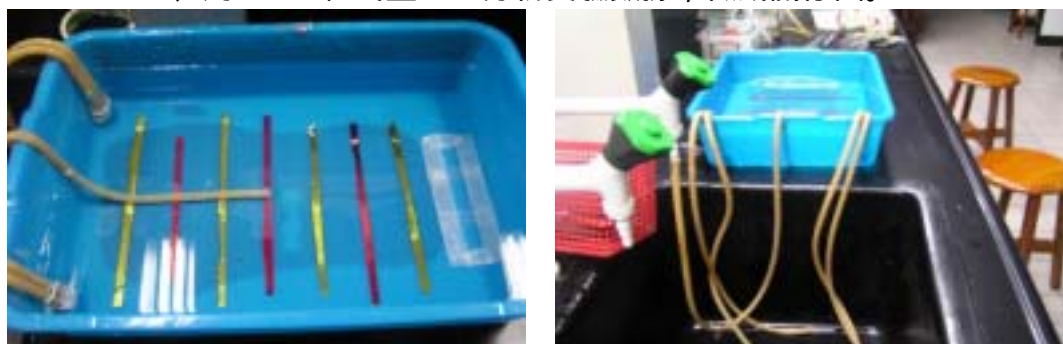


四、測定水流強弱對蜉蝣的影響

（一）實驗目的：測定水流強弱對蜉蝣的影響，以及粗糙表面是否有助於蜉蝣抵抗水流。

（二）實驗步驟：

- 1、 將三片粗糙方形玻片排成長條狀，黏貼於塑膠盆底部的一端，以距玻片 2cm 之處為起點，每隔 4cm 作一記號，共作 7 次記號，分別作為橡皮管口水源開始處。（如右圖）
- 2、 把四條橡皮管分成兩組，置於塑膠盆的另一端，以連通管原理排出盆內的水，管口包上紗布，以預防蜉蝣隨水被排掉。
- 3、 將蜉蝣置於三片玻片的中央處，
- 4、 把橡皮管口固定在離玻片最遠的記號處，開啟水源後同時開始計時，五分鐘後紀錄三片玻片上個別的蜉蝣隻數，以及被水流沖走的蜉蝣隻數。
- 5、 將橡皮管口逐一固定在其他記號處，重複步驟 4。
- 6、 把步驟 1 的粗糙玻片置換成光滑玻片，重複以上的實驗步驟。
- 7、 用 Excel 程式整理並分析實驗數據，做成關係圖。



五、比較負趨光性和粗糙偏好性何者為蜉蝣躲在石頭下的主因

粗糙面有無與光有無的交叉比較實驗：

（一）實驗目的：比較負趨光性和粗糙偏好性何者為蜉蝣躲在石頭下的主因。

(二) 實驗步驟：

- 1、將透光容器底部一半放在桌面上，另一半懸空在桌外，並加以固定。
- 2、在露在桌外部份的容器裡放一石頭，此部份容器的下方置一光源。
- 3、將蜚蠊放入容器，待蜚蠊全都附上石頭後，蓋上遮光布，開啟光源並同時開始計時。
- 4、靜置一段時間後，紀錄石表、石底及石外的蜚蠊隻數。
- 5、實驗中第二部分，利用光罩將光線集中在石頭底部，重複3、4步驟。
- 6、用 Excel 程式整理並分析以上實驗數據，做成關係圖。



粗糙面影響力實驗：

(一) 實驗目的：比較負趨光性和粗糙偏好性何者為蜚蠊躲在石頭下的主因。

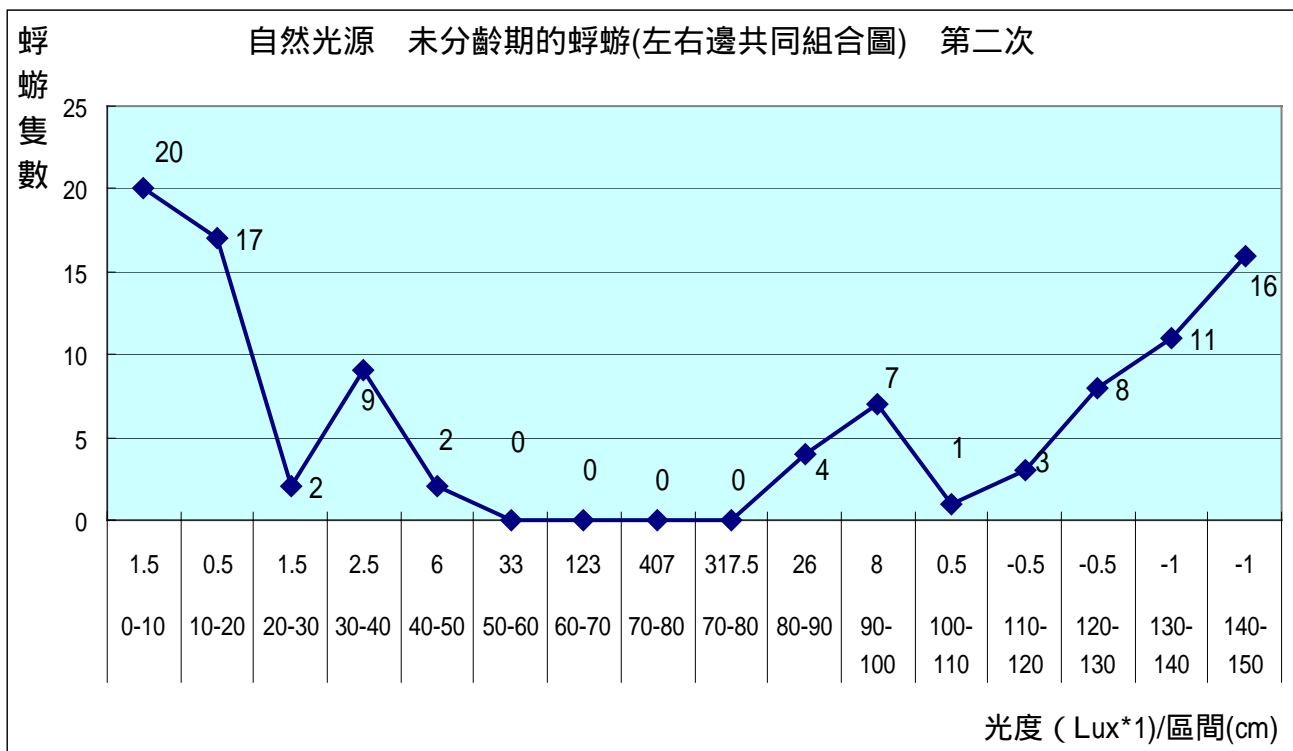
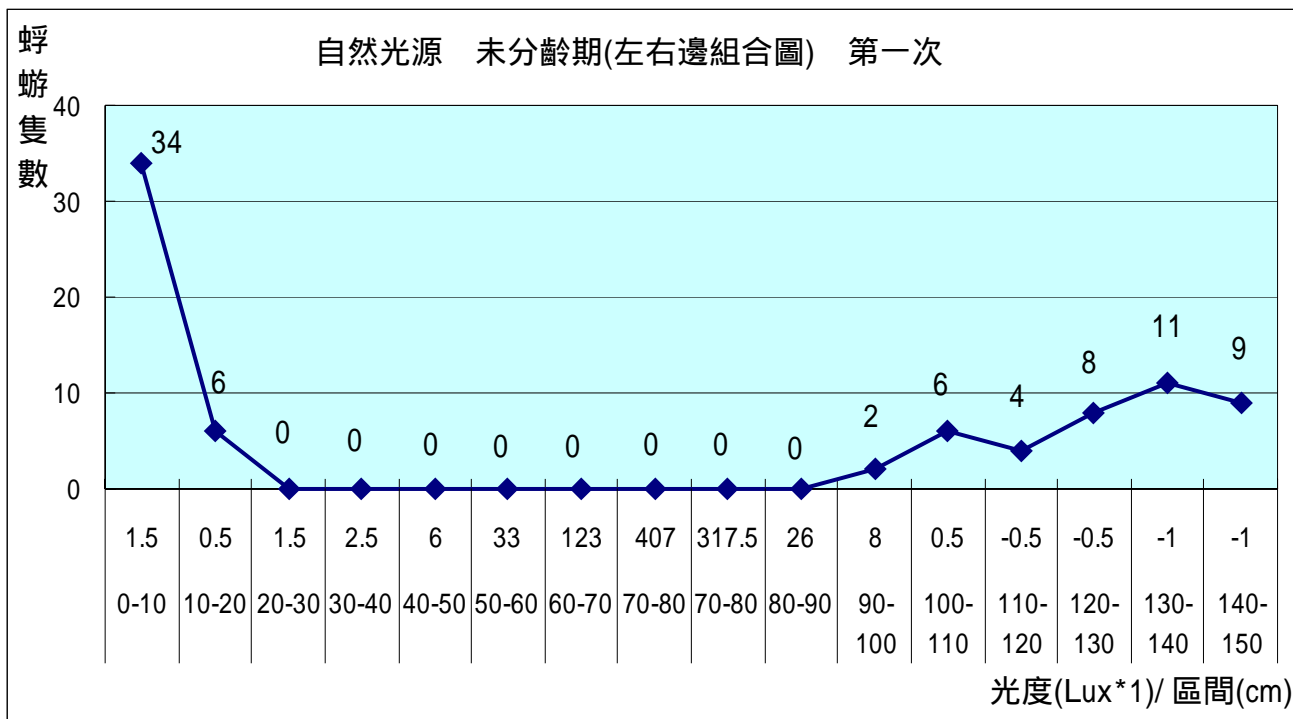
(二) 實驗步驟：

