

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國中組

生物科

科別：生物科

組別：國中組

作品名稱：溼地蜻蛉知多少？

關鍵詞：末齡水蠶、直腸鰓、下唇口器

編號：030307

學校名稱：

高雄市立陽明國民中學

作者姓名：

黃信端、張珮璇、蘇偉哲、黃美勳

指導老師：

張鳳琴、紀威宇



摘要

本研究經一年多努力調查烏松溼地，發現蜻蛉目中均翅亞目有一科 2 種及不均翅亞目有三科 14 種。過程中先了解蜻蜓生理構造外，再完成霜白蜻蜓生活史。不僅發現飛行領域明顯，且停棲時其翅膀及腹部角度都會隨著光照強度而改變。

蜻蛉目稚蟲鑑定以蜻蜓稚蟲為限；鑑定特徵以下唇口器、觸角、跗節、腹部的側棘數、背棘數等外部型態為主，完成不均翅亞目中 4 科 9 種的簡易分類圖及檢索表，並比較靜水域與流水域中的蜻蜓水蠶其呼吸器官差異，發現除粗鉤春蜓為鰓狀形直腸鰓外，其餘多屬重複形直腸鰓，直腸鰓數目共 6 列，且鰓瓣形狀可分圓、尖細及羽狀形三種。

進行蜻蛉分類後，發現在第一、二冊（光復版）自然與生活科技的課本中均有錯誤，第一冊第 143 頁，圖 5-11 應是豆娘水蠶，並非蜻蜓水蠶；第二冊第 13 頁，圖 1-8 也有誤，非由雄性將精子送至雌體內，而是雌蜻蛉將尾部移至雄蜻蛉第二腹節進行交尾。因時間有限，所獲水蠶種類雖不多，但在九種水蠶中，除勾蜓科外就擁有四科，實屬不易，故水蠶雖少，但不均翅目均俱全。

壹、研究動機

在（一上）自然與生活科技（光復版）課本中，提到在溪流生態系中，水蠶以其扁平的身體來適應環境，為進一步了解蜻蜓成蟲及稚蟲種類，在初步搜尋相關資料後，發現有關蜻蜓及水蠶的研究資料太少，因此在老師指導下先進行濕地公園戶外調查蜻蛉目種類及飛行與領域行為，並採集末齡水蠶到室內飼養，觀察其羽化並與成蟲進行比對建檔。

貳、文獻探討

（一）台灣已知的蜻蛉目（Odonata）昆蟲目前有 14 科 78 屬 143 種（汪，2000），且大部分都是以成蟲的形態作為鑑定依據；很少是以稚蟲來鑑定，主要是因為稚蟲的生活史長且種類不同，齡期、外型和體色也不太一樣，故在田野中要以稚蟲直接判斷其種類較不容易。稚蟲期在維護自然界的生態平衡和物質循環也有重要作用，但是在稚蟲方面的研究卻比較少，目前國內尚未有完整的蜻蛉目稚蟲型態與鑑定的資料及相關研究。

（二）日本昆蟲分類學中有提到蜻蜓稚蟲直腸鰓構造，包括了五種形式：（1）波狀型（2）重

複型 (3) 葉狀型 (4) 乳頭葉狀型 (5) 鰓狀型 (石田昇三等, 1988)。

(三) 所謂蜻蜓 (dragonfly) 為一般人對蜻蛉目 (Odonata) 昆蟲的俗稱, 是日常生活中最常於水邊所發現的昆蟲之一, 蜻蜓的生活史可說是橫跨了水生及陸生兩個區域, 就生態環境而言, 蜻蜓可說是良好的環境指標昆蟲; 就種類而觀, 台灣的蜻蜓種類多、色澤、型態差異大, 因而頗具有觀賞價值。

參、研究目的

- 一、調查鳥松濕地蜻蛉目昆蟲種類
- 二、觀察研究濕地蜻蜓飛行與領域的行為
- 三、觀察研究蜻蜓翅膀角度變化與光度的關係
- 四、分辨雌雄蜻蜓水蠶的生理構造
- 五、觀察研究蜻蜓的食性與生活史
- 六、不同環境中水蠶的分類關係
- 七、觀察研究水蠶的呼吸方式及其呼吸器官的異同

肆、研究設備器材

- 一、實驗器材：複式顯微鏡、解剖照相顯微鏡、數位照相機 (Nikon coolpix 995、Ricoh rr30)、相機翻拍架、檯燈、光度計、教材提示機、電視、錄影機、燒杯、鑷子、捕蟲網、解剖剪、解剖針、大頭針、培養皿、載、蓋玻片、標本瓶、70 % 及 90% 酒精、昆蟲飼養箱、打氣裝置。
- 二、實驗材料：水蠶 (不定期至鳥松濕地及屏東縣雙流溪捕撈)、水蠶的食物 (絲蚯蚓、小蝌蚪、孑孓、小魚苗等)。



高雄縣鳥松濕地 (採集地點)



屏東縣雙流溪 (採集地點)

伍、研究過程與方法

一、調查記錄鳥松濕地蜻蛉目種類

- (一) 利用假日攜帶數位相機、捕蟲網、昆蟲箱等器材到鳥松濕地不定點採集蜻蛉目的昆蟲種類，每種種類各捉取二隻並將捕捉到的蜻蛉以夾鏈袋保存，帶回實驗室。
- (二) 利用蜻蛉圖鑑與採集蜻蛉目昆蟲種類進行比對並紀錄之。
- (三) 再將每種類各一隻放入冰箱冷凍室 15 分鐘，待其死亡後製作標本並標示名稱，隨即拍照記錄存檔，各種另一隻蜻蛉則再放回鳥松濕地。

二、觀察研究濕地蜻蛉飛行與領域的行為

時間：民國九十二年三月二十九日、四月十九日、五月三日，每日早晨六點三十分至傍晚六點三十分整。

- (一) 每隔半小時繞行鳥松濕地公園中沈砂池與小池的周圍一圈，觀察紀錄蜻蛉出現種類與數目，並分別記錄蜻蛉飛行高度、飛行路徑、停棲地點。
- (二) 從清晨六時三十分觀察到當天傍晚六時三十分，共計 12 小時，我們將二小時劃分為一時段，以紀錄濕地蜻蛉的出現數目有無時間上的變化。
- (三) 將濕地蜻蛉的停棲地點分為：水邊石頭、草地、水邊雜草枯枝及樹木枝頭這四種地點來加以區分。
- (四) 將每次觀察記錄總計 25 次的所得資料帶回學校用電腦進行繪圖及數據分析，並以平均數表示之。
- (五) 記錄各項項目如下：
 - 1、出現種類及數目：依據研究方法一調查記錄的鳥松濕地蜻蛉種類。
 - 2、飛行高度：將蜻蛉飛行高度分為高、中、低三種，在記錄者（身高 158 公分）水平視線以上分為高高度（158 公分以上），眼睛至腰部的水平範圍內為中高度（110-158 公分），腰部以下範圍分為低高度（110 公分以下）。
 - 3、飛行路徑：觀察記錄的過程中，將所發現的蜻蛉飛行路徑直接畫於記錄表中。
 - 4、停棲地點：將停棲地點各分為草地、樹木枝頭、水邊雜草或枯枝及水邊的石頭。

三、觀察研究蜻蛉翅膀角度變化與光度節的關係

- (一) 攜帶光度計及相機至烏松濕地，在選擇好蜻蜓的停棲的地點後，待蜻蜓停下來休息時，趕快拍攝照片，並記錄當時的光度。
- (二) 並依蜻蜓停棲的姿勢不同，進行不同姿勢的拍攝及紀錄各不同姿勢時的光度。
- (三) 將拍攝好的照片帶回實驗室整理，並以繪圖軟體將蜻蜓停棲時翅膀與背部的角度推估出來，記錄光度與翅膀角度的關係。

四、分辨雌雄蜻蜓的生理構造

- (一) 先找尋資料，初步依生理構造分辨蜻蜓成蟲與稚蟲的雌雄性別。
- (二) 將捉到的蜻蜓先分雌雄後，帶回實驗室，以相機近拍其器官及其型態構造，對照圖鑑後記錄之（本研究以霜白蜻蜓-中印亞種為主）。

五、觀察研究蜻蜓的食性與生活史

- (一) 室內飼養：

1. 飼養箱的佈置：準備四個昆蟲箱，靜水域與流水域的水蘊分開飼養，以貝殼砂鋪底 3-5 公分，放入由棲地所帶回來的原水約 8 公分，並放入幾顆石頭及水苔及雜草枯枝等，讓水蘊有隱蔽的空間。飼養箱的水，固定於每星期換水三分之一，水的來源為放置一星期的地下水（曝氣作用），蓋上網子，以防蜻蜓羽化後飛走。
2. 食物的供給：將濕地所捕撈的水生昆蟲，放入飼養箱，並於每星期固定放入約 20 公克的絲蚯蚓，當作水蘊的固定餌料；另以水苔布置一餌料箱，以延長絲蚯蚓的存活天數。

- (三) 將在濕地所捕捉到有帶卵的母蜻蜓，帶回實驗室觀察，並記錄卵產入水中的日期、孵化時間、蛻殼記錄、羽化時間等，並於蜻蜓的成長各階段拍照記錄，霜白蜻蜓（中印亞種）為觀查對象，完成其生活史。
- (四) 成長記錄：每日早上 8 點 20 分及下午 5 點，記錄箱內水溫及水蘊生長過程（包括脫殼、死亡、長大），於每星期一固定量體長並記錄之。



六、研究不同環境中水蠶的分類關係

採樣點的選擇：選擇較無污染的環境為主，並以流水域及靜水域為區分，靜水域棲地以高雄縣鳥松濕地公園中的沈砂池與小池為主，流水域棲地以屏東縣雙流溪公園中游瀑布緩流地區為主。

- (一) 樣本的採集：每三個月進行靜水域及流水域各一次水蠶的採集，以捕蟲網以不同捕撈方式（底部捕撈、水草邊捕撈、石礫堆捕撈等）所採集到的水蠶裝入放有雜草、樹枝等遮蔽物（防止水蠶自相殘殺）中的採集箱後帶回。
- (二) 標本的處理：將浸漬標本先以 90%的酒精清洗體表污物，在將清洗後的標本放入裝有 75%酒精的標本瓶中。
- (三) 水蠶的人工飼養：如研究方法五-（一）。
- (四) 羽化後的水蠶與成蟲對照：將羽化後之蜻蜓與其水蠶殼拍照存檔，若有羽化不成功之蜻蜓，則待其死亡後放入裝有 70%酒精的標本瓶中保存；並依蜻蜓的成蟲體色、體型特徵，對照圖鑑記錄之。
- (五) 進行蜻蛉目的簡易檢索及分類：將各種類羽化後的水蠶殼置於解剖顯微鏡下觀察，依其特徵進行細部拍照，拍照的部位分別為下唇、觸角、側脊數與背脊數等重要分類特徵；再將成蟲配對後的蜻蛉科別，依照不同的型態特徵找出不同科別間的關係，並製作出簡易的檢索分類表。

