

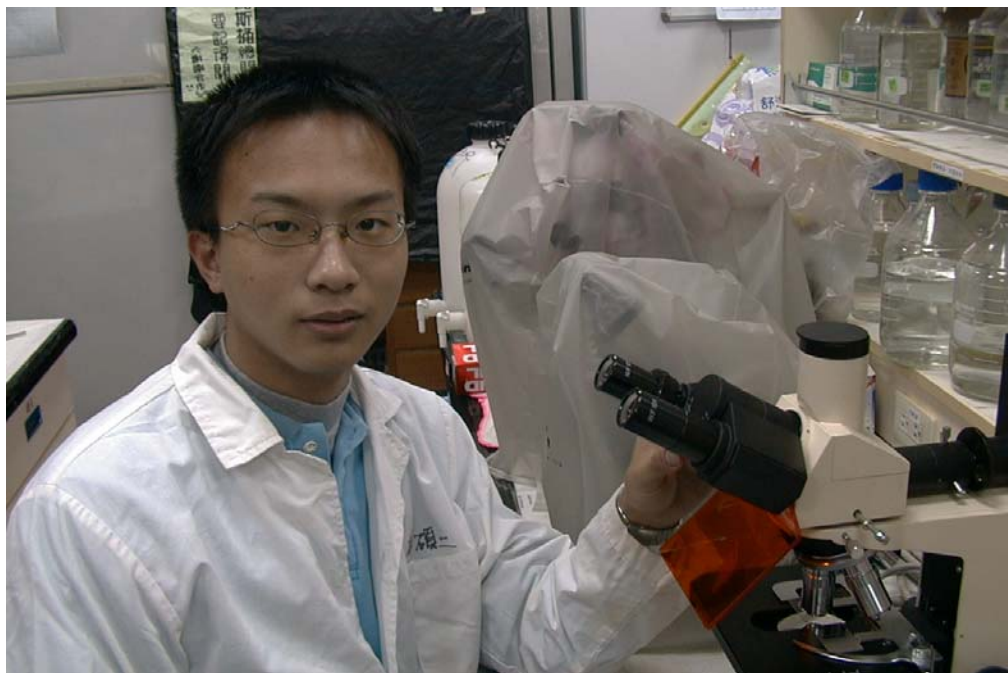
# 臺灣二〇〇六年國際科學展覽會

科 別：環境科學

作 品 名 稱：有毛!沒毛!哪個好!?探討石田螺及其螺殼上附  
生藻類與環境因子之關係

學校 / 作者：臺北市立內湖高級中學 潘怡誠

## 作者簡介



壹、作者姓名：潘怡誠

貳、就讀學校：臺北市立內湖高級中學

參、興趣專長：英文、生物、書法、素描、體育及專題研究

肆、得獎紀錄：

一、1998 年參與學生美展比賽書法組獲得第二名。

二、2001 年校內科學展覽比賽數學科獲得佳作。

三、2002 年校內科學展覽比賽數學科獲得優等。

四、2002 年參與全國各級學校民俗體育觀摩賽國中團體組獲得第二名。

五、2003 年獲選以「中華民國青少年民俗運動訪問團」團員身分赴澳門參與澳門藝穗節 (Fringe Festival) 開幕表演與遊行。

六、2004 年獲選以「中華民國青少年民俗運動訪問團」團員身分赴美國德州奧斯汀表演。

七、2004 年以作品「數字波的節點探討」獲得臺灣國際科學展覽會數學科入選。

八、2005 年以作品「數字波的節點探討」獲得全國高級中等學校小論文寫作比賽第一名。

九、2005 年以作品「臺灣稻米的危機與轉機研析—當國產米碰到進口米」獲得全國高級中等學校小論文寫作比賽第一名。

十、2005 年參與基隆市青田書會書法比賽獲得第二名。

伍、未來展望與期許：

參與 2006 年臺灣國際科學展覽，使我不論是對於撰寫論文、尋找資料、科學研究與待人處事等等……方面都有更深的了解與認識。從挫敗中吸取了許多寶貴經驗，對事情的看法也敏銳成熟許多。未來渴望繼續在這科學領域聖殿裡朝聖，在科學的相關研究中發展；但在此之前我必須一點一滴的累積自己的實力，才能使我在這國際化的將來，一展所長！

## Abstract

This research is about two ponds in the B park's and the D park's snail (Square Mystery Snail : *Sinotaia quadrata*) in Taipei city of Nei-hu District for research object, carry out the study of the following research proceed: 1. Discriminate the algae species that are growth on the snail shell and which is a kind of interaction with the snail; 2. The influence of the snail and algae with difference of temperature, salinity, pH value and dark ; 3. The factors affect algae growth on snail shell; 4. Use the variation of snail and algae to be a biological incator.

The result manifestation: the algae that are growth on snail shell have two kinds, one is **Cyanophyta** and the other is *Cladophora sp.* The interaction between algae and snail belong to communalism, but under the condition of lacking of food, the snail then will eat the *Cladophora sp.* which grow on the shell of other snails. The temperature adapts aspect, upper limit of the feat existence of the snail should be low in 28°C. When over than 28°C, *Cladophora sp.* as the most strong, Cyanophyta is secondly, and the snail then is most poor. For the maximum tolerance of the salinity, the snail is about 4.375‰, **Cyanophyta** is about 5.0‰, *Cladophora sp.* is then about 7.0‰; Under the different salinity for the tolerance, the *Cladophora sp.* still the most strong, **Cyanophyta** is secondly, and the snail then is most poor. Under the dark environment, the speed of **Cyanophyta** begin to be bleaching is very fast than the *Cladophora sp.*. In the tolerance of pH value range: The snail is about pH=5~10, **Cyanophyta** is about pH=7~8, *Cladophora sp.* is about pH=6~8; When the pH value range is in the pH=5~8, the speed of the **Cyanophyta** occur changing is very fast than *Cladophora sp.*. The algae are growing on snail shell very different between two ponds, the main reason is water pH value dissimilarly: When pH value over than 8.5, there is no *Cladophora sp.* to grow on the snail shell, after the pH value to decrease, **Cyanophyta** then will compare early than *Cladophora sp.* to grow on the snail shell.

Calculate by the classification of the freshwater biological incator : Two organic pollution degree of the ponds may be lain in the  $\beta$ -mesosaprobic to the  $\alpha$ -mesosaprobic, and the polluting degree of the D pond is more seriously. As for two ponds, have already faced what level of eutrophication? Belong to actually which stage of pollution grade? Not only added the classification data of floating and fixative algae in two ponds, and also according to the parts of chemistry analysis method measure of the data makes the substantial evidence, then could carry out the more accurate and thorough study in the days to come steadily studying process.