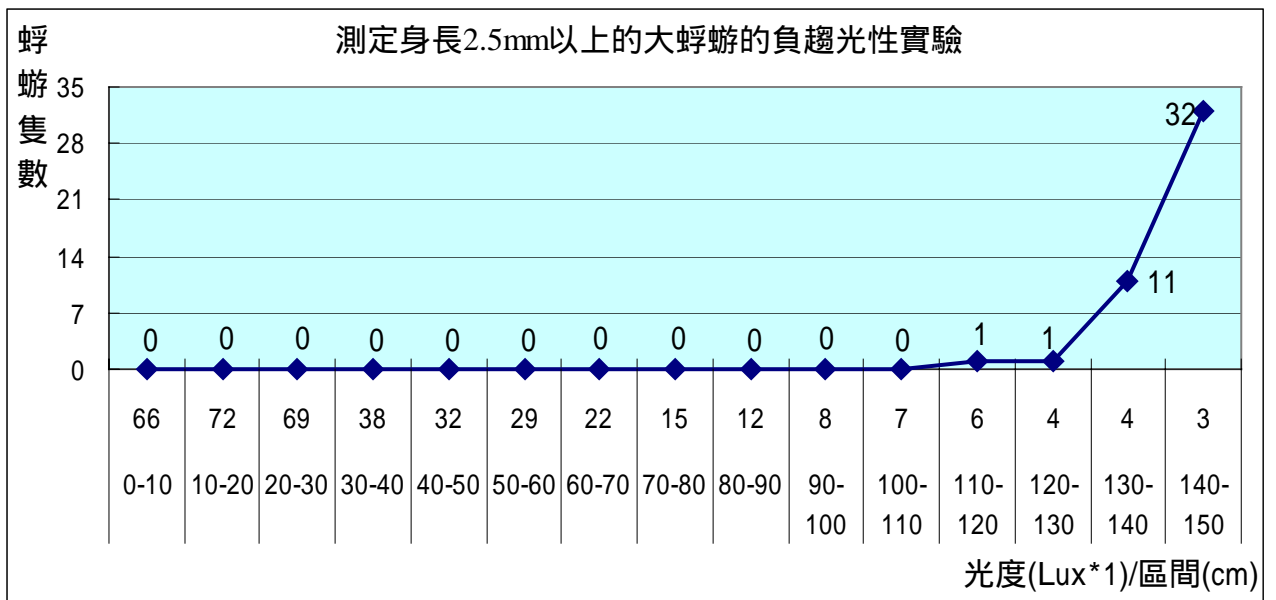
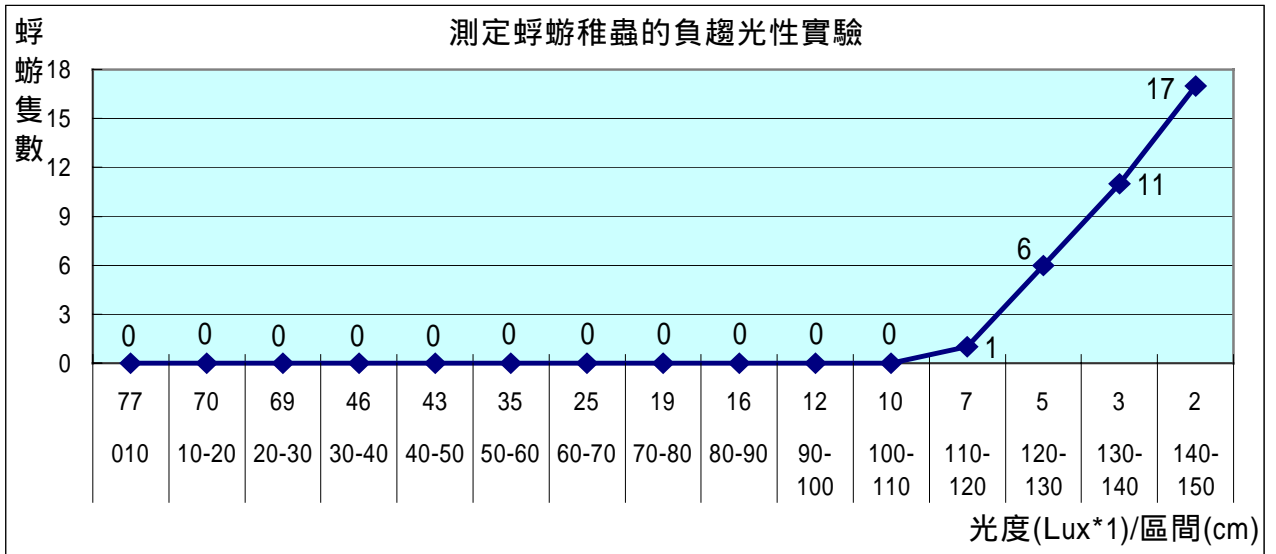
- 1、選取實驗盆，測量盆底面積，並在盆底標示出 4 塊方形玻片的大小。
- 2、在盆中放入蜚蠊 25 隻後，蓋上遮光布並開始計時。
- 3、10 分鐘後，紀錄標示區域內的蜚蠊隻數。
- 4、再將 4 塊方形玻片貼於盆底，玻片的粗糙面在上。
- 5、在盆中放入蜚蠊 25 隻後，蓋上遮光布並開始計時。
- 6、10 分鐘後，紀錄玻片上的蜚蠊隻數。
- 7、重複步驟 1 至 6，每次增加一塊玻片，直至 8 塊玻片為止。
- 8、用 Excel 程式整理並分析以上實驗數據，做成關係圖。