七、觀察水蠶的呼吸方式及其呼吸器官的異同

- (一) 將蜻蜓水蠶與豆娘水蠶放在裝有水的小型昆蟲箱中，觀察其游動方式及在水中呼吸的方式，並記錄之。
- 二 將水蠶先以酒精浸泡，再放置於裝有水的培養皿中，以探針及解剖針進行解剖，觀察其呼吸器官的構造（包括氣管、直腸腮特徵及鰓瓣形狀），並至於解剖照相顯微鏡下拍

攝呼吸器官的照片，進一步比對不同種及不同棲地水蠶間呼吸器官的差異。

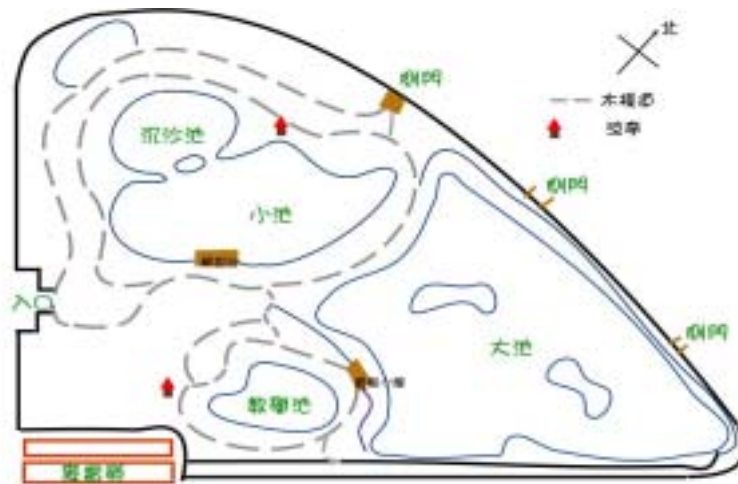
陸、研究結果

一、調查鳥松濕地蜻蛉目昆蟲種類（採樣地點圖一）

（一）根據我們實地調查，發現鳥松濕地的蜻蜓（Anisoptera，不均翅亞目）共有 14 種：

實際拍攝到的有十一種：猩紅蜻蜓、粗腰蜻蜓、杜松蜻蜓、薄翅蜻蜓、彩裳蜻蜓、粗鉤春蜓、長鋏晏蜓、褐斑蜻蜓、黃紉蜻蜓、霜白蜻蜓（中印亞種）及大華蜻蜓（圖二）；其他三種為善變蜻蜓、紫紅蜻蜓及麻斑晏蜓。

（二）在濕地中發現的豆娘（Zygoptera，均翅亞目）種類共有二種：青紋細蟪及紅腹細蟪（圖三）。



圖一、鳥松濕地地形圖

			
猩紅蜻蜓	粗腰蜻蜓	薄翅蜻蜓	彩裳蜻蜓
			
杜松蜻蜓	黃紉蜻蜓	粗鉤春蜓	長缺晏蜓
			
褐斑蜻蜓	褐斑蜻蜓 (未熟)	霜白蜻蜓-中印亞種 (未熟)	大華蜻蜓

圖二、鳥松濕地蜻蜓種類



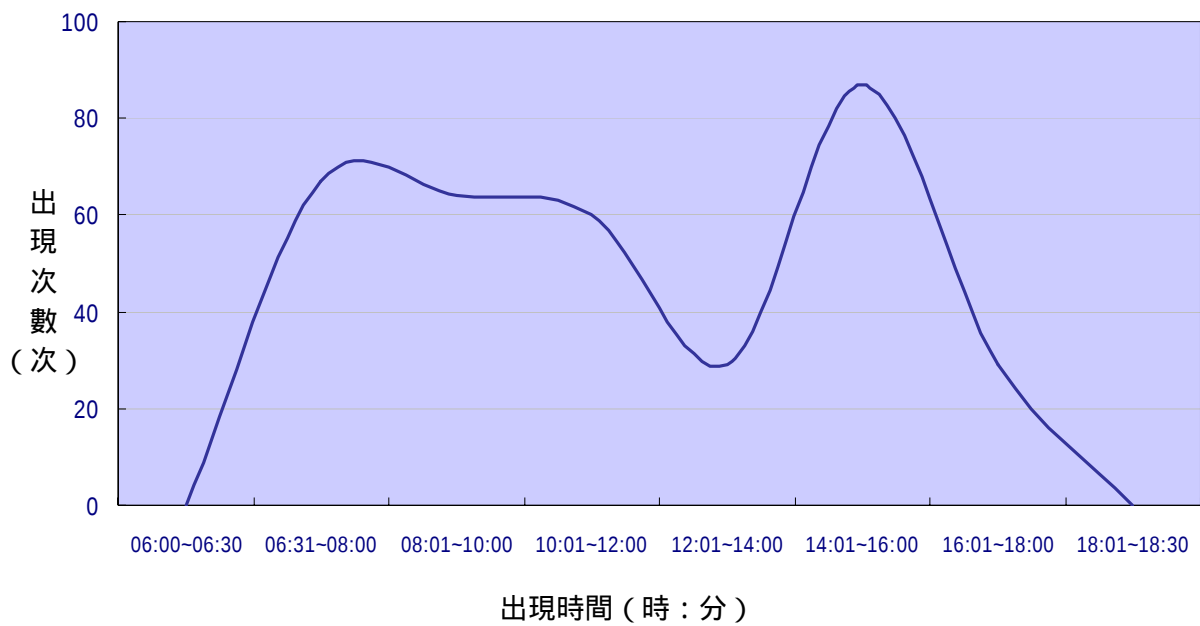
圖三、鳥松濕地豆娘種類

二、濕地蜻蜓飛行與領域的行為

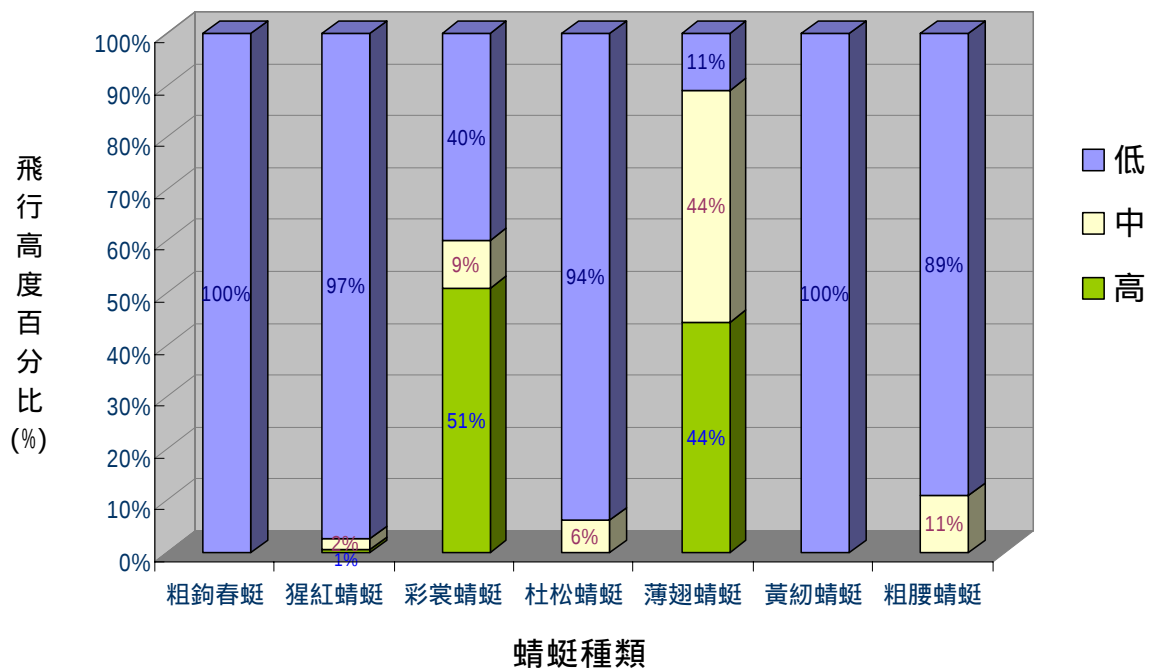
（一）溼地蜻蜓每日飛行高度與出現時間關係（如表一）。

表一、各種蜻蜓飛行高度與出現時間表

種類	時間 高度	06:00~ 08:00	08:00~ 10:00	10:00~ 12:00	12:00~ 14:00	14:00~ 16:00	16:00~ 18:00	出現 次數
粗鉤 春蜓	低	3	5	2	4	4	3	21
	中	0	0	0	0	0	0	0
	高	0	0	0	0	0	0	0
猩紅 蜻蜓	低	31	22	0	0	78	23	154
	中	0	4	0	0	0	0	4
	高	1	0	0	0	0	0	1
彩裳 蜻蜓	低	5	11	21	8	1	1	47
	中	0	3	8	0	0	0	11
	高	23	5	20	11	1	0	60
杜松 蜻蜓	低	2	6	2	1	2	2	15
	中	0	0	1	0	0	0	1
	高	0	0	0	0	0	0	0
薄翅 蜻蜓	低	1	0	0	0	0	0	1
	中	0	0	0	4	0	0	4
	高	0	0	3	1	0	0	4
黃紉 蜻蜓	低	0	2	1	0	1	0	4
	中	0	0	0	0	0	0	0
	高	0	0	0	0	0	0	0
粗腰 蜻蜓	低	1	6	1	0	0	0	8
	中	0	0	1	0	0	0	1
	高	0	0	0	0	0	0	0
出 現 次 數		67	64	60	29	87	29	