## 中文摘要

本研究是以臺北市內湖區兩個綠地公園(B公園與D公園)池塘內的石田螺(*Sinotaia quadrata*)為研究對象，進行以下研究目的之探討：1. 鑑別石田螺螺殼上藻類的種類及其與石田螺的互動關係；2. 溫度、鹽度、酸鹼值及黑暗等環境因子的差異，對石田螺及螺殼上附生藻類的影響；3. 影響藻類附生於石田螺螺殼上的因素；4. 將石田螺及螺殼上附生藻類的變化作為監測環境因子或水質變異的指標現象。

結果顯示：附生於石田螺螺殼上的藻類有藍綠藻(Cyanophyta)與剛毛藻(*Cladophora sp.*)兩類；與石田螺的互動關係應屬於片利共生(communalism)，但在缺乏食物的情況下，石田螺則會採食同伴殼上的剛毛藻。溫度適應方面，石田螺適宜生存的溫度上限應低於 28°C，超過 28°C 水溫環境的耐受程度，是以剛毛藻為最強，其次是藍綠藻，而石田螺則為最差。對於環境鹽度最大耐受度方面：石田螺約為 4.375‰，藍綠藻約為 5.0‰，剛毛藻則約為 7.0‰；在不同鹽度環境下，鹽度的耐受程度，仍以剛毛藻為最強，其次是藍綠藻，而石田螺則是最差。在黑暗環境下，藍綠藻褪色產生白化現象的速度明顯地比剛毛藻要快了許多。在環境酸鹼值耐受的範圍方面：石田螺約在 pH=5~10 之間，藍綠藻約在 pH=7~8 之間，剛毛藻則約在 pH=6~8 之間；而酸鹼值範圍在 pH=5~8 時，藍綠藻產生變化的速度明顯地比剛毛藻還要快。而兩樣區池塘水體酸鹼值的不同，應是造成石田螺螺殼藻類附生現象差異的主要原因：當酸鹼值超過 8.5 時，螺殼上就無剛毛藻附生，當酸鹼值降下後，藍綠藻則會比剛毛藻早出現在螺殼上。

藉由淡水生物指標的分類推測：兩樣區池塘水體有機污染程度，可能介於  $\beta$ -中腐水性( $\beta$ -mesosaprobic,  $\beta m$ )至  $\alpha$ -中腐水性( $\alpha$ -mesosaprobic,  $\alpha m$ )的範圍之間，而 D 池塘受污染的程度應會比 B 池塘還要更嚴重些。至於兩樣區池塘水體，已面臨了何種優養化的程度？究竟是屬於哪一個階段的污染等級呢？除須補充水體中浮游性及附著性藻類分類的詳細觀察資料外，仍必須參照部分水質化學分析法所測得的數據作佐證，才能在日後持續地研究過程中進行更精確及深入的探討。

# 壹、前言

## 一、研究動機

高一時期參加了生物科學研究社，參與社團活動進行了數次學校附近公園池塘中水生動物的調查，期間發現了公園池塘中有一種為數不少的淡水貝類(彩圖 1)，經查閱貝類圖鑑及詢問生物老師後，才知道此一淡水螺是臺灣地區眾多淡水貝類中且最具有鄉土氣息之一的一石田螺(*Sinotaia quadrata*)(賴，1986；賴，1990；賴 2005；網站 10)。

石田螺(*Sinotaia quadrata*)屬於軟體動物門(Mollusca)、腹足綱(Gastropoda)、前鰓亞綱(Prosobranchia)、中腹足目(Mesogastropoda)、田螺科(Viviparidae)(邱及林，2002；網站 8；網站 24)。生長於未受農藥污染之乾淨淡水環境中，包括：水田、水池或湖泊等靜止水域，以齒舌刮食底泥上的有機物沈積以及藻類等微生物，底質有機質高時通常提供了田螺相當大的棲地資源(曲等，1996；邱及林，2002；網站 9)。

人類因自古即傍河而居，軟體動物中的淡水貝類很早就為人類所利用，如：提供人類食物、貨幣及工藝原料等，因此在民生及經濟上有一定程度的價值與貢獻。然而由於大多數的淡水貝類，均可成為以吸蟲類為主之寄生蟲的中間寄主(intermediate host)，間接感染人畜，故淡水貝類在醫學、流行病學及寄生蟲學的研究上，亦具有極為重要的影響(呂及蘇，1985；趙等，1987；Chao *et al.*, 1992)。此外，淡水貝類在淡水生態系中，具有其獨特的生態地位(Niche)，如能量的生產、傳遞，都是食物網或食物鏈的關鍵，而淡水螺類不論是與環境或是其他物種間共生、寄生的交互作用，對於整個水域生態系的影響都是非常重要的(吳，1999；邱及林，2002)。

目前田螺和許多淡水生物一樣面臨到棲地消失的窘境，許多棲地如：河川、湖泊的環境受到整治工作和經濟活動的人為改變，而農作活動中農藥濫用的影響，加上福壽螺(*Pomacea canaliculata*)等外來螺種的入侵，均已扼殺許多本土淡水螺的生機，並造成田螺的天然族群日漸減少(邱及林，2002；網站 8)。因淡水腹足類可以作為一種環境的生物指標，因此藉由淡水螺類分佈的種類與數量即可得知水體污染的程度，便可用以輔助水生昆蟲所建立的水質檢測指標資料(Chao *et al.*, 1994；網站 10)。

我們將學校附近兩個公園池塘中(B池塘與D池塘)所採集到的石田螺各放入兩個玻璃缸中進行飼養觀察，發現棲息於B池塘與D池塘的石田螺在外觀上有明顯的不同，其中B池塘中的石田螺殼頂被侵蝕部位具有顯著青綠色的構造，且螺殼的其他部位則附生有毛茸狀的藻類(彩圖 2)，但生長於D池塘的石田螺則無此兩項形質特徵(彩圖 3)。因此心中滿是疑惑，到底是什麼原因造成生長於這兩個池塘中的石田螺產生如此明顯的差異呢？

生活於海中的軟體動物—砵磔貝，其外套膜中會有藻類的共生，使其表現出絢麗多彩の色澤(趙及蘇，2000；網站 12；網站 17)；而屬於腔腸動物的珊瑚，在內皮層細胞中亦居住有共生之單細胞渦鞭藻類，使珊瑚呈現五彩繽紛的顏色(戴，2002)。當環境改變時，砵磔貝或是珊瑚便會因色素的減少、共生藻密度的降低及共生藻大量的脫出而造成白化(bleaching)現象。許多環境因子的改變都會引發白化現象，例如：水溫的太高或太低、光線過強或不足、鹽度劇烈改變以及沈積物過多等(趙及蘇，2000；陳，2002；網站 6)。然而長時間的珊瑚白化會造成珊瑚的死亡，所以許多研究將白化視為一種疾病的狀態(pathogenesis)，可作為環境因子變遷的重要指標現象(戴，1989；李，1999)。

B 池塘中的石田螺因藻類附生而具有青綠色的殼頂與毛茸的外殼，於是我們就想瞭解附生於螺殼上的藻類與石田螺之間的互動關係究竟為何？當池塘環境有所變化時，附生的藻類會不會像砵磔貝或珊瑚體內的共生藻一樣，使石田螺青綠色殼頂產生色澤的改變？或是造成殼上毛茸狀藻類形質發生變化呢？因此本實驗即以螺殼外附生有藻類的石田螺為研究對象，探討在不同條件的環境因子下，石田螺的生存、殼頂青綠色構造及螺殼上毛茸狀構造，會有哪些明顯的差異變化，以便做為未來監測環境因子或水質變異的指標現象。

## 二、研究目的

- (一). 鑑定 B 池塘石田螺殼上的附生藻類名稱並探討與石田螺之間的互動關係為何？
- (二). 探討不同溫度下對石田螺的存活及外殼上附生藻類有何影響？
- (三). 探討不同鹽度下對石田螺的存活及外殼上附生藻類有何影響？
- (四). 探討黑暗環境下對石田螺外殼上附生的藻類有何影響？
- (五). 探討不同酸鹼值環境下對石田螺的存活及外殼上附生藻類有何影響？
- (六). 探討造成 B 池塘與 D 池塘之石田螺外殼上藻類附生差異的因素為何？