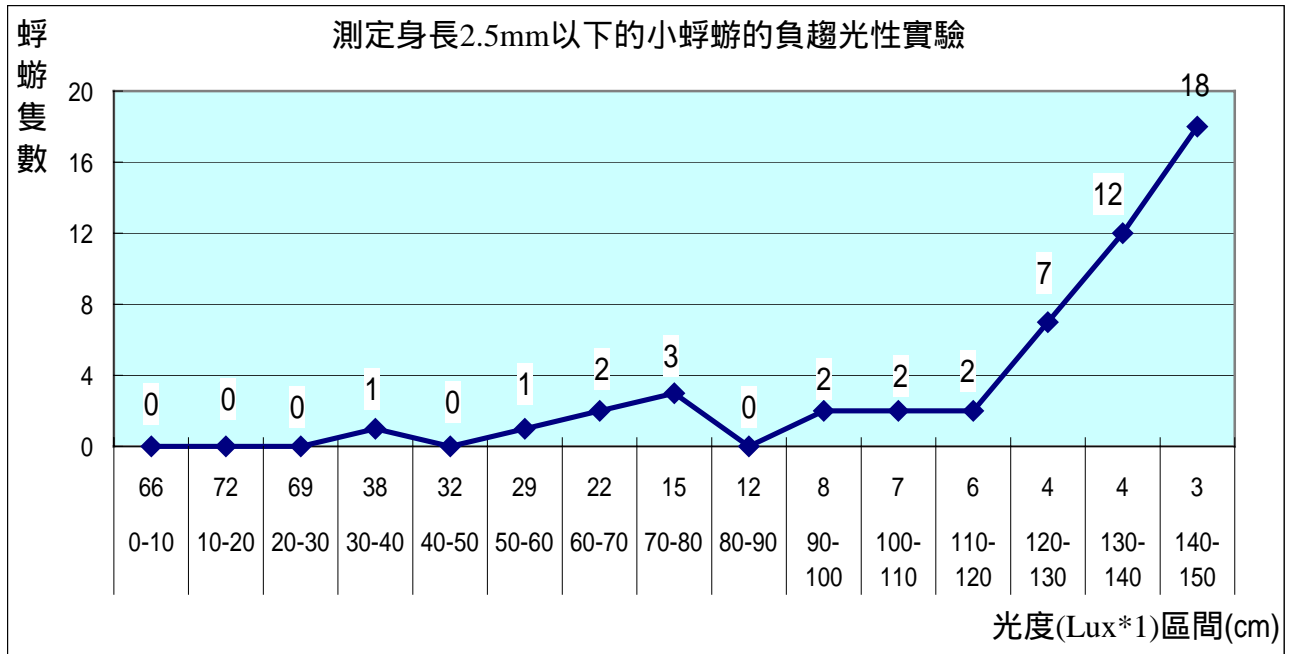


陸、研究結果：

一、測定蜉蝣稚蟲是否有負趨光性及不同齡稚蟲對光喜好是否會改變：





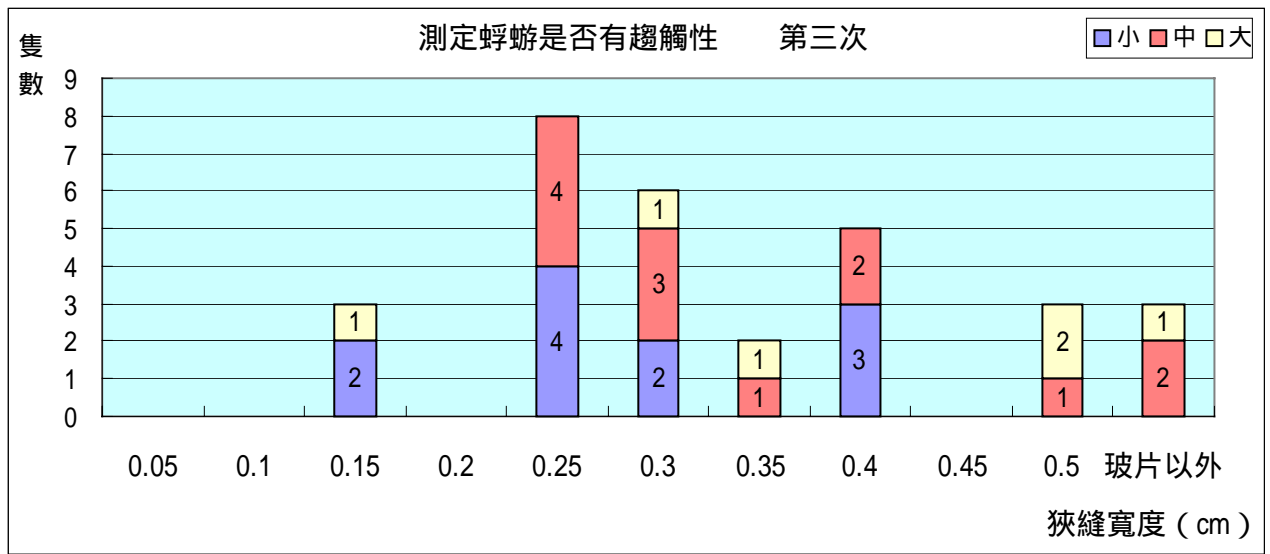
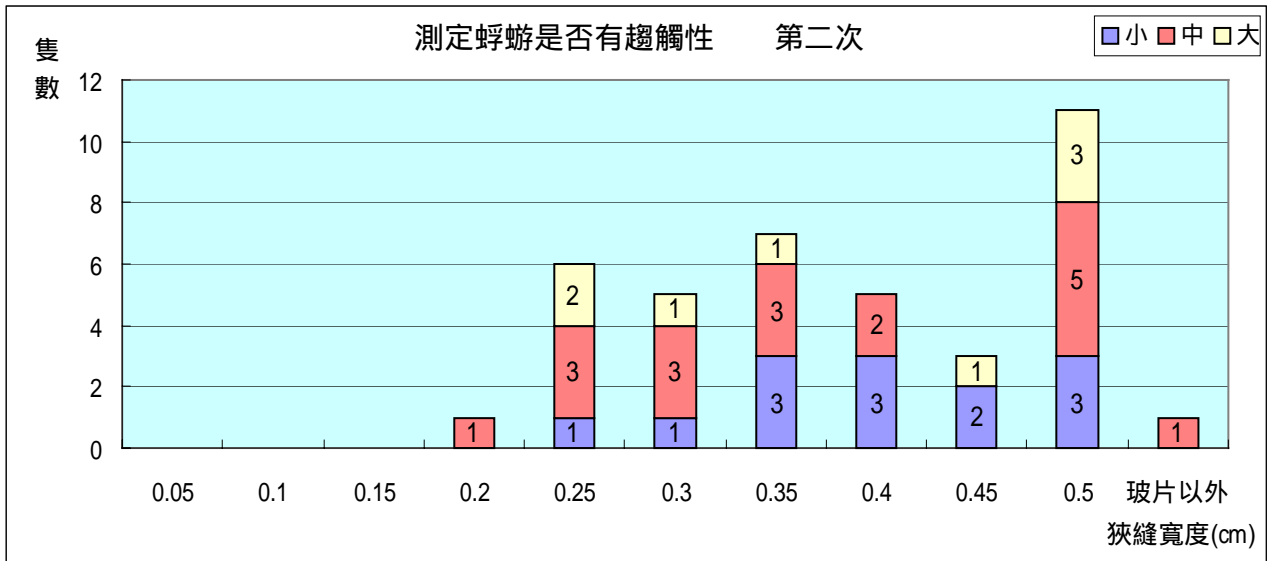


二、測定蜉蝣是否有趨觸性：