圖四、蜻蜓每日出現數量與時間關係圖



圖五、各蜻蜓飛行高度百分比圖

- 1、由表一中發現最活潑的種類是猩紅蜻蜓（出現 159 次），彩裳蜻蜓（出現 118 次）次之。數量最少的是黃紉蜻蜓，（出現 4 次）。

2、濕地蜻蛉一天中不同時間出現數目的變化

- (1) 由圖四發現，在上午三時段蜻蛉出現次數約 60~67 次左右，到中午十二點到下午兩點，出現次數少了一半（29 次），到下午二到四時，出現數目達高峰（87 次），但到下午四到六時，出現次數又急遽下降（29 次）。
- (2) 由表二可發現蜻蛉在每日中午十二時到下午二時，數量有明顯下降的趨勢，可能因為中午時候光度較強，需躲避強光。
- (3) 我們將其飛行高度所出現的數量除以總出現數，可得各種蜻蛉飛行高度的百分比（如圖五），發現到濕地蜻蛉飛行時的高度也因種類而異；低空飛行者：有粗鉤春蜓、猩紅蜻蛉、彩裳蜻蛉、杜松蜻蛉、黃紉蜻蛉及粗腰蜻蛉，所佔百分比都在 40% 以上；較高飛行：有彩裳蜻蛉與薄翅蜻蛉，區分百分比各為 51% 及 44%，其中彩裳蜻蛉飛行高度的區分較不明顯，因為發現彩裳蜻蛉飛行方式是上上下下，無特別偏高或偏低。

（二）濕地蜻蛉停棲地點分佈（表二）

表二、濕地蜻蛉停棲地點分佈表

蜻蛉種類 停棲次數 停棲地點	粗鉤 春蜓	猩紅 蜻蛉	彩裳 蜻蛉	杜松 蜻蛉	薄翅 蜻蛉	黃紉 蜻蛉	粗腰 蜻蛉
水邊石頭	0%	0%	0%	6%	0%	0%	43%
草地	69%	15%	17%	38%	0%	0%	57%
水邊雜草枯枝	31%	84%	60%	50%	11%	100%	0%
樹木枝頭	0%	1%	23%	6%	89%	0%	0%
總出現次數	16	119	82	16	9	4	7

1. 由停棲地點分佈表（表二）發現不同種類的蜻蛉，各有喜好的停棲場所，其飛行方式也有不同。
2. 蜻蛉會因佔據領域方式的不同，分停棲式、巡弋式及盤旋式三類。依調查發現濕地蜻蛉停棲地點分四種：有水邊石頭、草地、水邊雜草枯枝及樹木枝頭四種

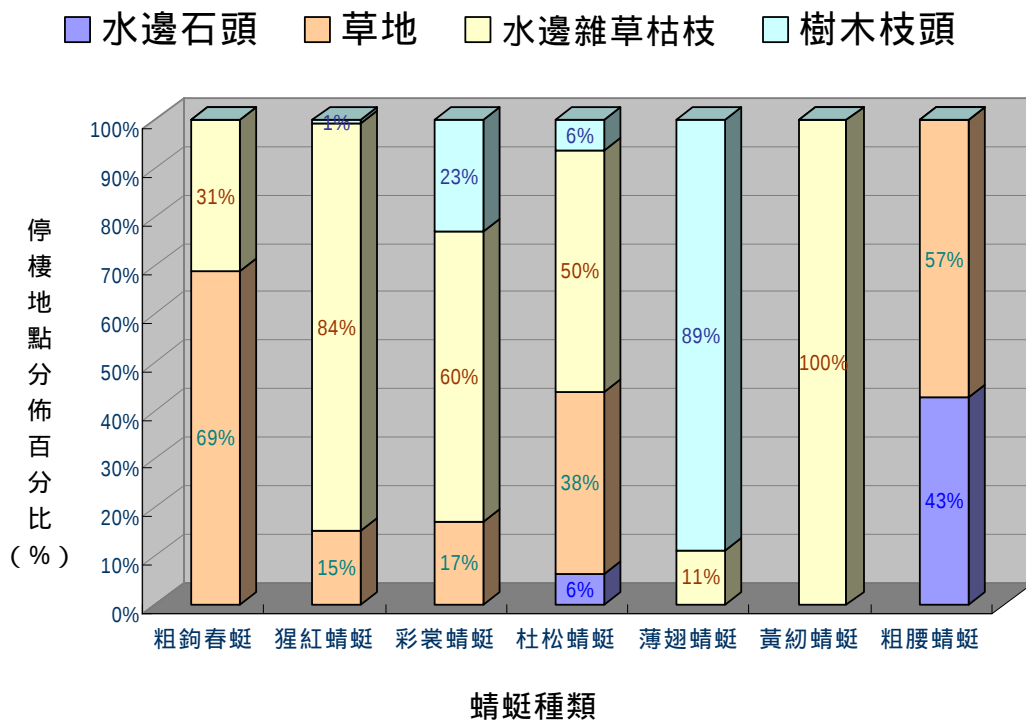
- (1) 停棲草地及水邊雜草枯枝者：以粗鉤春蜓、猩紅蜻蛉、彩裳蜻蛉及杜松蜻

蜓的停棲多。

(2) 停棲地點比較高的種類：有彩裳蜻蜓及薄翅蜻蜓，其停棲地點為樹木枝頭。

(3) 停棲在較低地點的種類：有杜松蜻蜓和粗腰蜻蜓，停棲地點為水邊的石頭，黃紉蜻蜓則發現會選擇在水邊雜草枯枝停棲。

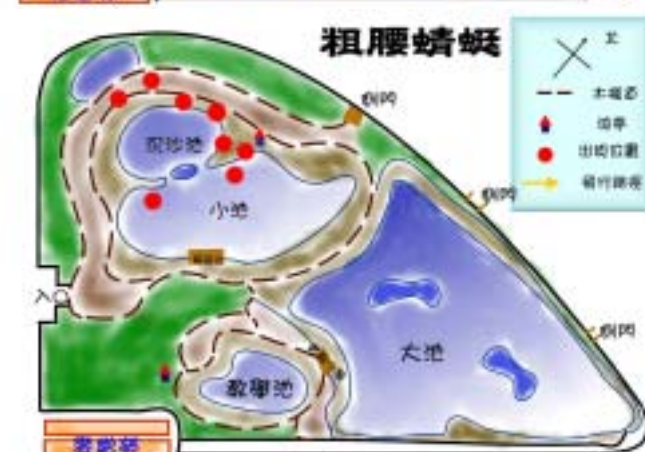
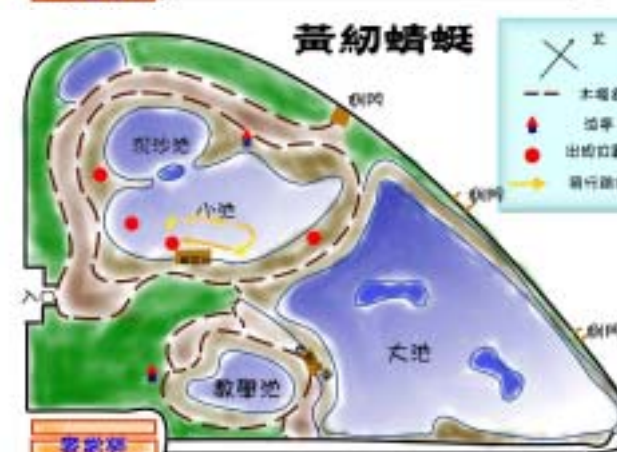
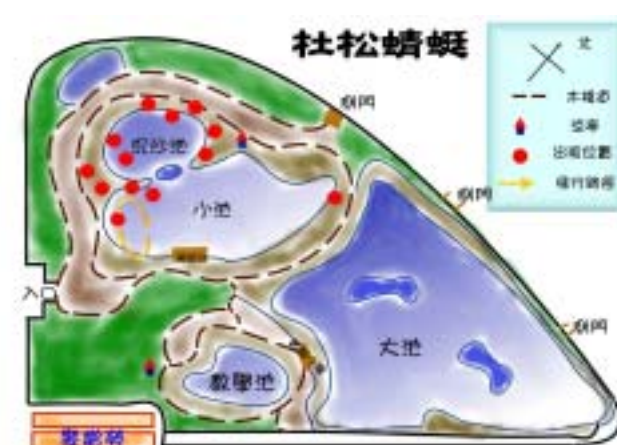
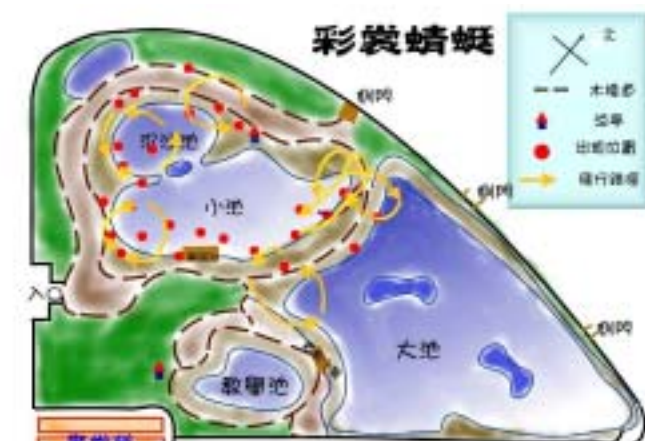
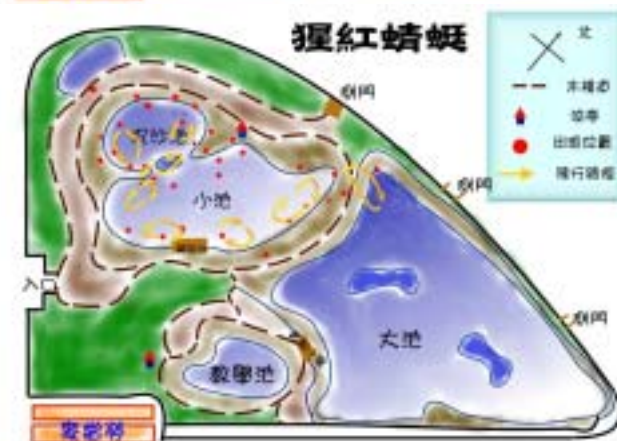
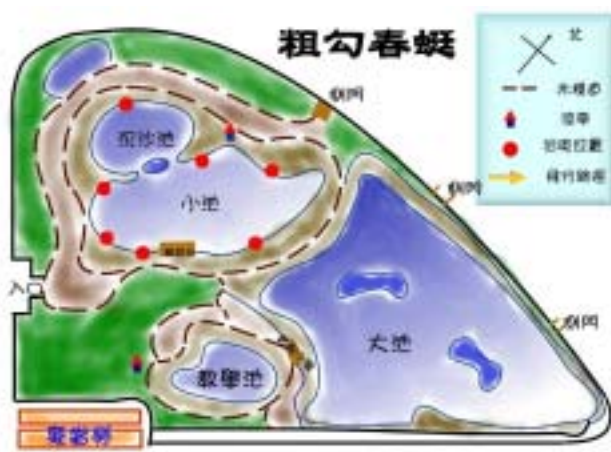
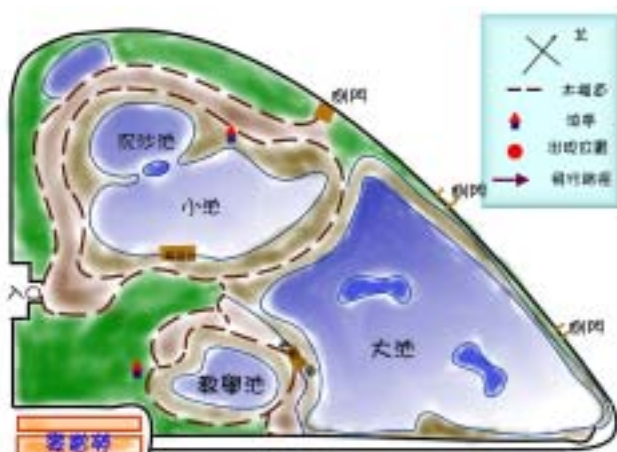
3. 將各種蜻蛉在不同停棲地點所出現的數量百分比中發現（如圖六），粗鉤春蜓、猩紅蜻蜓、彩裳蜻蜓及杜松蜻蜓的停棲地點以草地及水邊雜草枯枝居多，所佔百分比皆在 15% 以上，而停棲地點會比較高的種類有彩裳蜻蜓及薄翅蜻蜓，其停棲地點為樹木枝頭，所佔百分比各為 23% 及 89%；另外習慣停棲在較低地點的有杜松蜻蜓和粗腰蜻蜓，其停棲地點為水邊的石頭，所佔百分比為 6% 及 43%；而黃紉蜻蜓所觀察到的結果只發現會選擇在水邊雜草枯枝停棲。