## 貳、研究方法或過程

### 一、研究設備及器材

|  |    |
|--|----|
| 1. 標號B的玻璃飼養缸 (61×45×41 cm <sup>3</sup> ) | 一個 |
| 2. 編號D的玻璃飼養缸 (75×33×30 cm <sup>3</sup> ) | 一個 |
| 3. 大塑膠飼養箱 (50×35×33 cm <sup>3</sup> )    | 四個 |
| 4. 小塑膠飼養箱 (25×18×10 cm <sup>3</sup> )    | 數個 |
| 5. 洗衣網                                   | 二個 |
| 6. 數位探針式溫度計 (TES-1310 TYPE-K)            | 一臺 |
| 7. 電子式游標卡尺 (STAINLESS HARDENED)          | 一把 |
| 8. 酸鹼值檢測器 (pH MODEL 610D)                | 一臺 |
| 9. 數位式電子定溫器 (LED THERMOSTAT D-835)       | 二臺 |
| 10 數位相機 (Nikon coolpix 4300)             | 一臺 |
| 11 數位顯微攝影機 (SAMPO-DSP CCD VK-C6726)      | 一臺 |
| 12 三眼光學顯微鏡 (UNICO)                       | 一臺 |
| 13 鑷子                                    | 數把 |
| 14 解剖針                                   | 數支 |
| 15 蓋玻片                                   | 數片 |
| 16 懸滴玻片                                  | 數片 |
| 17 飼養照明燈                                 | 三臺 |
| 18 打氣幫浦                                  | 二臺 |
| 19 上掛式水族濾水器                              | 二臺 |
| 20 上掛式水族飼養燈                              | 六臺 |
| 21 紙箱暗室 (64×42×37 cm <sup>3</sup> )      | 一個 |
| 22 玻璃燒杯 (250ml、500ml 及 1000ml)           | 數個 |
| 23 玻璃量筒 (10ml、50ml 及 100ml)              | 數個 |
| 24 自製取水器                                 | 二個 |

## 二、研究方法

### (一). 研究樣區

以臺北市內湖行政區所屬兩個依山傍水的綠地公園：B公園(舊名為內湖大陂)及D公園(舊名為十四份陂)內的池塘為研究採集樣區(圖一、圖二、彩圖4、彩圖5)，其中B公園面積約為163,880平方公尺，園內之B池塘(又稱為：大陂湖)面積則約為77,833平方公尺，平均深度為3.5公尺；另一D公園面積約為126,717平方公尺，而園內之D池塘(又稱為：白鷺湖)面積則約為100,149平方公尺，平均深度為5公尺(表一)(張，2002；網站3；網站23；網站27)。

### (二). 研究物種

本實驗是以所選定的兩池塘中之石田螺(*Sinotaia quadrata*)為研究物種，石田螺的螺殼呈圓錐卵形，螺塔稍高，殼表有綠黃色、綠褐色或綠黑色的殼皮，平滑有光澤，體層大，佔貝殼一半高度，殼口呈卵形，口蓋角質化且薄，為黃褐色。石田螺棲息在淡水性的湖沼區、池塘區或水田軟泥土中，亦喜歡生活在河川的水流較為緩慢之河底，在臺灣地區的南北各低海拔河川、水塘等淡水水域均有發現記錄(林及曾，1985；賴，1990；賴，2005；網站13)。

### (三). 物種採集

步行環繞兩池塘，以目視遇測法(Visual Encounter Method；VEM)及徒手採集法(Hand picking)作為撈取石田螺的主要方式(趙等，1987；Fan *et al.*,1992)(彩圖6)，採集時盡量選擇成體且大小相近的個體。將兩樣區採集到的石田螺個體分別裝入洗衣網內攜回實驗室，以準確至0.01mm的電子式游標卡尺(STAINLESS HARDENED)來測量其螺殼長度(Shell length)與螺殼寬度(Shell width)(彩圖7、彩圖8)(巫，1997a；巫，1997b)，以作為個體形質基本資料的記錄(吳等，2003；網站25；網站26)。

### (四). 記錄資料

#### 1. 環境因子：

在兩個池塘樣區中各選定五個觀察測量點(B池塘：B1～B5；D池塘：D1～D5)(圖一、圖二)，每星期至少兩次至樣區進行資料的收集，記錄項目包括有：

(1). 氣象資料：當天的氣候狀況、並以電子式溫濕度計(WISEWIND)記錄當時的溫度(°C)及相對濕度(%)。

(2). 水文資料：記錄樣區各觀察測量點的水體溫度(°C)與酸鹼值(pH值)。

#### 2. 生物因子：

- (1). 螺體形質：記錄所採集石田螺的螺殼長度(Shell length)與螺殼寬度(Shell width)，並判別個體為右旋螺(Dextral shell)還是左旋螺(Sinistral shell)(網站 26)。
- (2). 螺殼上有無附生藻類。
- (3). 樣區中與石田螺共域的軟體動物種類。

## (五). 實驗設計

### 1. 附生於螺殼上藻類的鑑別

自 B 池塘採集石田螺攜回實驗室後，使用解剖刀及鑷子分別將殼頂青綠色構造及螺殼上毛茸狀構造刮取下來，在顯微鏡下觀察其形質並拍照記錄。

### 2. 實驗室內石田螺飼養存活率(%)

將 B 池塘與 D 池塘樣區中所採集的石田螺，分別至入編號 B (61×45×41 cm<sup>3</sup>，約為 112.545 公升)及編號 D (75×33×30 cm<sup>3</sup>，約為 74.25 公升)的玻璃缸中(彩圖 9、彩圖 10)，約以 1.37 顆/每公升的族群密度進行飼養，定時開閉水族飼養燈及濾水器，不提供食物；每週至少兩次進行水溫與 pH 值的測定，每週一次計算各飼養缸中石田螺存活的數量，以 12 週為一飼養週期，共進行三次的飼養存活率實驗，其計算的方法是：

$$\text{飼養存活率} = s / B$$

s：表示三次飼養石田螺的存活數量

B：表示三次飼養的石田螺總數量

### 3. 溫度對石田螺及螺殼上附生藻類的影響

將 B 池塘採集的石田螺以每 20 顆為一組，分別置入兩個塑膠飼養箱(50×35×33 cm<sup>3</sup>)中，水位高度約為 10 cm，並以數位式電子定溫器設定兩塑膠飼養箱水溫各為 28°C 及 33°C。以六天為一觀察週期，計算 28°C 及 33°C 的水溫環境下，石田螺的平均存活數量。持續觀察並記錄石田螺、藍綠藻及剛毛藻三物種在 28°C 及 33°C 的水溫環境下，開始發生變化的天數。每個溫度組各進行五次觀察實驗。

### 4. 鹽度對石田螺及螺殼上附生藻類的影響

使用海水與蒸餾水以不同體積比例調配製成不同鹽度的飼養液，鹽度類別有 1：3、1：4、1：5、1：6、1：7、1：8 及 1：9 共七種。將 B 池塘採集的石田螺以每 20 顆為一組，放入盛有不同鹽度飼養液的塑膠飼養箱(25×18×10cm<sup>3</sup>)中，水位高度約為 5 cm。以 30 天為一觀察週期，計算七種不同鹽度環境下，石田螺的平均存活數量，每個鹽度組各進行五次觀察實驗；持續觀察並記錄石田螺、藍綠藻及剛毛藻三物種在七種不同鹽度環境下，開始發生變化的天數，每個鹽度組各進行三次觀察實驗。