先統計各個玻片組中的蜉蝣隻數，再分成大中小三組分析：

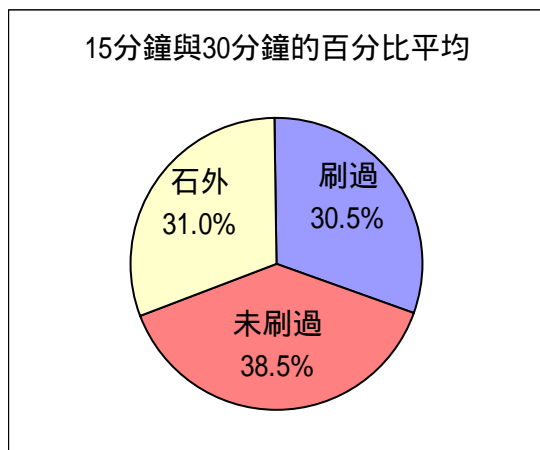
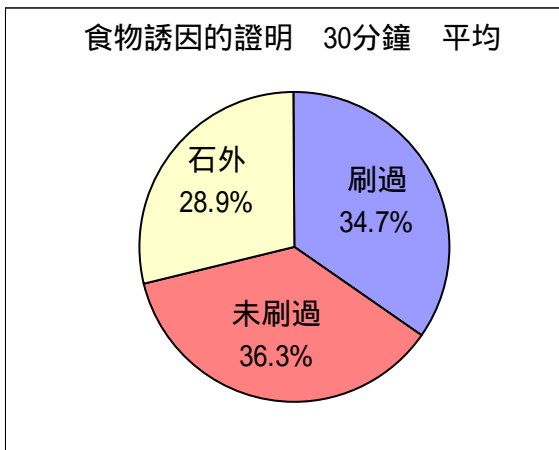
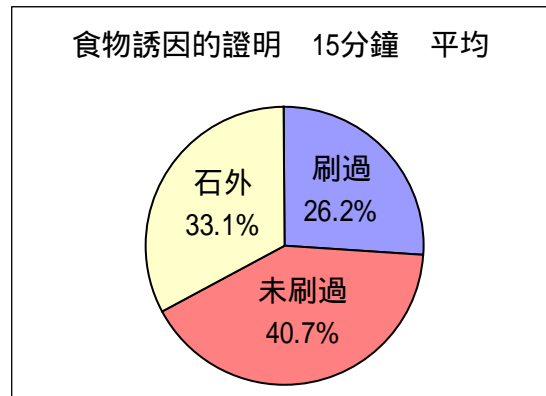
* 小的體長(cm)：0.2 0.4 * 中的體長(cm)：0.45 0.65 * 大的體長(cm)：0.7 0.9