圖六、各種蜻蜓停棲地點分佈百分比圖

(三) 濕地蜻蜓棲地飛行路徑圖（圖七）：

- 1、 **飛行範圍分佈最廣泛的：**有粗鉤春蜓、猩紅蜻蜓、彩裳蜻蜓，在沈沙池及小池，均有其蹤跡；杜松蜻蜓其飛行範圍則集中在沈沙池周圍，黃紉蜻蜓分佈在小池南邊、粗腰蜻蜓則分佈在沈沙池北邊，薄翅蜻蜓是發現分佈最稀少的種類。



圖七、濕地蜻蜓棲地飛行路徑圖

2、飛行路徑與蜻蛉領域的分佈的關係：發現飛行路徑與蜻蛉領域的分佈有直接的關係，因為蜻蜓除了覓食外，若有其他蜻蜓侵入其領域，所在地的蜻蜓則會與入侵者發生追逐爭鬥的行為，其中我們發現猩紅蜻蜓、杜松蜻蜓及黃紉蜻蜓會很積極的將入侵者趕走，而彩裳蜻蜓飛行範圍廣，不過卻發現它極少與其他蜻蜓發生爭鬥追趕的現象。

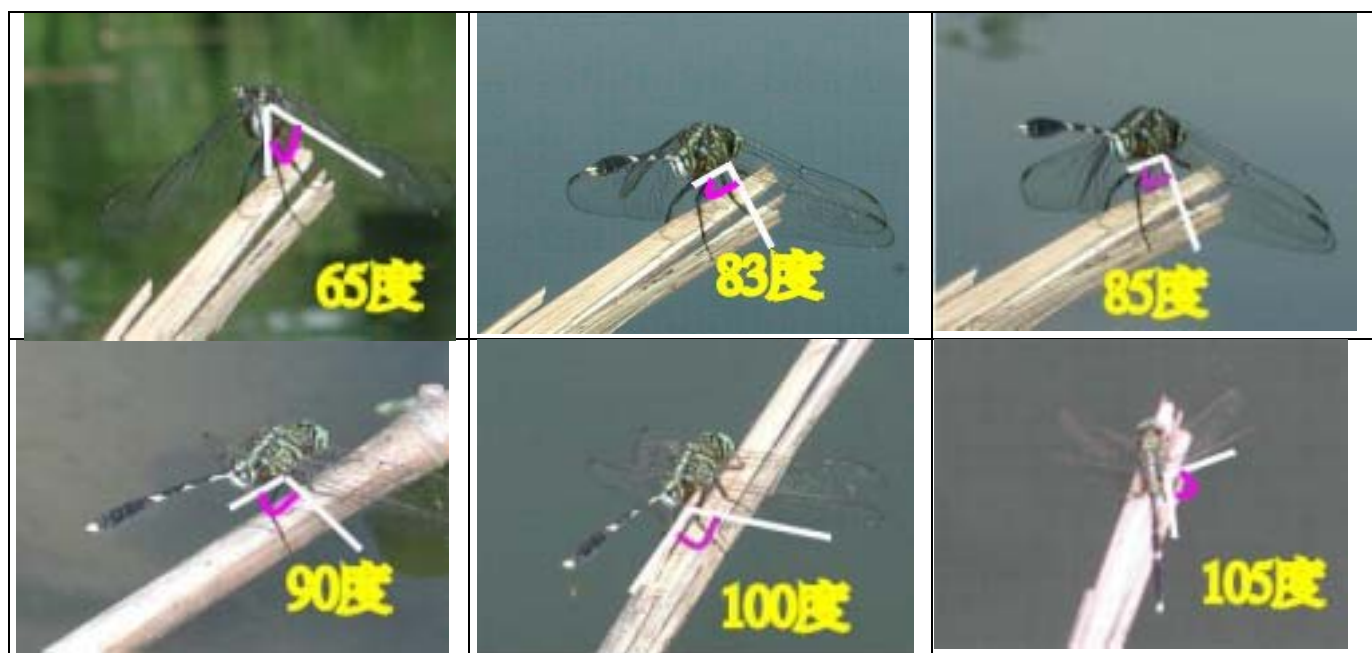
三、觀察研究蜻蜓翅膀角度變化與光度的關係

（一）蜻蜓翅膀夾角與光照強度對照表（表三）

表三、蜻蜓翅膀夾角與光照強度對照表

翅膀夾角 (度)	65	83	85	90	100	105
光照強度 (uw/cm^2)	786	903	913	941	1078	1124

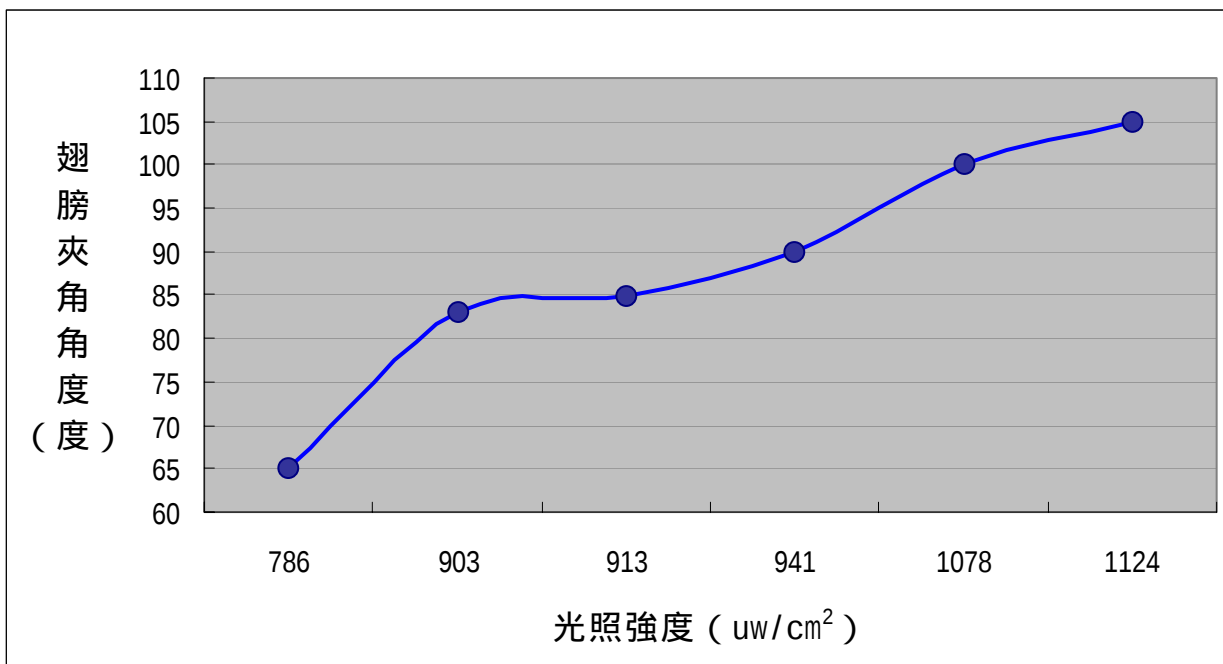
（二）蜻蜓翅膀夾角與光照強度對照圖（圖八）



圖八、蜻蜓翅膀夾角與光照強度對照圖



圖九、蜻蜓尾部角度變化圖（粗鉤春蜓）



圖十、蜻蜓翅膀夾角與光照強度關係圖

- 1、蜻蛉的種類為變溫動物，為了防止過度被太陽曝曬及避免體溫散失，牠們停棲時姿勢會隨著光度而變化著。
- 2、由表四得知，當光照強度愈小時，蜻蜓翅膀的夾角度數也越小，因牠們的翅膀垂下時，可將胸部遮住，避免因空氣流動帶走太多的熱能，以保持體溫（如圖八）。
- 3、由圖九可發現當陽光越來越強時，蜻蜓的身體及尾巴會朝著太陽的方向移動。
- 4、由圖十可發現蜻蜓翅膀夾角的變化與光照度成正相關。