#### 5. 黑暗對石田螺及螺殼上附生藻類的影響

將B池塘採集到的石田螺以每20顆為一組，放入水位高度約為5 cm的塑膠飼養箱(25×18×10cm<sup>3</sup>)中，將塑膠飼養箱移入自製紙箱暗室內(彩圖11)，定時以打氣幫浦進行打氣，每次暗室實驗計有3個塑膠飼養箱，觀察並記錄石田螺、藍綠藻及剛毛藻開始發生變化的天數，共進行3次暗室觀察實驗。

#### 6. 酸鹼值(pH值)對石田螺及螺殼上附生藻類的影響

依據生物實驗所需之緩衝溶液配方(施，2004b)，分別調製酸鹼值為3、4、5、6、7、8、9及10的緩衝溶液作為飼養液，將B池塘採集的石田螺以每20顆為一組，放入盛有不同酸鹼值飼養液的塑膠飼養箱(25×18×10cm<sup>3</sup>)中，水位高度約為5 cm。以30天為一觀察週期，計算不同酸鹼環境下石田螺的平均存活數量。持續觀察並記錄藍綠藻及剛毛藻在不同酸鹼值環境下，開始發生變化的天數。每個酸鹼值組各進行三次觀察實驗。

### (六). 資料分析

野外調查的原始資料記錄於筆記本及實驗日誌上，並以Microsoft Office 2003中的Excel軟體建立電子資料檔，使用Sigma Stat (Version 1.0)及SPSS (Version 11.0)統計軟體，進行結果的統計分析，再使用Sigma Plot (Version 8.0)繪圖軟體將分析結果繪製成圖形。

## 參、研究結果與討論

### 一、研究結果

野外調查期間，測得兩樣區池塘水體的溫度及酸鹼值變化情形(圖三~四)。在水溫方面，B池塘測得最低平均溫度為 15.54°C，最高平均溫度為 34.37°C；D池塘測得最低平均溫度為 14.69°C，最高平均溫度為 33.90°C。水體酸鹼值方面，B池塘最低平均 pH=6.91，最高平均 pH=8.21；D池塘最低平均 pH=7.13，最高平均 pH=9.50。螺體形質方面，由兩樣區池塘中所採集到的石田螺個體均屬於右旋螺(Dextral shell)。兩樣區池塘中與石田螺共域的軟體動物各記錄到有：B池塘的福壽螺(*Pomacea canaliculata*)(彩圖 12)、臺灣椎實螺(*Radix swinhoei*)(彩圖 13)、瘤蟯(*Tarebia granifera*)(彩圖 14)及稜蚌(*Cristaria discoidea*)(彩圖 15)共四種；D池塘的福壽螺(*Pomacea canaliculata*)及臺灣椎實螺(*Radix swinhoei*)等兩種(表二)。

#### (一). 附生於螺殼上藻類的鑑別

附生於B池塘石田螺殼上的藻類，藉由顯微鏡觀察其型態，經初步判定，殼頂青綠色構造應是藍綠藻類(Cyanophyta)生物所造成的(彩圖 16~17)，而螺殼上毛茸狀構造則是剛毛藻類(*Cladophora sp.*)的綠藻所造成的(剛村，1930；剛村，1956；廣瀨及山岸，1977；李，1999；徐，1999；網站 22；網站 29；網站 30)(彩圖 18~21)。

#### (二). 實驗室內石田螺飼養存活率(%)

室內平均飼養存活率，B玻璃缸為 70.995%，D玻璃缸為 48.688%。進行卡方分析(*Chi-square*)之百分比同質性考驗(test of homogeneity of proportions)，結果發現：兩玻璃飼養缸石田螺的存活率有顯著性的差異( $X^2=41.369$ ， $df=1$ ， $p<0.01$ )，即表示出B玻璃缸石田螺的存活率顯著大於D玻璃缸石田螺的存活率(表三)。

#### (三). 溫度對石田螺及螺殼上附生藻類的影響

石田螺存活數量方面，28°C水溫環境下，平均存活數量為 17.80±1.30 顆；33°C水溫環境下，平均存活數量為 5.60±2.41 顆。使用獨立 t 檢定(Independent t-test)進行兩不同溫度組檢測，結果發現 28°C水溫實驗組要顯著多於 33°C的水溫實驗組( $t=-9.96$ ， $p<0.01$ ， $n=10$ )(表四)；在實驗觀察的六天中，螺殼上附生的藍綠藻及剛毛藻均無觀察到任何的變化(表四)。

石田螺、藍綠藻及剛毛藻三物種，在 28°C的水溫環境下，最早死亡的物種為石田螺，平均天數是 3.00±0.71 天；剛毛藻則是最慢發生變化的(萎縮、變黑或脫落，彩圖 22~23)，平均天數是 12.60±5.03 天。在 33°C水溫環境下，亦是石田螺最早死亡，平均天數是 1.40±0.55 天，最慢發生變化的仍是剛毛藻，平均天數是 11.00±3.16 天。使用變方分析(Analysis of

Variance, ANOVA)比較 28°C 及 33°C 水溫環境下石田螺、藍綠藻和剛毛藻發生變化的平均天數有無顯著差異，若有顯著差異，再以 Student-Newman-Keul 檢定法(SNK test)進行每兩組之間的比較。結果顯示，不論 28°C 或 33°C 時，石田螺、藍綠藻及剛毛藻開始發生變化的平均天數均有顯著性差異(28°C 時： $F_{2, 12}=11.2$ ， $p<0.01$ ；33°C 時： $F_{2, 12}=29.9$ ， $p<0.01$ ) (表五)。

#### (四). 鹽度對石田螺及螺殼上附生藻類的影響

不同鹽度實驗結果，石田螺的平均存活數量以 1：3 及 1：4 鹽度的 0 顆為最少，以 1：9 鹽度的  $16.80\pm 1.92$  顆為最多；各鹽度組平均存活數量進行變方分析(ANOVA)，得知：1：7、1：8 及 1：9 的鹽度組與其他各組有顯著差異( $F_{6, 28}=21.4$ ， $p<0.01$ ) (表六)。將參與各鹽度組實驗之石田螺的螺殼長與螺殼寬分別進行統計分析，各組之螺殼長及螺殼寬均無顯著差異(螺殼長： $F_{5, 594}=1.98$ ， $p>0.05$ ；螺殼寬： $F_{5, 594}=2.11$ ， $p>0.05$ ) (圖五～六)。

石田螺在 1：8 及 1：9 鹽度環境下，開始發生變化的平均天數與其他各鹽度組有顯著差異( $F_{6, 14}=58.4$ ， $p<0.01$ ) (圖七)；藍綠藻在 1：3、1：4 及 1：5 鹽度環境下，開始發生變化的平均天數與其他各鹽度組有顯著差異( $F_{6, 14}=19.7$ ， $p<0.01$ ) (圖八)；剛毛藻則是在 1：3 及 1：4 鹽度環境下，開始發生變化的平均天數與其他各鹽度組有顯著差異( $F_{6, 14}=14.6$ ， $p<0.01$ ) (圖九)。在相同鹽度環境下，三物種開始發生變化的平均天數，均是以石田螺最早，而以剛毛藻為最晚(表七)。