三、食物誘因的證明：

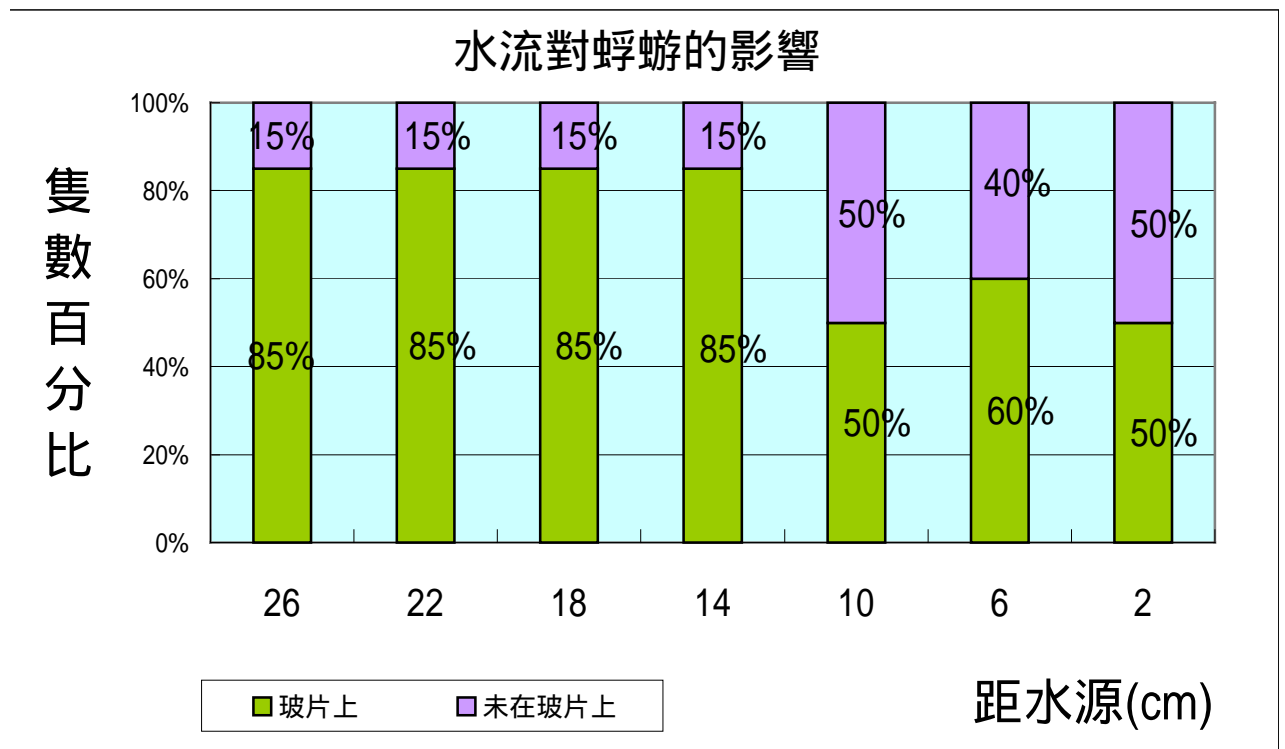
靜置時間	刷過(%)	未刷過(%)	石外(%)
15分	26.2	40.7	33.1
刷過與未刷過的差值	-14.5		*
30分	34.7	36.3	28.9
刷過與未刷過的差值	-1.6		*
兩者平均	30.5	38.5	31.0



四、水流強弱對蜉蝣的影響：

* 流量：2 公升/27.83 秒 = 71.86 毫升/秒

粗糙玻片：



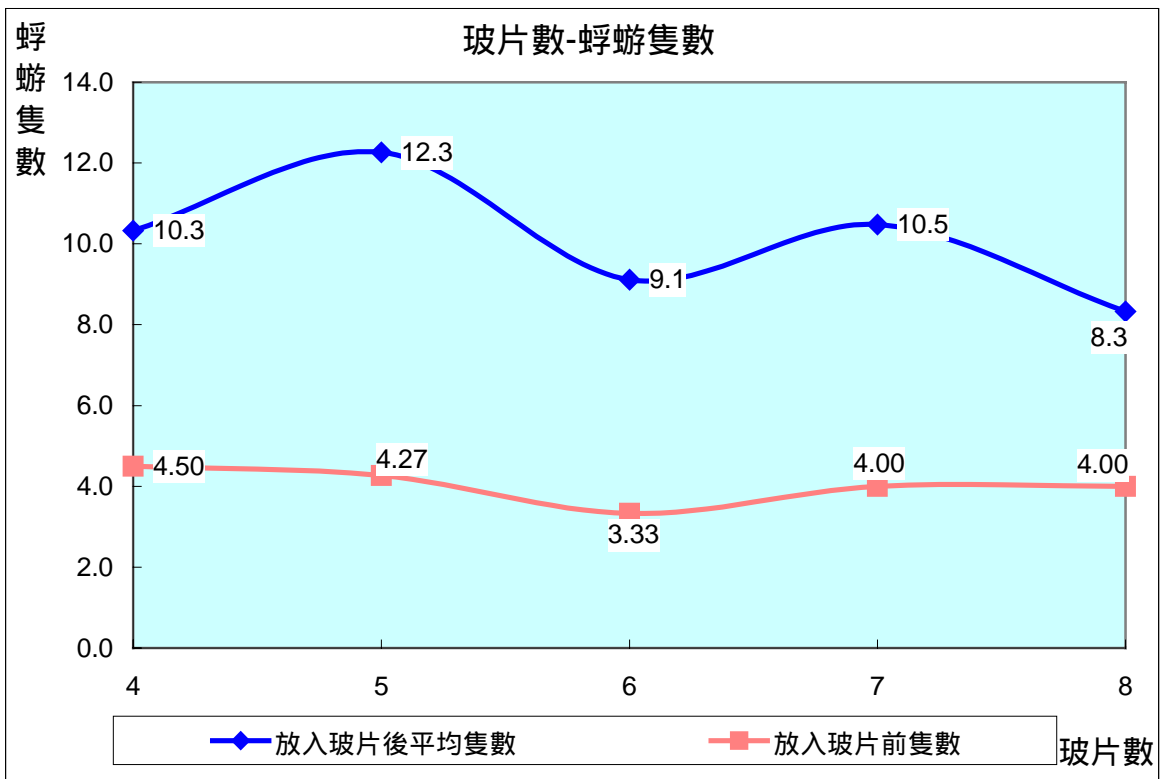
五、比較負趨光性和粗糙偏好性何者為蜉蝣躲在石頭下的主因：

(一) 粗糙面有無與光有無的交叉比較實驗：

1、未用光罩：		顆粒		總和	差值
		有	無		
光	有	42.4%	0.3%	42.8%	-14.5%
	無	55.1%	2.2%	57.2%	
總和		97.5%	2.5%		
差值		94.9%			

2、使用光罩		顆粒		總和	差值
		有	無		
光	有	57.3%	*	57.3%	14.5%
	無	40.8%	1.9%	42.7%	
總和		98.1%	1.9%		
差值		96.1%			