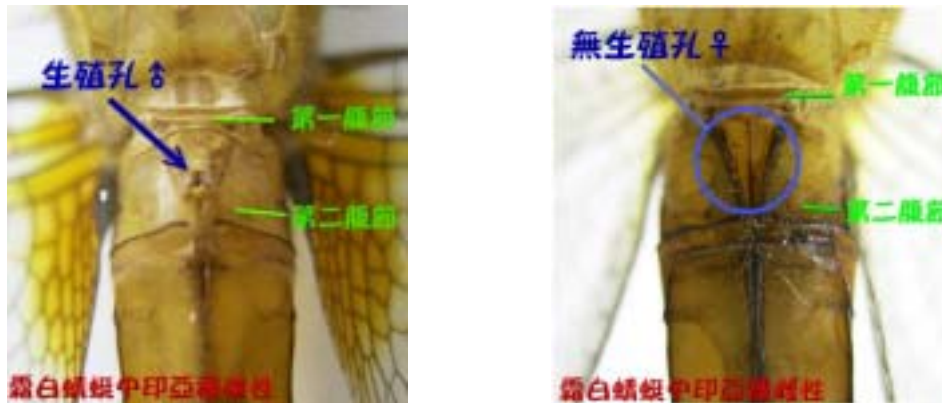
四、雌雄蜻蜓的不同型態及構造（如圖十一）

（一）蜻蜓的各部位器官構造圖，霜白蜻蜓-中印亞種（未熟）。



圖十一、霜白蜻蜓-中印亞種各部位器官構造圖

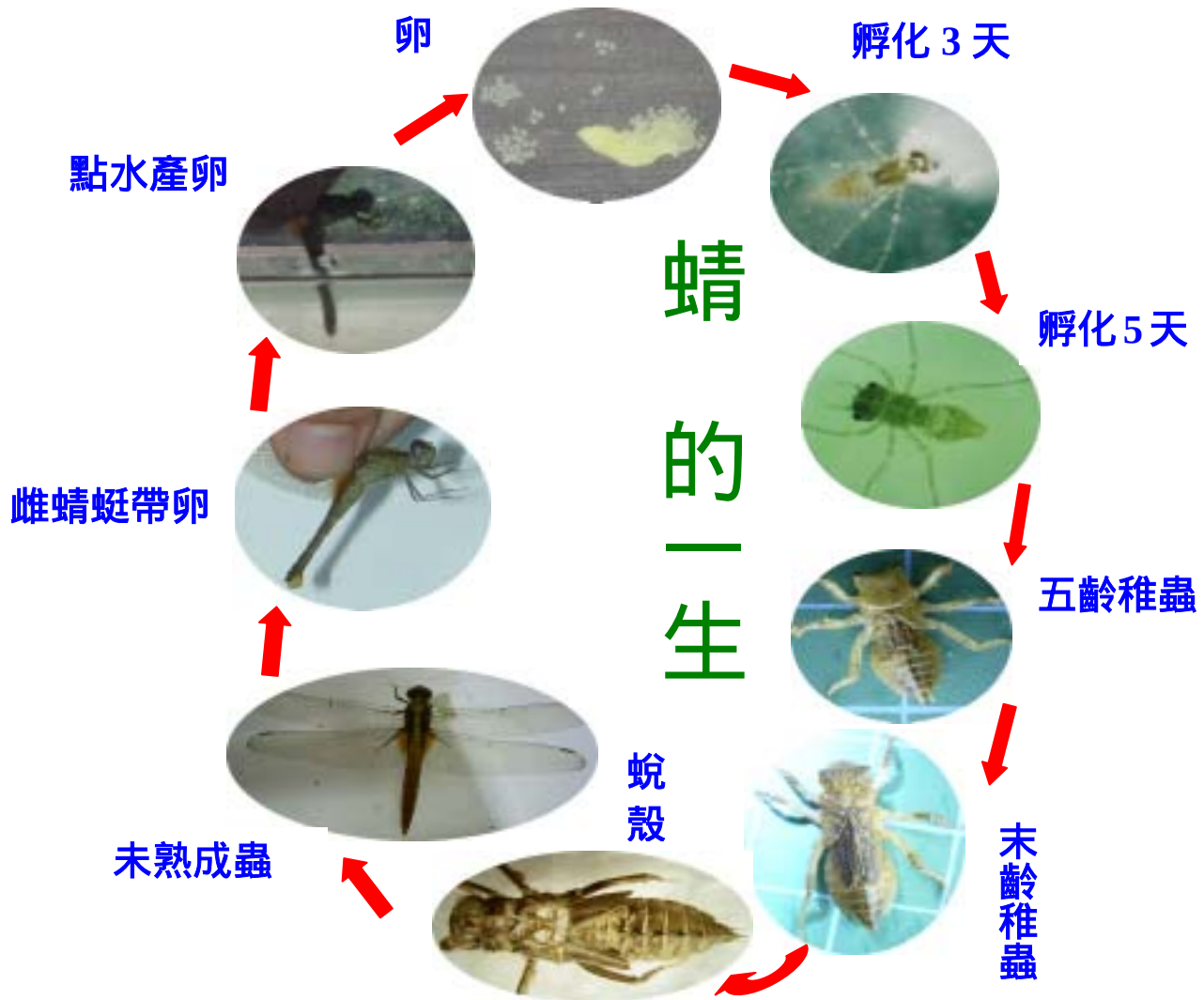
(二) 蜻蜓雌、雄的型態的分辨，結果如圖十二。



圖十二、霜白蜻蜓-中印亞種雌雄構造比較圖

1. 雄的雄蜻蜓在胸部下第二腹節有交配器，雌的則無。

五、觀察研究蜻蜓的食性與生活史 (圖十三)