#### (五). 黑暗對石田螺及螺殼上附生藻類的影響

結果顯示，暗室中附生於殼頂上的藍綠藻最先發生變化(青綠色褪去、殼頂呈現白色現象，彩圖 24)，開始發生變化的平均天數是  $21.00\pm 1.10$  天；最慢發生變化的則是剛毛藻，平均天數為  $35.50\pm 1.64$  天。將石田螺、藍綠藻及剛毛藻開始發生變化的平均天數進行變方分析(ANOVA)，結果顯示：三物種開始發生變化的平均天數彼此有顯著差異( $F_{2, 15}=39.5$ ， $p<0.01$ ) (圖十)。

#### (六). 酸鹼值(pH 值)對石田螺及螺殼上附生藻類的影響

結果顯示：石田螺平均存活數量，以酸鹼值 pH=7 的  $19.33\pm 1.15$  顆為最多；而以酸鹼值 pH=3 的  $7.67\pm 1.53$  顆為最少。將各酸鹼值實驗組之石田螺平均存活數量進行變方分析(ANOVA)，得知 pH=3 及 pH=4 的實驗組與其他各酸鹼值實驗組結果有顯著差異( $F_{7, 16}=34.7$ ， $p<0.01$ ) (表八)。統計分析各酸鹼值實驗組之石田螺的螺殼長與螺殼寬差異，結果發現：各組之螺殼長及螺殼寬均無顯著差異(螺殼長： $F_{7, 472}=1.90$ ， $p>0.05$ ；螺殼寬： $F_{7, 472}=1.92$ ， $p>0.05$ ) (圖十一～十二)。

石田螺在 pH=3 及 pH=4 的酸鹼值環境下，開始發生變化的平均天數與其他各酸鹼值組有

顯著差異( $F_{7,16}=4.89$ ,  $p<0.01$ )(圖十三)；藍綠藻在 pH=7 及 pH=8 的酸鹼值環境下，開始發生變化的平均天數與其他各酸鹼值組有顯著差異( $F_{7,16}=158.5$ ,  $p<0.01$ )(圖十四)；剛毛藻則是在 pH=6、pH=7 及 pH=8 的酸鹼值環境下，開始發生變化的平均天數與其他各酸鹼值組有顯著差異( $F_{7,16}=437.9$ ,  $p<0.01$ )(圖十五)。在相同酸鹼值環境下，使用獨立 t 檢定(Independent t-test)分析比較藍綠藻及剛毛藻兩物種開始發生變化的平均天數，結果顯示：在 pH=5、pH=6、pH=7 及 pH=8 的四種酸鹼值環境下，彼此有顯著差異；亦即表示出：在此四種酸鹼值環境下，藍綠藻開始發生變化的平均天數明顯的比剛毛藻還要早(表九)。

## 二、討論

### (一). 毛茸狀藻類的辨識及藻、螺之間的互動關係

一般軟體動物的貝殼(shell)根據形成的方法和組織結構的不同，可分為三層：最外一層是角質層或皮層(periostacum)，是由一種稱為貝殼素(conchiolin)的硬蛋白質所構成；中間是稜柱層(prismatic layer)，由角柱狀的方解石(calcite)構成；最內一層是珍珠層，通常是為葉狀的霏石(aragonite)(任，1995；蔡等，1997)。在螺殼角質層外，少數軟體動物會出現由幾丁質(chitin)構成的毛茸狀構造，稱為殼皮或殼毛，如生活於海中的法螺科(Ranellidae)成員，包括：毛法螺(*Cymatium pileare*)、黑齒法螺(*Cymatium parthenoprum von*)、俄勒岡法螺(*Fusitriton Oregonense*)及聖螺科(Xancidae)的印度聖貝(*Xancus pyrum*)等(藍，1985；S·彼得·當斯，1996)；而生活在陸地上的腹足類盾蝸牛屬(*Aegista*)的成員—臺灣盾蝸牛(*Aegista mackensii*)、多良間盾蝸牛(*Aegista osbeckii*)及薄鱗盾蝸牛(*Aegista impexa*)等，其螺殼周圍也會出現毛茸狀的殼毛(賴，1990；賴，2005；謝，2003)。但是對於淡水貝類螺殼是否也會具有毛茸狀之殼皮構造，卻找不到任何相關的報導或圖鑑。因此藉由本次研究，經刮取石田螺殼上毛茸狀的物質進行確認與鑑定，結果發現：觀察石田螺過程中，此毛茸狀構造會增生變長，在顯微鏡下亦觀察到此構造於不同時期可呈出現不同的型態，因此我們確定此一特殊構造，應是一種淡水綠藻—剛毛藻(*Cladophora sp.*)附生於螺殼上所形成的。然而在烏龜的龜殼上及礁岸淺水區的石頭上，都有可能因為藻類的附生，而呈現出類似如毛髮般的奇特現象(黃，2005；網站 5；網站 15；網站 16；網站 18)。

由於任何一種生物皆無法單獨存在於環境中，因此生物之間彼此都有著直接或間接的互動關係(施，2004a)。在一般的野外環境中，附生於螺殼上的剛毛藻，除了可藉由螺體的移動，找尋合適的生存環境外，也可以從螺殼上獲取生長所需要的物質(Robert and Taft, 1959)，但是剛毛藻行光合作用的養分並不會直接供應給石田螺使用，因此我們推測，剛毛藻與石田螺的生物互動關係應為共生型式中的片利共生(communalism)。

然而在實驗室內飼養石田螺的結果顯示出：B玻璃缸石田螺的存活率顯著大於D玻璃缸石田螺的存活率。檢視各項資料，發現不論是在體型大小、族群密度、缸底基質、飼養水源、水體溫度及水體酸鹼值等飼養條件均沒有顯著的差別(表三)。由於飼養觀察期間，並無供給任何食物，而缸底僅擺置石塊供石田螺棲息，因此可得知：有無攝取食物應是決定石田螺可否存活的主要因素。我們觀察兩玻璃缸中的石田螺因採集地點不同，剛毛藻附生於螺殼上的情形也截然不同(彩圖 25)。於飼養期間，曾觀察到B玻璃缸內的石田螺會利用齒舌刮取同伴螺殼上的剛毛藻當作食物來源(彩圖 26~27)，因此便可藉由此採食行為獲取維持生存所需要的物質與能量。而生活於海中的碑磔貝除了藉由濾食方式獲得食物外，體內還有一種單胞藻—蟲黃藻與其共生，此種單胞藻亦會提供碑磔食物，且在特殊的情形下，蟲黃藻也可以成為碑磔的主要食物(網站 4)。飼養缸中石田螺刮食剛毛藻的攝食行為，與碑磔貝取食共生的蟲黃藻極為類似。因此我們推測：造成兩玻璃缸石田螺存活率會有如此明顯差異的主因，應是螺殼上有無剛毛藻的附生。在無食物供應的養殖情況下，石田螺會有明顯採食附生於其他個體螺殼上剛毛藻的行為，因而造成石田螺與剛毛藻的互動關係發生改變。

## (二). 環境因子對石田螺及其共生藻類的影響

剛毛藻(*Cladophora sp.*)屬於綠藻植物門(CHLOROPHYTA)、綠藻植物綱(CHLOROPHYCEAE)、剛毛藻目(CLADOPHORALES)中的剛毛藻科(CLADOPHORACEAE)(黃, 2000)。剛毛藻屬(*Cladophora*)的綠藻成員因構造及生理特性可生長於淡水、鹹水、及海水中，在流動水域及靜止水域等環境中均可廣泛地分佈(中國科學院青藏高原綜合科學考察隊, 1992)。而生活於淡水的種類，比較傾向於喜愛生長在酸鹼值大於7且富含礦物質的水域中，但是在中性或是輕微的酸性水質中也可以生長，特別是在溶解鹽類含量高的水質中(網站 7；網站 21；網站 28)；又剛毛藻屬中的大多數種類對於高酸鹼值較為敏感，因可作為水體高酸鹼值的指標生物(Skinner and Entwisle, 2004)。