(二) 粗糙面影響力實驗：



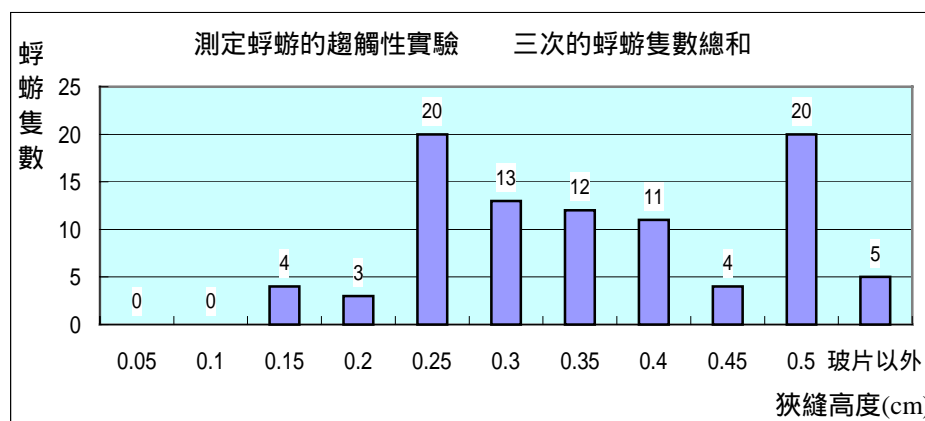
柒、討論：

一、測定蜉蝣是否有負趨光性：

- (一) 根據實驗一結果，可看出蜉蝣在白光的光源照射下，明顯往另一側移動，且分布甚至都在光度 (Lux*1) 38 度以下，根據此可推出蜉蝣有明顯負趨光性，對光也相當敏感。
- (二) 由實驗一對大小蜉蝣負趨光性實驗的測定結果，小蜉蝣的出現的最高光度為 38 (Lux*1)，大蜉蝣的出現的最高光度為 6 (Lux*1)，雖然數值看似差異很大，但是兩者的亮度都很暗，且必須考慮小蜉蝣的體力不足及速度所造成的誤差，因此兩者的負趨光敏感度並沒有明顯差異，根據此可推出不同齡期蜉蝣對光的敏感度均高，證明負趨光性的能力並非經由學習而來，而是先天的能力；詳細觀察蜉蝣個體，可見頭部有兩個複眼、三個單眼等感光器官。

二、測定蜉蝣是否有趨觸性：

- (一) 實驗初使用光滑玻片作為材料，蜉蝣完全無法附在光滑玻片上，在玻片狹縫中更無任何蜉蝣附著，因此發現蜉蝣對粗糙面有偏好性；為了避免這種粗糙偏好性干擾趨觸性實驗，我們利用銼刀將玻片由光滑磨成粗糙，用超音波震盪器清除銼下的玻璃碎片，再利用這種粗糙玻片製成我們的實驗裝置。
- (二) 利用粗糙玻片製成的實驗裝置後，所測得的數據如下：



1. 在 0.05cm 與 0.1cm 的玻片組中完全沒有蜉蝣分布，可能因為狹縫高度不足，蜉蝣無法進入。
2. 在 0.25cm 與 0.5cm 玻片組中的蜉蝣隻數最多。
3. 綜合 1、2、結果，0.5cm 又大於蜉蝣身體的厚度，由此可證明蜉蝣並非百分之百有如螳螂一般的趨觸性，即蜉蝣的身體並不十分偏好有物體緊密的接觸著。
4. 將蜉蝣分布在狹縫中與分布在玻片外之數目加以比較，可知大部分蜉蝣分布在狹縫內，不會停留在同是粗糙面的夾縫上面的玻片，由此可知蜉蝣的確有一偏好的高度範圍，此高度對蜉蝣而言為安全之所在。至於玻片外的蜉蝣，應是未發現實驗盆中粗糙玻片的存在，或是個別差異所造成的誤差。
5. 更深入研究玻片組中蜉蝣大小與狹縫高度有無關係，結果中顯示並非大蜉蝣進入大狹縫、小蜉蝣進入小狹縫，無論大、中、小蜉

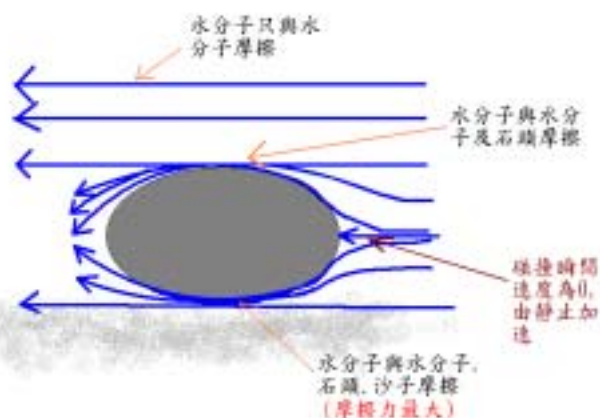
蜉蝣分布的狹縫高度範圍皆很廣，並無一特定範圍，即蜉蝣大小與狹縫高度並無特定的規律關係，再次確定蜉蝣並沒有如螳螂般的趨觸性，而有矮小高度的偏好性。

三、食物誘因的證明：

利用鋼絲絨、酒精、超音波震盪器，儘可能將實驗石頭的表面物質大部份除去；實驗所得數據分析，處理過與未處理過的石頭，蜉蝣的分布並無明顯的差異，而且當實驗時間越長時，蜉蝣分布越平均，可知食物完全不是蜉蝣愛待在石頭底下的因素。

四、水流強弱對蜉蝣的影響：

- (一) 實驗設計乃是根據水源距玻片不同的距離可造成不同強度的水流，越近越強。
- (二) 玻片為粗糙面時，強的水流較容易將蜉蝣沖離玻片；而玻片為光滑面時，無論水流強弱蜉蝣都會被沖走。由此可見，生活在流動的水流中，粗糙的石頭對蜉蝣而言是很重要的。
- (三) 實驗過程中，蜉蝣一旦被水流沖下玻片，就在水流中不停翻滾，無法很快吸附住一個穩定且粗糙的東西穩住自己，所以只要河中的蜉蝣被急流沖走，除非運氣好恰巧遇到一顆石頭，否則就會被帶到下游去。由此推測，蜉蝣躲在水流較小的粗糙面對其生存有絕對正面的意義；而以物理的觀點來看，位在河床的石頭由於摩擦力、水與石碰撞的原理，石頭下方的水流速度(強度)小於上方及兩側，而迎水流面與水流直接碰撞，不適合停留，背水流處則是被石頭分開的水流的再匯集處，流向複雜，亦不適合停留，蜉蝣選取在石頭下方可說是非常安全。