圖十三、霜白蜻蜓-中印亞種生活史

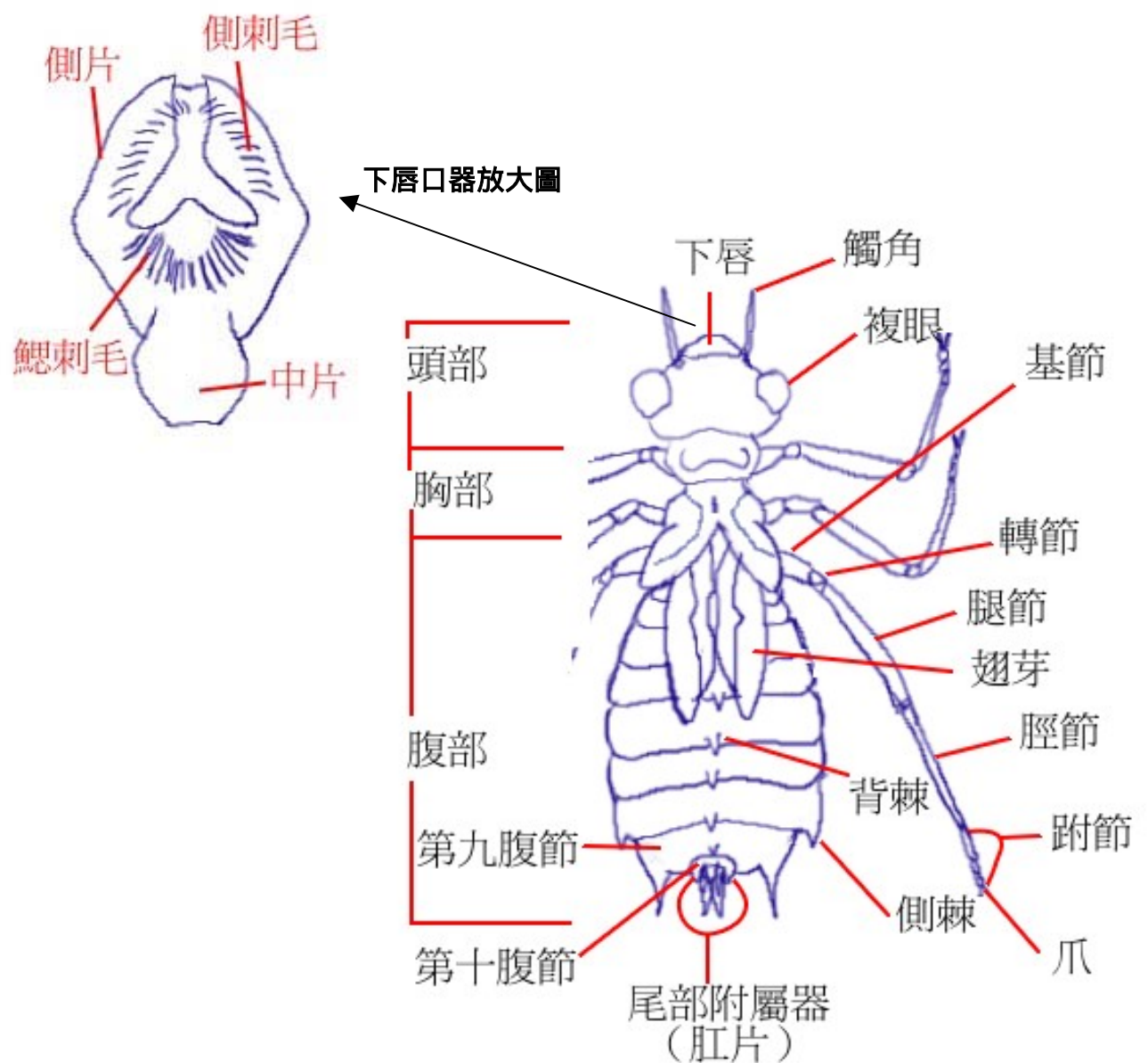
(一) 蜻蜓水蠶的食性：

蜻蜓水蠶屬肉食性，喜歡吃小蝌蚪、小魚苗、絲蚯蚓、孑孓、大肚魚、小蝦虎等。

(二) 蜻蜓生活史：(卵-稚蟲-成蟲) 屬於不完全變態昆蟲（圖十三）。

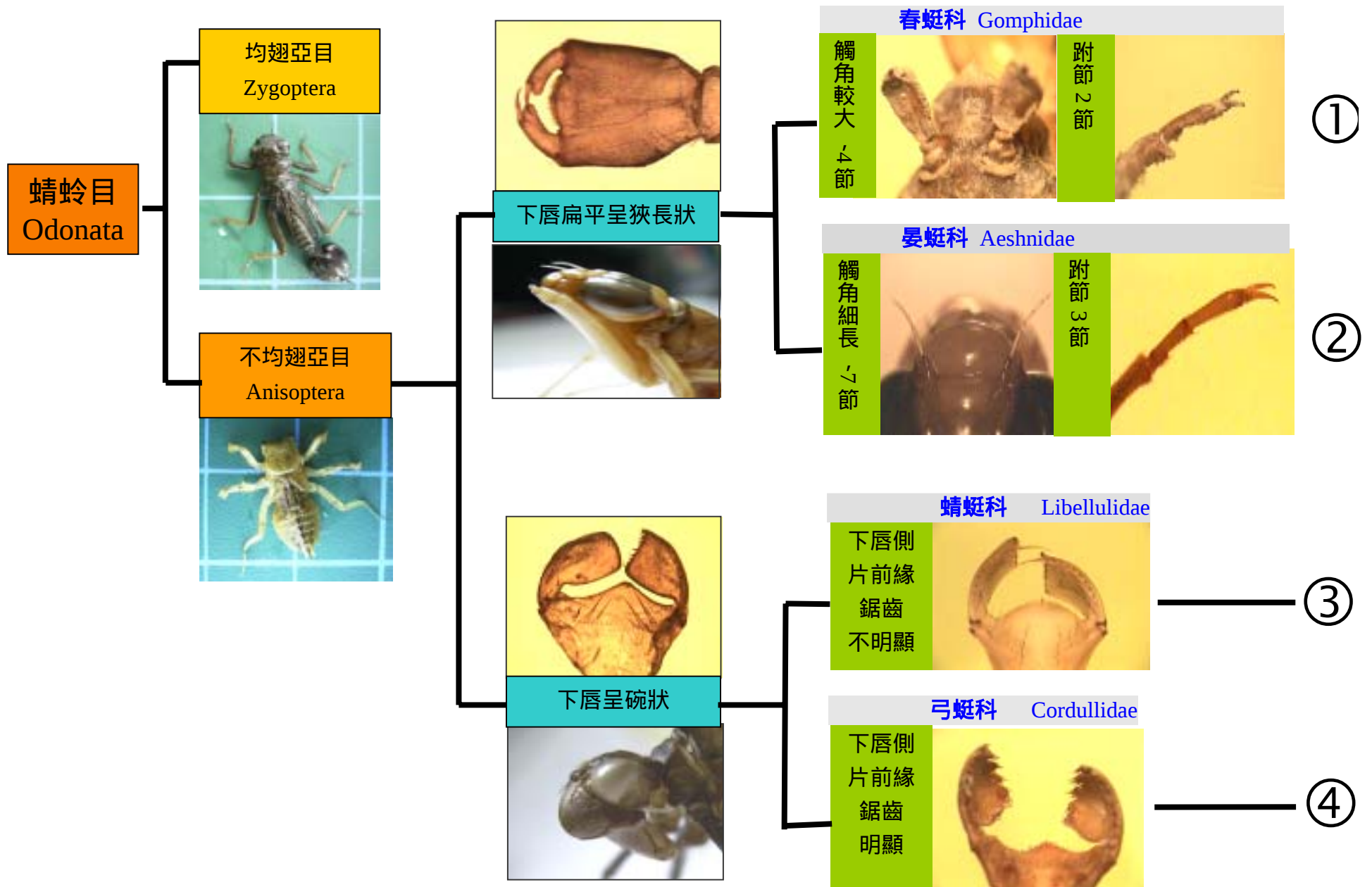
由卵孵化的稚蟲在淡水環境中度過大部分時間，喜歡吃水棲昆蟲或浮游生物，稚蟲蛻皮次數因種類而易，到末齡稚蟲才羽化成成蟲。

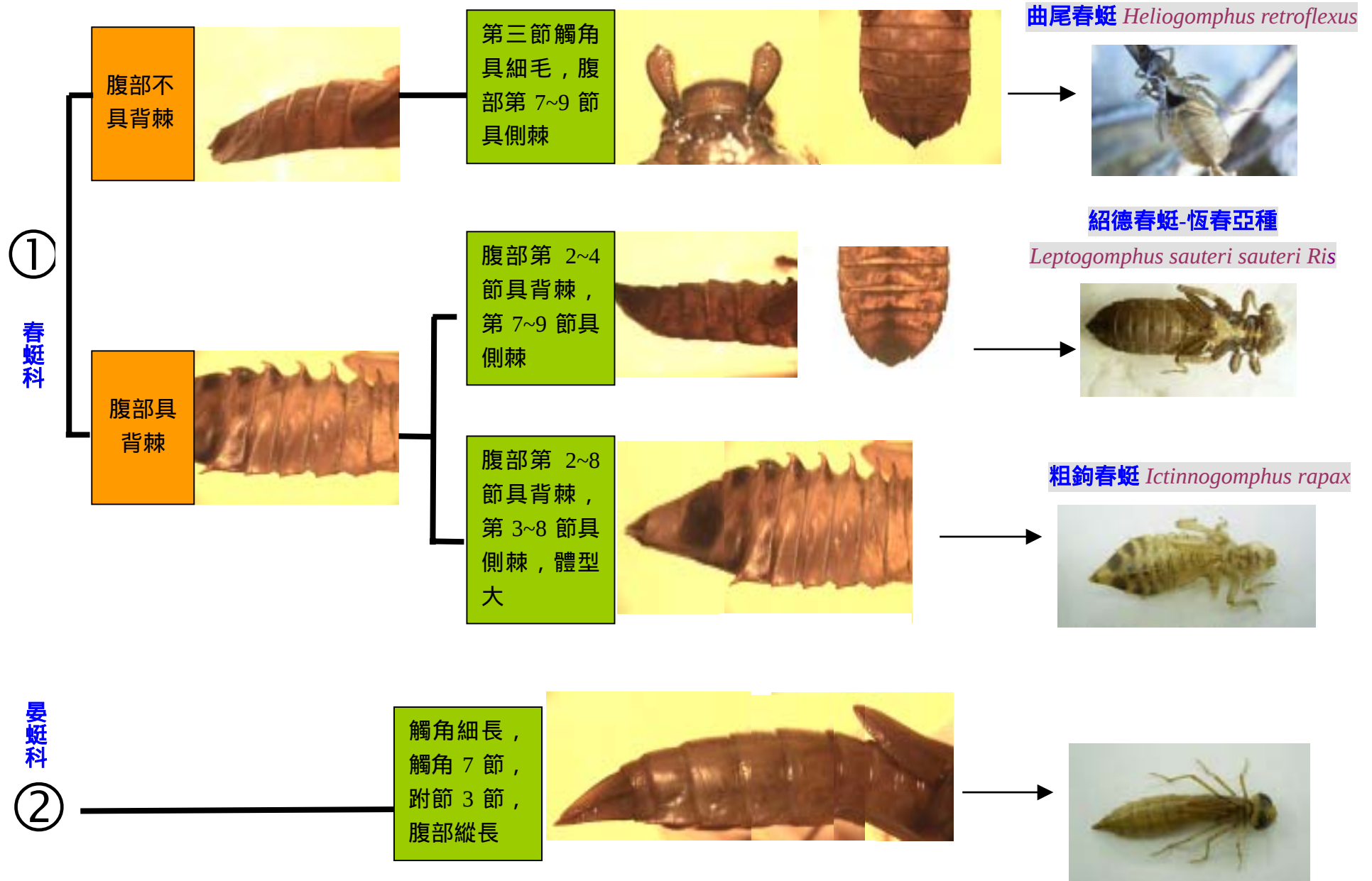
六、不同環境中的水蠶分類

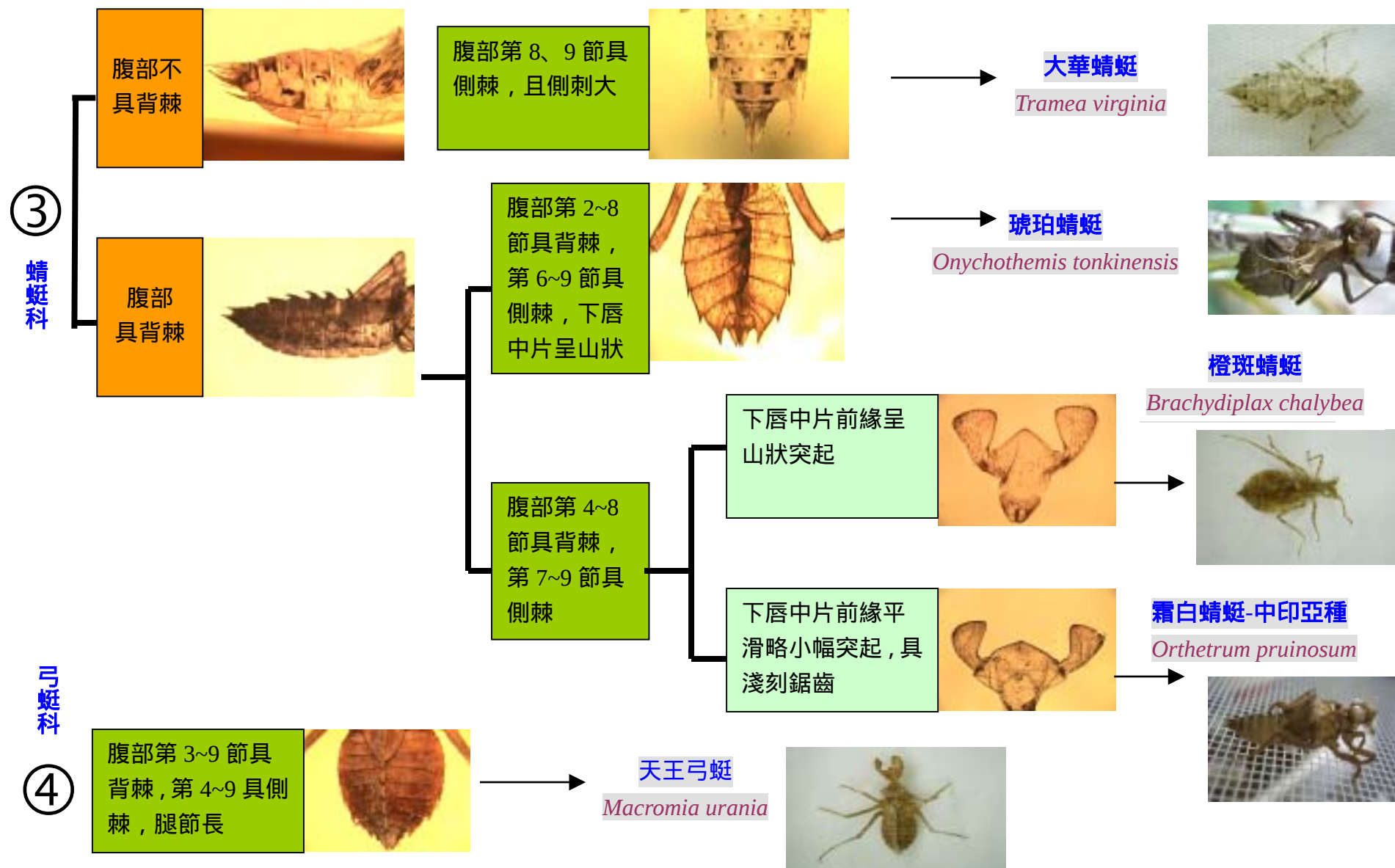


圖十四、蜻蜓水蠶構造圖

種類	稚蟲	成蟲	種類	稚蟲	成蟲
麻斑晏蜓			曲尾春蜓		
粗鉤春蜓			紹德春蜓 -- 恆春亞種		
大華蜻蜓			天王弓蜓		
橙斑蜻蜓			琥珀蜻蜓		
霜白蜻蜓 -- 中印亞種			圖十五 蜻蜓水蠶與成蟲配對關係圖		