在溫度的實驗方面，石田螺在 33°C 環境中的存活數量遠少於 28°C 的環境中(表四)，因此可明確知道石田螺對環境熱度的抵抗力較為薄弱，而有研究指出田螺喜歡棲息的水溫範圍是 17~27°C(田, 1977；劉, 1989)，與我們實驗結果相符，因此可推測石田螺喜好棲息水溫範圍的上限應不可超過 28°C。若在石田螺適溫以上的溫度環境中，石田螺會最先死亡，而剛毛藻則是最後發生變化的物種，因此我們可以推測，此三種共生的物種，對溫度的耐受度應是以剛毛藻為強，而石田螺為最差之物種。

海洋中鹽度一般是介於 33‰~37‰之間，其平均值可約取為 35‰(楊, 2004)。在鹽度耐受度方面，由石田螺的平均存活數量及開始發生變化的平均天數資料，可得知石田螺對鹽度

的最大耐受度是在 1 : 7 (約 4.375‰) 鹽度環境，因此即使在鹽度為 2.0‰ 的沼澤水域中仍可發現石田螺的蹤跡(呂, 1983)；藍綠藻則可適應在 1 : 6 (約 5.0‰) 以下的鹽度環境；而剛毛藻則是在 1 : 5 (約 5.833‰) 以下鹽度環境中存活。在不同鹽度環境中，發生改變的反應時間均是以石田螺為最快，而剛毛藻為最慢。故我們推測，若淡水環境中水中鹽度增加時，石田螺應會最先發生變化。

在黑暗環境中，石田螺殼頂的青綠色構造會最早發生退色而呈現泛白現象。因光線是光合作用生產者唯一的能量來源，殼頂藍綠藻是屬於單細胞的原核生物，而剛毛藻則是屬於多細胞的真核生物。我們推測：進行光合作用後剛毛藻產生的有機物質數量及儲存方式都比藍綠藻更為有效率，因此若在黑暗環境下，藍綠藻發生變化的時間將明顯比剛毛藻還要早。

在酸鹼實驗中得知，石田螺較喜好的酸鹼值是  $pH = 5$  以上的環境，藍綠藻是在  $pH = 7 \sim 8$  的酸鹼環境下存活的情況良好，剛毛藻則可在  $pH = 6 \sim 8$  環境生長良好，但是在酸鹼值  $pH = 9$  以上環境時，藍綠藻與剛毛藻均會很快的發生變化，此結果與大陸方面的實驗結果相似(網站 7；網站 19；網站 20)。因此我們推測：藍綠藻在環境酸鹼值產生改變時，發生變化的速度會比剛毛藻還要快，而剛毛藻則會比藍綠藻存活的時間要長。

### (三). 影響 B 池塘與 D 池塘之石田螺殼上藻類附生差異的因素

1959 年 Robert 及 Taft 兩位藻類研究學者曾指出：將附生於螺殼上的剛毛藻移至龜殼上，結果發現剛毛藻雖然可以存活，但其生長狀況並未能與之前在螺殼上一樣茂盛；而將附生於龜殼上的剛毛藻移至螺殼上，結果發現雖然可以存活，但卻無法觀察到任何生長的表現。而 Robert 及 Taft 對此結果的推論是：可能因螺殼對附生於龜殼上的剛毛藻所能供應的生長物質不夠，才會導致移至螺殼上的剛毛藻無法生長(Robert and Taft, 1959)。

生活於兩樣區池塘的石田螺螺殼上，附生藻類情形呈現出顯著的不同，會不會也是因為螺殼提供藻類附生的物質有差異所造成的現象呢？國內有學者對各種不同棲息環境的石田螺族群進行外部形質的測量觀察，並利用同功異構酶進行遺傳變異與親緣地理學的研究，結果顯示出：臺灣地區石田螺族群的外部形質並無顯著差異；而在遺傳變異與親緣地理學的分析上，石田螺族群間之遺傳距離都是相當低的，且彼此存有極高的基因交流指數，即說明了臺灣地區石田螺族群間是存有很高的遺傳相似度(邱, 2002；Chiu *et al.*, 2002)。因此我們推測：兩樣區池塘的環境因子，才是造成石田螺螺殼上藻類附生情形有明顯差異的主要原因。

分別觀察兩樣區池塘水溫及池塘的變化情形，在 25 週的觀察期間，兩樣區池塘水溫變化差異並不大(圖三)。但測量水體的酸鹼值後發現，B 池塘的酸鹼值都一直是維持在  $pH = 6.91 \sim 8.21$  的範圍內，但是 D 池塘只有在第 20 週以後，其酸鹼值才降至  $pH = 8.0$  以下的範圍；而在第 20 週以後的野外觀察，我們就記錄到 D 池塘中石田螺的殼頂已有藍綠藻附生所造成的

青綠色構造(彩圖 28)，並陸續觀察到石田螺螺殼上出現有毛茸狀的剛毛藻附生(彩圖 29)。經由之前環境因子的實驗，我們得知：藍綠藻及剛毛藻較適應的酸鹼值應為  $pH = 6 \sim 8$  的環境，因此當水體酸鹼值升高至  $pH = 8.5$  以上時，藍綠藻與剛毛藻即無法繼續附生於螺殼上；而當酸鹼值降低至  $pH = 8.5$  以下時，單細胞的藍綠藻會較早出現於螺殼上進行附生，隨後剛毛藻才出現於螺殼上形成毛茸狀的附生構造。因此我們推測：造成 B 池塘與 D 池塘石田螺外殼上藻類附生差異的環境因子應是水體酸鹼值。

我們將兩池塘樣區的每個觀測點所測得的水溫( $^{\circ}C$ )與酸鹼值( $pH$ )個別進行相關性分析(simple correlation)，結果發現兩樣區池塘的水體溫度與  $pH$  值變化均無顯著的直線相關性(B 池塘： $r = -0.197$ ， $p > 0.05$ ；D 池塘： $r = -0.203$ ， $p > 0.05$ )(圖十六~十七)。個別將兩樣區池塘每週測得的平均酸鹼值與累積降雨量(資料來源：中央氣象局資訊服務網站，網站 1；網站 2)分別進行直線回歸分析(Linear Regression)，結果顯示：每週累積降雨量的多寡會影響兩樣區池塘水體的酸鹼值(B 池塘： $R^2 = 0.387$ ， $p < 0.01$ ；D 池塘： $R^2 = 0.641$ ， $p < 0.01$ )(圖十八~十九)。我們推測，可能有以下三個原因會造成 D 池塘在第 21 週時水體酸鹼值大幅的下降：1. 臺北地區降雨水體的酸鹼值都低於 6 (資料來源：中央氣象局資訊服務網站，網站 1；網站 2)；2. 颱風的來臨使累積降雨量遽增；3. 相關單位在颱風來臨前夕，會先行開啟全部排砂閘門進行調節性排水(彩圖 30~31)(網站 3；網站 23；網站 27)。因而再次匯集至 D 池塘中的水，其酸鹼值便會下降至適合藍綠藻與剛毛藻生長的範圍，故 D 池塘於在第 21 週以後，就可觀察到藍綠藻及剛毛藻附生於一些石田螺的螺殼上。因此，公園水池管理相關單位不定時地開啟閘門排水，是有助於兩樣區池塘次級消長(secondary succession)的再次進行，並可減緩樣區池塘老化(Lake aging)的速度。