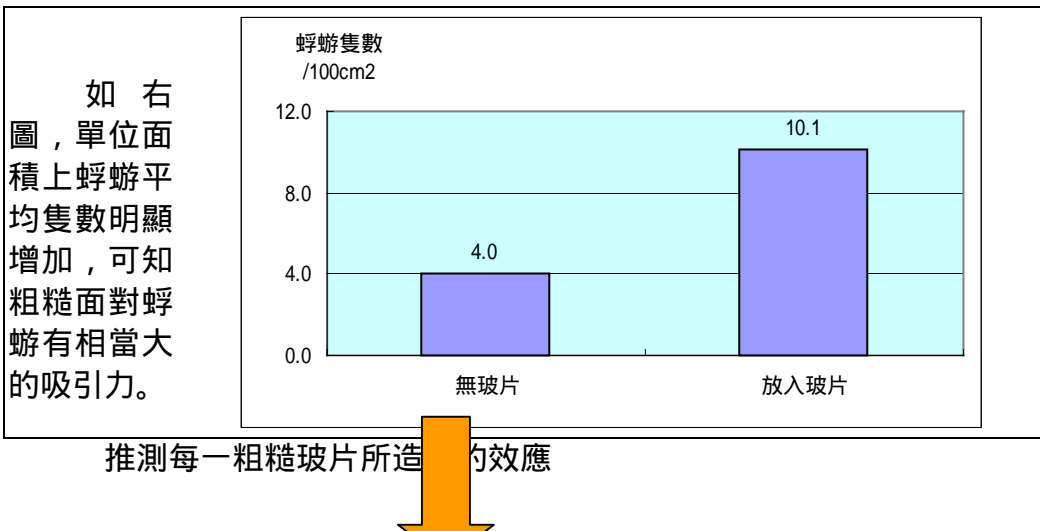
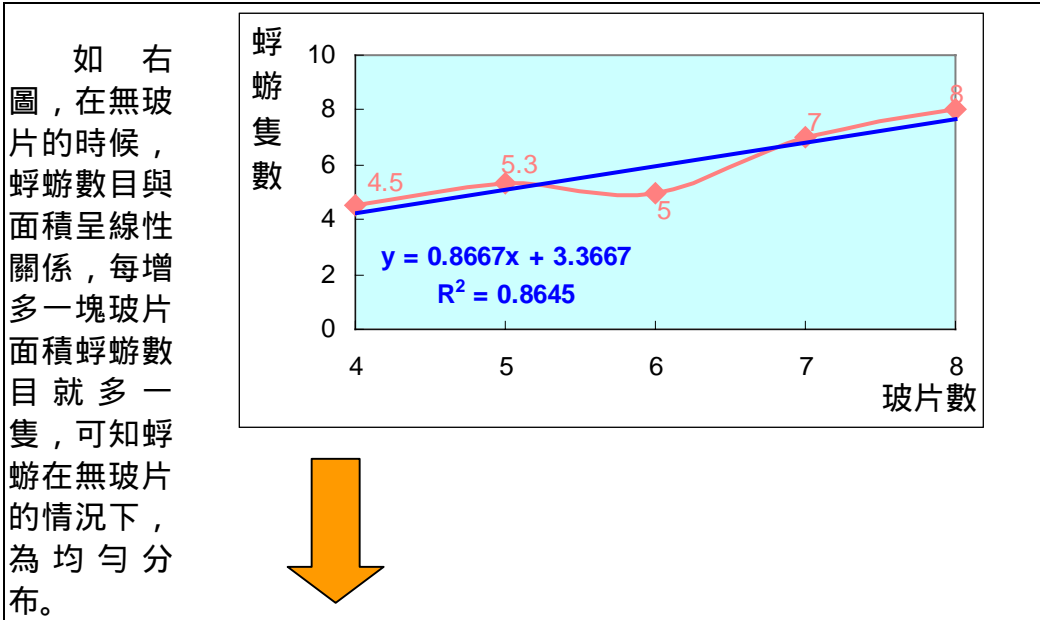
五、比較負趨光性和粗糙偏好性何者為蜉蝣躲在石頭下的主因

(一) 粗糙面有無與光有無的交叉比較實驗：

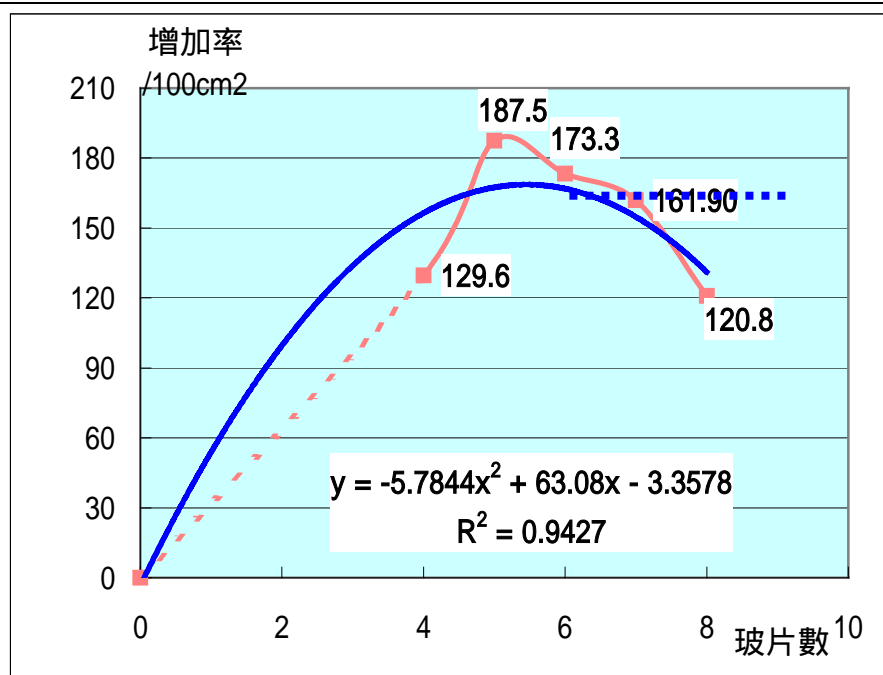
本實驗的設計將光來源以加光罩及未加光罩處理，未加光罩的部分將環境分成四個區域（由光的有無及粗糙面的有無交叉組成），而使用光罩處理的環境則只有三部份（所有的非粗糙面皆為黑暗的），兩種處理的結果皆顯示：粗糙面有無對蜉蝣分布影響遠大於光的有無。當有粗糙面存在時，其負趨光性就變得很不明顯，由此可見，蜉蝣對粗糙偏好性是較具影響力的。

(二) 粗糙面影響力實驗：

本實驗中在黑暗的環境，將實驗盆底設計成有玻片與無玻片的兩種情況，以了解粗糙面對於蜉蝣的吸引力，並與黑暗的吸引力作比較；實驗用的塑膠盆並非完全光滑，因為若採用光滑的環境，則蜉蝣們會抱在一起漂浮，而不會附在光滑面上，無法進行實驗，因此使用相較於粗糙玻片光滑的塑膠盆做實驗：



如右圖，粗糙面對的影響量約為二次的，當玻璃片數增加時，因試驗而增加情形估若夠呈定率（如右色示）。



捌、結論：

- 六、 蜉蝣有負趨光性及粗糙偏好性。
- 七、 石頭下的狹縫有助於蜉蝣抵抗水流及躲避天敵。
- 八、 蜉蝣的光的敏感度是與生俱來的，並非後天訓練而成的。

玖、參考資料：

- 一、 台灣常見的昆蟲，楊平世著，渡假出版社有限公司，p.39，西元 1999 年發行。
- 二、 昆蟲觀察站，陽銘出版社，p.10、11，西元 1991 年發行。