圖十六、各種蜻蜓水虃分類圖（第 18 20 頁）

蜻蛉目在全世界有 29 個科將近 5800 種，分類學上屬動物界、節肢動物門、昆蟲綱、有翅亞綱、外生翅群中的一目(汪, 2000)，蜻蛉目(Odonata)又分為均翅亞目(Zygoptera)、間翅亞目(Anisozygoptera)及不均翅亞目(Anisoptera) 因種類繁多，故本研究只進行不同棲地的不均翅亞目分類。

(一) 將上述九種水蠶型態上的特徵進行簡易的科別分類後，再將九種蜻蛉依據分類特徵包括下唇、觸角、跗節、側脊數與背脊數等細分成各種別，而水蠶各部位特徵如圖十四。

二 將不同棲地所採集到的水蠶分開飼養並記錄，等到水蠶爬出水面羽化時，再將成蟲與圖鑑(汪, 2000)進行比對鑑定。作成九種不同棲地的水蠶與成蟲對照關係如圖十五。

鳥松濕地沈沙池與小池中，有五種蜻蛉羽化，分別是麻斑晏蜓、粗鉤春蜓、大華蜻蜓、橙斑蜻蜓及霜白蜻蜓(中印亞種)，屏東縣雙流溪緩流區，所採集到的水蠶有天王弓蜓等 5 種，而羽化的分別為曲尾春蜓、紹德春蜓(恆春亞種)及琥珀春蜓，。

三 將水蠶的下唇特徵分為兩大類，分類結果如圖十六。

1.將水蠶下唇扁平呈狹長狀及下唇圓弧呈碗狀兩種；其中下唇扁平呈狹長狀者在 9 種水蠶中佔 4 種。

2.再從這 4 種水蠶中又發現 3 種觸角較大且呈棒狀者，觸角的數目都為 4 節、跗節 2 節者；這 3 種水蠶都為春蜓科(Gomphidae)

3.另 1 種水蠶觸角呈細長狀者，觸角數目為 7 節、跗節 3 節者；再將觸角較大的水蠶對照，則觸角較細長的為晏蜓科(Aeshnidae)。

4.另外下唇圓弧呈碗狀的水蠶有 5 種，這 5 種水蠶中，發現其跗節都為 3 節，其中 4 種水蠶的下唇側片前緣鋸齒狀不明顯，這 4 種水蠶經對照都為蜻蜓科(Libellulidae)；另一種水蠶下唇側片前緣則呈明顯鋸齒狀，科別則為弓蜓科(Cordullidae)。

四 上述各項將不均翅亞目蜻蛉的科別，以外型分類特徵區分為春蜓科、晏蜓科、蜻蜓科及弓蜓科等四科，再將其型態特徵：上下唇形狀、觸角形狀及數目、腹部有否具背棘、背棘數、側棘數、下唇側片前緣鋸齒是否明顯等差異等進行簡易檢索表的製作；簡易科別檢索表如表四。

表四、九種蜻蜓水蠅簡易檢索表

1. 下唇扁平成狹長狀-----2
 下唇圓弧呈碗狀-----8
2. 觸角細長狀，觸角具 6~7 節，跗節 3 節，腹部縱長 -----[麻斑晏蜓](#)（晏蜓科）
 觸角呈棒狀，觸角具 4 節，跗節 2 節-----3
3. 腹部不具背棘-----4
 腹部具背棘-----5
4. 第三節觸角具細毛，腹部第 7~9 節具側棘 -----[曲尾春蜓](#)（春蜓科）
5. 腹部具丘狀突起-----6
 腹部不具丘狀突起-----7
6. 腹部第 2~4 節具背棘，第 7~9 節具側棘 -----[紹德春蜓-恆春亞種](#)（春蜓科）
7. 腹部第 2~8 節具背棘，第 3~8 節具側棘，體型大 -----[粗鉤春蜓](#)（春蜓科）
8. 下唇側片前緣鋸齒明顯-----9
 下唇側片前緣鋸齒不明顯 -----10
9. 腹部第 3~9 節具背棘，第 4~9 節具側棘，腿節長 -----[天王弓蜓](#)（弓蜓科）
10. 腹部不具背棘 -----11
 腹部具背棘 -----12
11. 腹部第 8、9 節具側棘，且側刺大 -----[大華蜻蜓](#)（蜻蜓科）
12. 腹部第 2~8 節具背棘，第 6~9 節具側棘，下唇中片呈山狀突起 -----[琥珀蜻蜓](#)（蜻蜓科）
 腹部第 4~8 節具背棘，第 7~9 節具側棘 -----13
13. 下唇中片前緣呈山狀突起 -----[橙斑蜻蜓](#)（蜻蜓科）
 下唇中片前緣平滑略小幅突起，具淺刻鋸齒 -----[霜白蜻蜓-中印亞種](#)（蜻蜓科）

七、觀察水蠶的呼吸方式及其呼吸器官的異同，結果說明如下：

（一）觀察水蠶呼吸方法與游泳結果比較結果（表五）

表五、蜻蜓與豆娘水蠶呼吸與游泳比較表

	蜻蜓水蠶	豆娘水蠶
游泳方式	腳往後擺，然後尾部噴出水前進	腳像青蛙一樣，有節奏但迅速的滑行前進
呼吸方式	以直腸鰓呼吸，但平時也經常舉起下腹部甚至有時高出水面	以特大的尾鰓呼吸，平時經常高舉尾鰓

（二）蜻蜓水蠶與豆娘水蠶在水中呼吸的方式

觀察蜻蜓水蠶及豆娘水蠶呼吸的方法及游泳的方法，記錄結果如表五，由表可輕易判斷蜻蜓與豆娘稚蟲的差別，豆娘尾部有三片尾鰓呈片狀，在水中移動時，以左右搖擺來前進的；而蜻蜓水蠶則具直腸鰓，直腸鰓位在腹節，其移動以吸、排水方式，往前噴射來移動的。

（三）蜻蜓水蠶棲息水域與直腸鰓構造的比較

1. 將烏松濕地靜水域的水蠶：麻斑晏蜓、粗鉤春蜓、大華蜻蜓、橙斑蜻蜓、霜白蜻蜓（中印亞種）五種，及屏東縣雙流溪流水域的水蠶：曲尾春蜓、紹德春蜓（恆春亞種）、天王弓蜓、琥珀蜻蜓四種。將這九種不同種類的水蠶進行解剖，觀察其直腸鰓構造棲地的與棲息水域的關係如表六。
2. 蜻蛉稚蟲直腸鰓構造比較可知，棲息在靜水域與流水域環境的蜻蛉末齡稚蟲，多是屬於重複型的直腸鰓，直腸鰓共有 6 列，並與主氣管相連，只有粗鉤春蜓是鰓狀型直腸鰓，且呈球形（圖十七）。

（四）蜻蜓水蠶棲息水域及鰓瓣形狀的比較

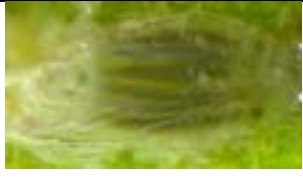
將上述九種水蠶進行直腸鰓的解剖，仔細觀察其鰓瓣形狀，其關係如下表七，

1. 由表發現靜水域環境的蜻蛉末齡稚蟲，其鰓瓣末端的形狀鰓瓣末端的形狀則有圓形（粗鉤春蜓）、尖細形（大華蜻蜓、橙斑蜻蜓、霜白蜻蜓-中印亞種）及羽毛形（麻斑晏蜓）三種。
2. 流水域環境的蜻蛉(不均翅亞目)末齡稚蟲，則有圓形（琥珀蜻蜓）及尖細形（曲尾春蜓、紹德春蜓-恆春亞種、天王弓蜓）二種，如圖十八。

(五) 蜻蜓水虻不同水域直腸鰓構造比較結果 (表六、圖十七)

表六、蜻蜓水虻不同水域直腸鰓構造比較表

水虻種類	棲息水域		直腸鰓構造	
	靜水域	流水域	重覆型	鰓狀型
麻斑晏蜓	*		*	
粗鉤春蜓	*			*
大華蜻蜓	*		*	
橙斑蜻蜓	*		*	
霜白蜻蜓 (中印亞種)	*		*	
曲尾春蜓		*	*	
紹德春蜓 (恆春亞種)		*	*	
天王弓蜓		*	*	
琥珀蜻蜓		*	*	

水蠶種類	直腸鰓特徵	說明	直腸鰓構造	說明
麻斑晏蜓		直腸鰓和主氣管及直腸末端連接。鰓呈長方形。		直腸鰓共有 6 列，屬重複型直腸鰓。
粗鉤春蜓		直腸鰓和主氣管及直腸末端相連，鰓呈球形。		直腸鰓排列較不規則，屬鰓狀型直腸鰓。
大華蜻蜓		直腸鰓和主氣管及直腸末端相連，鰓呈倒三角形。		直腸鰓共有 6 列，屬重複型直腸鰓。
橙斑蜻蜓		直腸鰓和主氣管及直腸末端相連，呈倒三角形。		直腸鰓共有 6 列，屬重複型直腸鰓。
霜白蜻蜓 (中印亞種)		直腸鰓和主氣管及直腸末端相連，呈倒三角形。		直腸鰓共有 6 列，屬重複型直腸鰓。
曲尾春蜓		直腸鰓和主氣管及直腸末端相連，呈倒三角形。		直腸鰓共有 6 列，屬重複型直腸鰓。
紹德春蜓 (恆春亞種)		直腸鰓和主氣管及直腸末端相連，呈倒三角形。		直腸鰓共 6 列，屬重複型直腸鰓。
天王弓蜓		與琥珀蜻蜓同，氣管多		直腸鰓共有 6 列，屬重複型直腸鰓。
琥珀蜻蜓		直腸鰓和主氣管及直腸末端相連接，鰓呈倒三角形。		直腸鰓共有 6 列，屬重複型直腸鰓。

圖十七、各種蜻蜓水蠶不同水域直腸鰓構造比較圖

(六) 蜻蜓水虻棲息水域及鰓瓣形狀比較結果 (表七、圖十八)