我們調查的兩樣區池塘於清代至日據時期，主要都是提供灌溉用水的大陂塘，但於五、六〇年代內湖地區農業逐漸凋萎，加上都市計畫的開發建設，使此兩大灌溉陂塘喪失蓄水灌溉功能，即轉型成為以休憩為主的公園，並兼具有防洪、疏導、美化及調節氣溫等功用(陳，2000；張，2002；喬及謝，2002)。由於此二公園美景魅力聲名遠播，每遇假期，遊客則人滿為患，環境污染問題日益嚴重。此外每次進行野外調查時，都可以發現兩樣區池塘周圍有許多的垂釣客(彩圖 32~33)，池塘周圍總會有成群的鴨子(彩圖 34)、夜鷺及白鷺鷥在棲息(彩圖 35~36)，而水體常常呈現墨綠色，有時會出現一層似油污泡沫黏液狀的構造漂浮於水面(彩圖 37~38)，並經常可觀察到許多已死亡的魚隻漂浮在池塘邊(彩圖 39~40)。由於以上的現象，我們推測兩樣區池塘水體，會因為釣客施撒過多餌料、鳥類排泄物的溶解及水中死亡生物屍體的腐敗作用，使水中有機污染物質的含量上升，相對地也增加了氮化合物及磷酸鹽類的濃度，如此極易造成兩樣區池塘產生優養化(eutrophication)的水質，因而導致池中藻類大量

繁殖，瀕臨嚴重的藻華(algal bloom)危機(蘇及周，1993；徐，1999；網站 11；網站 14)。

一般對於水質污染情形的評估，是由德國的污染生物學家 Liebmann 依照水體的有機污染程度進行區分，大致可分為：貧腐水性(oligosaprobic, os)、 $\beta$ -中腐水性( $\beta$ -mesosaprobic,  $\beta$  m)、 $\alpha$ -中腐水性( $\alpha$ -mesosaprobic,  $\alpha$  m)及強腐水性(polysaprobic, ps)等四級(田等，2004)。日本水產資源保護協會於 1980 年則藉由附生物調查法再將強腐水性(polysaprobic, ps)另分為： $\beta$ -強腐水性( $\beta$ -polysaprobic,  $\beta$  ps)及 $\alpha$ -強腐水性( $\alpha$ -polysaprobic,  $\alpha$  ps)二個等級(日本水產資源保護協會，1980)。然而監測水質最簡易之指標生物法，通常是以底棲的無脊椎動物為主要對象，除了為人熟知的水棲昆蟲外，還包括有淡水貝類、蝦、蟹、水蛭、顛蚓等(林，1995；趙，2000)。依據 Liebmann 所列出之各淡水水域污染度指標貝類的分類法，瘤蟻是為弱污染環境的指標性貝類，臺灣椎實螺為弱污染及中污染環境之間的指標性貝類，而石田螺則是中污染環境的指標性貝類(王及張，1985)；對藻類而言，剛毛藻則是可視為 $\beta$ -中腐水性環境( $\beta$  m)的指標生物(日本水產資源保護協會，1980；衛爾伯，1972)。因此我們由以上指標性生物的分類推測：兩樣區池塘水體有機污染程度，可能介於 $\beta$ -中腐水性( $\beta$  m)至 $\alpha$ -中腐水性( $\alpha$  m)的範圍之間。此外在靜止水域中若測得水體酸鹼值為偏鹼值，即表示水中浮游植物的量和生產量均高，其所進行的光合作用亦很旺盛，而造成水體酸鹼值產生偏鹼的現象(呂，1983)，由於D池塘在第 20 週之前水體酸鹼值均具偏鹼特性，因此我們認為D池塘受污染的程度應會比B池塘還要更嚴重些。

靜止水域的優養程度雖會受湖之深度、大小、型態及地理位置等因素的影響，但是最主要的因素還是藻類生長所需之營養鹽量(陳及曾，1989)。所以有學者依據湖泊水體中所含的總磷量( $\text{mg}/\text{m}^3$ )及無機氮的差異( $\text{mg}/\text{m}^3$ )，將水域的優養程度劃分為五個等級，包括有：貧養(oligotrophication)、貧-中養(oligo-mesotrophication)、中養(mesotrophication)、中-優養(meso-eutrophication)及優養(eutrophication)等(徐，1999)。而根據行政院環保署之河川水質污染等級的分類方式，則是把河川污染等級分成四級：(A)未受或稍受污染、(B)輕度污染、(C)中度污染、(D)嚴重污染，其評量的標準至少需測定生化需養量(BOD)、溶氧量(DO)、氨-氮含量( $\text{NH}_4\text{-N}$ )和水中懸浮固體(SS)等參數值(王及張，1985；Chao *et al.*, 1994；趙，2000)。至於我們所研究調查的兩樣區池塘水體，已面臨了何種優養化的程度？究竟是屬於哪一個階段的污染等級呢？除須補充水體中浮游性及附著性藻類分類的詳細觀察資料外(呂等，1985)，仍必須參照部分水質化學分析法所測得的數據作佐證，才能在日後持續地研究過程中進行更精確及深入的探討。

## 肆、結論與應用

### 一、結論：

1. 附生於螺殼上的藍綠藻及剛毛藻與石田螺的互動關係應是片利共生(communalism)，而在缺乏食物的情況下，石田螺則會採食其同伴殼上的剛毛藻以獲得養分與能量。
2. 石田螺適宜生存的溫度上限應低於 28°C；對超過 28°C 水溫環境的耐受程度方面，是以剛毛藻為最強，其次是藍綠藻，而石田螺則為最差。
3. 對於環境鹽度最大耐受度方面：石田螺約為 4.375‰(海水：蒸餾水=1：7)，藍綠藻約為 5.0‰(海水：蒸餾水=1：6)，剛毛藻則約為 7.0‰(海水：蒸餾水=1：5)；在不同鹽度環境下，鹽度的耐受程度，仍以剛毛藻為最強，其次是藍綠藻，而石田螺則是最差。
4. 在黑暗環境下，藍綠藻褪色產生白化現象的速度明顯地比剛毛藻要快了許多。
5. 在環境酸鹼值耐受的範圍方面：石田螺約在 pH=5~10 之間，藍綠藻約在 pH=7~8 之間，剛毛藻則約在 pH=6~8 之間；而酸鹼值範圍在 pH=5~8 時，藍綠藻產生變化所需的時間明顯地比剛毛藻還要少。
6. 兩樣區池塘水體的酸鹼值是造成石田螺螺殼藻類附生現象差異的主要原因：當酸鹼值超過 8.5 時，螺殼上就無剛毛藻附生，當酸鹼值降下後，藍綠藻則會比剛毛藻早出現在螺殼上。

### 二、應用：

目前臺灣地區不論是對靜止水域或是流動水域水質的監測，仍是以傳統的水質化學分析法為主。但是化學檢驗法還是有其盲點存在，以河川溪流為例，因水是不斷地流動，必須採集相當多的樣品數據才會準確；而化學分析法需使用許多精密的儀器設備，再加上昂貴藥品的消耗，且檢驗人員須經過較長時間的訓練，如此才會有準確的操作結果。此外，自採樣點所採集的樣品，其保存方式及送至實驗室進行儀器分析的路程時間差異，都有可能造成分析結果的參數產生誤差。因此若是利用指標生物法(biological indicator)則可彌補這些失誤，藉由使用簡單的工具及稍加訓練的生物辨別技能，幾乎人人可做。所以不論是日本或美國都有一套以生物判別水質的簡易方法，供一般民眾就近監測住家水域之水質變化。