- 三、洛氏昆蟲學，Herbert H. Ross 著，易希陶譯，正中書局，p.210~212，西元 1970 年發行。
- 四、昆蟲生理學，關崇智編著，南山堂出版社，p.405~408，西元 1987 年發行。

拾、展望：

在實驗過程中，觀察到以下現象，但因時間不足尚未探討，日後希望能深入研究。

一、蜉蝣羽化前後的變化：

(一) 稚蟲與成蟲間的差異：

- 1、複眼：稚蟲羽化前複眼顏色變淡，成蟲的複眼較稚蟲的小且偏頭部的兩側。
- 4、口器：稚蟲有口器；資料顯示成蟲口器已退化。
- 5、頭、胸連接處：成蟲的頭、胸連接處較稚蟲時細。
- 6、翅：較大的稚蟲會出現翅芽；亞成蟲的翅為黃綠色；成蟲的翅透明且有網狀紋路。
- 7、腳：稚蟲的腳由身體算起的第一節為寬扁狀，第二節後則呈細長狀；成蟲的腳各節皆細長，且第一對腳較稚蟲時長，推測成蟲無寬扁的腳之因為成蟲不需游泳。
- 8、尾毛：稚蟲有三根尾毛，成蟲只有兩根尾毛，為白色且較稚蟲時期長，其張角變化不明顯；快羽化時，左右兩根尾毛已有脫離外骨骼的現象，中間尾毛則無。（見附件三）。

(二) 羽化的過程：羽化前幾小時，背部疑有一外骨骼的裂縫，但氣管總仍可呼吸；開始羽化時，腳縮在腹側，浮近水面，由頭部破殼而出，身體停留在水面上，待翅乾後就可飛行，稱為亞成蟲；過一或兩天，亞成蟲會再蛻皮變為成蟲（見附件三）。

由以上二現象推測：蜉蝣羽化前（仍為稚蟲時），就開始進行一連串的改变，並在離開水面後（亞成蟲階段）做了些許調整，而成為完全的陸生昆蟲，並非經一次蛻皮即可適應陸地的環境；想探討蜉蝣在稚蟲、亞成蟲、成蟲各個不同的時期，生理構造方面是什麼樣的變化，以適應不同的生活環境，及為繁殖作準備。（上述的「成蟲」，若未清楚說明，皆泛指成蟲與亞成蟲。）

二、感覺毛：稚蟲與成蟲的生活環境不同，其感覺毛必有變化，值得研究。

三、尾毛：稚蟲的三根尾毛在游泳時集成一束，停止運動時則張開到一定角度，似有肌肉控制；剛停在某處時，會將尾毛向上舉起，幾成 90°，推測牠在測試安全程度或宣告其勢力範圍。

四、吸附器：由實驗證明蜉蝣稚蟲對粗糙表面有偏好性，欲研究牠的腳上是否有倒勾、吸盤或褥墊之類的構造，以附在粗糙表面上。

五、由實驗證明蜉蝣有矮小高度偏好性，想探討其高度的上限，即多高的高度對蜉蝣而言為開放性空間，而此高度是否與其蜉蝣尾毛的長度有關。

- 六、蜉蝣英文名稱為 Mayfly，其英文解釋為：an insect whose adult form appears and lives briefly in the spring，亦即蜉蝣羽化的季節在春天，則其羽化的季節是否與其水面下或水面上的天敵活動情形有關？而河流水文變化的情形是否也會影響蜉蝣羽化交配產卵的季節？
- 七、蜉蝣腳的寬扁處的下部，長著異於其他各處的長毛，對於蜉蝣有何助益？
- 八、欲觀察蜉蝣腳的立體形狀，以推測其游動的方式。
- 九、蜉蝣尾毛的再生能力如何？
- 十、蜉蝣的食物為有機物質的碎片，是否可應用在清除有機廢物的方面？
- 十一、蜉蝣有矮小高度偏好性，欲設計實驗探討，其與負趨光性及粗糙偏好性的影響力大小。
- 十二、蜉蝣停止運動附在平面上時，常可見它有刮食的動作，想要了解蜉蝣食物為何，與其取得食物的方式和來源。

拾壹、附件：

一、蜉蝣型態：



大蜉蝣（頭部有觸角及腳上有毛。）



大蜉蝣（兩複眼間有三個單眼。）



中蜉蝣



小蜉蝣

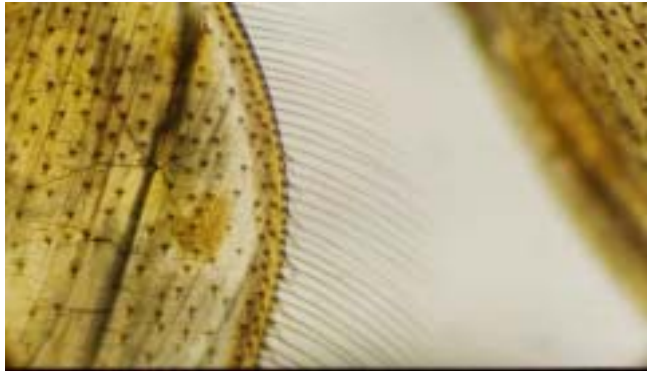


蟬蛻附在手上



蟬蛻附在手上

二、蟬蛻身體的各部位：



腳上寬扁處的毛



氣管鰓



頭部的毛

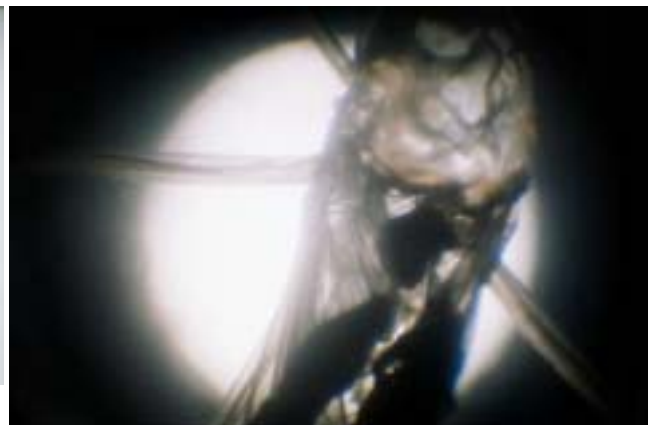


尾毛

三、蟬蛻蛻皮成為亞成蟲的紀錄：



稚蟲將蛻皮成亞成蟲時，左右兩根尾毛已開始脫離外骨骼



亞成蟲蛻下的殼

評語

040724 高中組生物科 第三名

躲什麼—探討蜚蠊的棲所

1. 實驗設計及研究方法具創意。
2. 能自行製作研究器材。