表七、蜻蜓水虻棲息水域及鰓瓣形狀比較表

水虻種類	棲息水域		鰓瓣形狀		
	靜水域	流水域	末端較圓	末端尖細	末端羽狀
麻斑晏蜓	*				*
粗鉤春蜓	*		*		
大華蜻蜓	*			*	
橙斑蜻蜓	*			*	
霜白蜻蜓 (中印亞種)	*			*	
曲尾春蜓		*		*	
紹德春蜓 (恆春亞種)		*		*	
天王弓蜓		*		*	
琥珀蜻蜓		*	*		

水薑種類	鰓瓣形狀特徵	說明
麻斑晏蜓		重複型鰓列，鰓瓣末端有羽毛狀分支。
粗鉤春蜓		鰓狀型鰓列，鰓瓣波浪狀重疊、較圓白色。
大華蜻蜓		重複型鰓列，鰓瓣前端淡紫色鱗片狀、末端較尖細透明。
橙斑蜻蜓		重複型鰓列，鰓瓣鱗片狀前端淡紫色，末端較尖半透明。
霜白蜻蜓 (中印亞種)		重複型鰓列，鰓瓣鱗片狀，前端淡紫色、末端較尖半透明。
曲尾春蜓		重複型鰓列，鰓瓣鱗片狀末端較尖深紫色。
紹德春蜓 (恆春亞種)		重複型鰓列，鰓瓣鱗片狀、紫色、前端較圓。

天王弓蜓		重複型鰓列，鰓瓣淡紫色，末端較尖。
琥珀蜻蜓		重複型鰓列，鰓瓣鱗片狀、前端較圓，白色。

圖十八、各種蜻蜓水蠶棲息水域及鰓瓣形狀比較圖

柒、討論與結論

經過一年多的努力，在組員的努力合作及老師指導和家長配合下，我們對**蜻蛉目昆蟲**不再陌生，每次看到空中飛翔的小飛機，除倍感親切外尚能叫出牠們的名字，對水蠶種類、呼吸方式及水中生活本領，感謝老師指導和家長、學校的配合，使得本次科展才能順利完成，也期盼評審們的鼓勵，讓我們更有信心繼續再進一步朝向對大自然新知探索邁進！現將重要研究結果敘述如下：

- 一、蜻蛉目的成員目前在全世界有 29 個科將近 5800 種，在分類學上屬於動物界、節肢動物門、昆蟲綱、有翅亞綱、外生翅群，由於種類繁多，故本研究只進行烏松濕地（靜水域）與雙流瀑布（緩流水域）不同棲地的不均翅亞目調查分類。
- 二、台灣已知的**蜻蛉目**（Odonata）昆蟲目前有 14 科 78 屬 143 種，大部分都以**成蟲形態**作為鑑定依據；很少是以**稚蟲**來鑑定，主要是因為稚蟲的生活史長且種類不同齡期、外型和體色也不太一樣，故在田間要以稚蟲直接判斷其種類較不容易，此次大膽嘗試進行水蠶鑑定配對，收穫不小。
- 三、本研究調查發現烏松濕地的蜻蛉目種類，成蟲有三科 14 種：猩紅蜻蜓、粗腰蜻蜓、大華蜻蜓、杜松蜻蜓、薄翅蜻蜓、彩裳蜻蜓、粗鉤春蜓、長頰蜻蜓、褐斑蜻蜓、黃紉蜻蜓、霜白蜻蜓、及善變蜻蜓、紫紅蜻蜓、麻斑晏蜓，除後三種未拍攝到外其餘均存有實照。烏松濕地的豆娘（均翅亞目）有一科二種：青紋細蟪、紅腹細蟪。

四、調查發現烏松濕地蜻蜓

（一）領域方式與停棲地點如下：

- （1）**停棲式**：如粗鉤春蜓、猩紅蜻蜓、杜松蜻蜓三種；通常停棲於草地及水

邊雜草枯枝者。

(2) **巡戈式**：如黃紉蜻蜓；通常屬於停棲在較低地點的種類。

(3) **盤旋式**：如薄翅蜻蜓，屬於停棲地點較高的種類。

(二) **棲地飛行路徑**：

1. **飛行範圍分佈最廣泛的**：有粗鉤春蜓、猩紅蜻蜓、彩裳蜻蜓，在沈沙池及小池，均有其蹤跡；杜松蜻蜓飛行範圍集中在沈沙池周圍，黃紉蜻蜓分佈在小池南邊、粗腰蜻蜓分佈在沈沙池北邊，薄翅蜻蜓是發現分佈最稀少的種類。

2. **飛行路徑與蜻蛉領域的分佈的關係**：發現飛行路徑與蜻蛉領域的分佈有直接的關係，因蜻蜓除覓食外，若有其他蜻蜓侵入其領域，所在地的蜻蜓則會與入侵者發生追逐爭鬥的行為，其中猩紅蜻蜓、杜松蜻蜓及黃紉蜻蜓會很積極的將入侵者趕走，而彩裳蜻蜓飛行範圍廣，**飛行速度也是最慢的**。

五、蜻蛉雌雄判別，可由腹部第二腹節是否有開孔判斷，有開孔者雄性，無開孔者則為雌性。

六、蜻蛉目種類大都為變溫動物，所以為防止過度被太陽曝曬及避免體溫散失，牠們停棲時的姿勢會隨著光度而變化著，其體溫會隨外界溫度而改變，可由牠們停棲式時腹部高度變化，及翅膀夾角的變化來看出其適應環境的方式。

七、蜻蜓的不均翅亞目鑑定：以下唇口器形狀、觸角、跗節、腹部的側棘數、背棘數等外部型態特徵來輔助鑑定。本研究已製作出不均翅亞目中四科九種的簡易分類圖表及檢索表，以供日後戶外繼續研究蜻蛉目稚蟲分類鑑定參考。

八、經蜻蛉分類後發現，國一上自然與生活科技光復版第 13 頁，1-8 照片有誤，非蜻蜓水蠶而是豆娘水蠶；國一下自然與生活科技光復版第 143 頁圖 5-11 並非由雄性將精子送到雌性體內而是雌性蜻蛉將尾部移至雄性第二腹節進行交尾。

九、觀察水蠶的呼吸方式及其呼吸器官異同發現如下：

(一) 蜻蜓稚蟲直腸鰓構造比較如下：

水 域	直 腸 鰓	鰓瓣末端形式
流水域	重複型	圓形或尖細形
靜水域	重複型	圓形或尖細形、羽毛形

(二) 棲息在靜水域環境的蜻蜓末齡稚蟲，多是屬於重複型的直腸鰓，只有粗鉤春蜓是鰓狀型直腸鰓(表三)；而鰓瓣末端的形狀則有圓形、尖細形及羽毛形三種。

(三) 由於蜻蜓水蠶的直腸鰓構造，還有其他型式尚未觀察到，所以無法判斷是因為底棲環境不同而造成鰓構造的差異，日後將會繼續記錄研究，以期找出棲息水域與直腸鰓構造間的關係。

十、本實驗進行不同種類的水蠶呼吸器官的解剖觀察，並以不同種呼吸器官的構造差異進行比對，以期對水蠶的呼吸方式，有更進一步的認識與瞭解。

十一、一年多的努力所獲得的水蠶種類雖少，但在不均翅目中，除分佈在森林溪流的勾蜓科外，幸運的是其他四科均獲分類鑑定，在九種水蠶中就擁有四科，實屬不易，真可謂水蠶雖少，但不均翅目均俱全！！

在日本，蜻蛉是一種吉祥的圖騰，也是被奉為勝利吉祥的象徵，也希望這次的蜻蛉之旅也能帶來幸運。

總言之：蜻蛉目昆蟲生活史橫跨水陸生兩區域，就生態環境而言，蜻蜓是良好環境指標生物，蜻蜓種類多、色澤型態差異大，頗具有觀賞價值及提供大眾良好的教學題材。不過目前國內此方面研究較少，尚未有完整的蜻蛉目稚蟲型態與鑑定的資料及相關研究。本研究已製作出不均翅亞目中 4 科 9 種的簡易分類圖及檢索表，未來將會繼續採集研究，以期製作出更完整的稚蟲分類，除供日後研究查詢外，並可豐富生物多樣性的教材內容。

生物多樣性佔生態保育中重要的一環，呼籲大家能尊重生命愛護生態環境，讓它保有原生風貌，那麼杜詩的點水蜻蜓款款飛的景緻便能長入眼簾。

玖、參考文獻

1. 王效岳、海普納，台灣蜻蜓彩色圖鑑，城邦文化事業股份有限公司，pp.1-123，1997。
2. 石田昇三、石田勝義、小島圭三及村光俊，日本產蜻蛉目幼蟲成蟲檢索圖說 東海大學出版社，東京，Fig.58-105，pp.17-23，37，84，96-97，105，1988。
3. 台灣省政府教育廳，水棲昆蟲生態入門，台灣省政府教育廳，pp.61-64，85-94，1992。
4. 汪良仲，台灣的蜻蛉目，人人月曆股份有限公司，pp.47-341，2000。
5. 林斯正，台灣產蜻蜓科（蜻蛉目）幼蟲分類研究，東海大學生物研究所碩士論文，1999。
6. 高明美，課外研究，光復書局，pp.90-95，1988。
7. 張永仁，昆蟲圖鑑 2，遠流出版事業股份有限公司，pp.15-38，2002。
8. 張永仁，昆蟲入門，遠流出版事業股份有限公司，pp.80-83，2002。
9. 楊平世，台灣的常見昆蟲，度假出版社有限公司，pp.39-46，179-188，1990。

- 10.楊平世，昆蟲的生活，東方出版社，1994。
- 11.廖智安，台灣昆蟲記，大樹文化事業股份有限公司，pp.188-192)，1999。
12. <http://h k-green.com/visit/dragonflies.htm>
13. <http://caipc4.cs.ccu.edu.tw/cai/87/g88213/A02.htm>
14. http://content.edu.tw/primary/country/tc_ua/n004/05.htm
15. <http://www.contest.edu.tw/85/endshow/1/insect/14-1.htm>

評語

- 1.作者對生物材料瞭解頗為深入，並在實驗過程中，嚴謹並用心觀察與記錄。
- 2.研究過程符合科學精神與步驟。
- 3.具文獻比較能力，並能指正參考資料錯誤之處。
- 4.能形成檢索表，學術性佳。
- 5.能以幼蟲外形作為分類檢索，學術性佳。