雖然水中生物資料不能完全取代理化水質資料，就如同理化水質資料亦不可取代水中生物資料一樣，故此二資料應是相輔相成的。因此我們以綠地公園內的池塘為例，提供靜止水域貝類及其附生藻類的生態研究與分析，使關心周遭環境的居民，隨時可發揮敏銳的觀察能力並運用簡易辨識物種的技巧，來監測周遭水域的生物多樣性與環境品質，將生態演替觀念融入日常生活之中，反思人類在生物圈中的生態地位及與自然和諧共存之道，重新喚起人們和其他生物及環境相容共存的使命感，以達成「為子子孫孫留下一片美好樂土」的心願！

## 伍、誌謝

本作品在研究過程中，遭遇到不少困難的瓶頸關卡，但承蒙許多貴人的幫忙與協助，才得以突破難關，順利完成。真誠的感謝這些曾經熱心協助我的專家、學者及師長們：

一、感謝中央研究院生物多樣性研究中心軟體動物學研究室、

高雄醫學大學生物醫學暨環境生物學系－邱郁文助理教授，  
在石田螺及其他淡水貝類方面提供我寶貴的生態資料及建議。

二、感謝中央研究院植物研究所－吳俊宗博士、

國立臺灣博物館植物組－徐明光研究員、

弘光科技大學醫護學院－陳伯中教授、

國立臺灣海洋大學水產養殖系－陳衍昌教授、博士班李孟洲學長、

國立臺東大學自然科學教育學系－李炎教授、林綉美教授、

Director, MRI, NUI Galway, Ireland－Professor **M.D. Guiry**、

Ohio University Athens OH 45701 USA — **Morgan L. Vis** 教授，

協助對剛毛藻及顫藻分類的鑑定。

三、感謝 Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology Extremobiosphere Research

Center－**Kazuyo Matsuyama-Serisawa, Ph. D.**

Scientific Officer, Freshwater Phycology, National Herbarium of New South Wales

Science and Public Programs Botanic Gardens and Domain Trust, Department of

Conservation and Environment－Dr. **Stephen Skinner**

提供非常珍貴的剛毛藻相關研究參考文獻。

此外，臺北市政府工務局養護工程處洪瑞玲小姐提供樣區池塘的水位資料，本校地理科教師許心寶老師及吳慧菊老師教導 GIS 繪圖軟體的操作使用，設備組羅玕貞組長及組員慷慨借予器材及所有鼓勵我的師長等，由衷的向你們說聲：謝謝！！

## 陸、參考文獻

### 一、書籍文章：

- 中國科學院青藏高原綜合科學考察隊，1992，西藏藻類，310-312，448 頁。  
北京市：科學出版社。
- 王漢泉、張寬敏，1985，淡水河流域軟體動物調查與水質評估，貝類學報 11：81-92。
- 田渙玉，1977，水產養殖要覽—田螺之養殖，1046-1056 頁。臺北市：漁牧科學雜誌社。
- 田志仁、吳承恩、黃顯宗、汪碧涵，2004，以水棲昆蟲為指標生物評估臺北外雙溪水質，自然保育季刊 45：38-45。
- 任淑仙，1995，無脊椎動物學(上冊)—軟體動物門，302-383 頁。臺北市：淑馨出版社。
- 曲俊銘、陳亮憲、邱郁文，1996，淡水河口底棲生物與底質色素體有機質的相關性，華岡理科學報 13：109-126。
- 巫文隆，1997a，臺灣經濟性貝類研究參考圖冊，103 頁。臺北市：行政院農業委員會。
- 巫文隆，1997b，CITES 珍稀貝類研究參考圖冊，133 頁。臺北市：行政院農業委員會。
- 呂光洋，1983，五股蘆洲沼澤地生態和自然資源之調查，師大生物學報 18：29-56。
- 呂光洋、杜銘章、陳世煌、呂紹瑜、莊國碩，1985，南仁山山區水域之湖沼學和兩棲爬蟲動物之調查，66 頁。臺北市：內政部營建署墾丁國家公園管理處。
- 呂森吉、蘇霸靄，1985，南仁山水域動物性寄生蟲生態解說，12 頁。  
臺北市：內政部營建署墾丁國家公園管理處。
- 李永適，1999，消失中的臺灣珊瑚礁，143 頁。臺北市：大地地理出版事業股份有限公司。
- 李 炎，1999，藍細菌：1 種可產生氧氣的光合作用原核生物，73 頁。  
臺東市：國立臺東師範學院數理系。
- 吳書平，1999，哈盆溪之川蜷(*Semisulcospira libertine*) (Guld,1859)生殖生態研究，  
國立臺灣大學動物學研究所碩士論文，75 頁。
- 吳書平、邱郁文、方建能，2003，國立臺灣博物館館藏貝類模式標本圖錄，68 頁。  
臺北市：國立臺灣博物館。
- 林斯正，1995，水生無脊椎動物與棲地監測，自然保育季刊 11：6-9。
- 林曜松、曾晴賢，1985，墾丁國家公園南仁山生態保護區水域動物生態研究-二、南仁山淡水魚類及水生無脊椎動物簡說，48 頁。臺北市：內政部營建署墾丁國家公園管理處。
- 邱郁文，2002，田螺型態與遺傳變異之研究 (Morphological and genetic variation of viviparid snails)，國立臺灣大學動物學研究所博士論文，114 頁。
- 邱郁文、林曜松，2002，"貝"受注目--淡水貝類簡介，動物園雜誌 88 (22：4)：11-15。
- 施河 主編，2004a，高級中學基礎生物—全冊一年級用書，14-19 頁。  
臺南市：南一書局企業股份有限公司。
- 施河 主編，2004b，高級中學生物教師手冊—上冊三年級上學期用書，54-56 頁。

臺南市：南一書局企業股份有限公司。

徐明光，1999，臺灣淡水浮游藻(I)-通論及綠藻(1)，153 頁。臺北市：國立臺灣博物館。

陳金讚，2000，千年第一本鄉土誌—內湖傳家寶，336 頁。臺北市：內湖文化史工作室。

陳昭倫，2002，共生藻多樣性與全球珊瑚白化，全球變遷通訊 35：43-46。

陳是瑩、曾怡禎，1989，鳳山水庫藻類與水質的研究，50 頁。臺北市：行政院環境保護署。

黃淑芳，2000，臺灣東北角海藻圖錄，233 頁。臺北市：國立臺灣博物館。

黃淑芳，2005，奇妙的石頭長毛～傘藻，臺灣博物 85(24：1)：62-63。

張慧玲，2002，湖！臺北盆地的絕色明珠，臺北畫刊 416：26-33。

喬瓊恩、謝三泰，2002，內湖庄—內湖心臟地帶的山坳盆地，臺北畫刊 416：12-19。

趙大衛、王蓮成、翁文練，1987，金門地區淡水性螺類之調查，貝類學報 13：91-96。

趙大衛，2000，貝類生物指標在環境變遷及污染評估上的應用，環境教育季刊 42：67-76。

趙世民、蘇焉，2000，海中的熱帶雨林—珊瑚礁，202 頁。臺中市：國立自然科學博物館。

楊萬發，2004，水體水質保護，工程小叢書—環境工程系列，110 頁。

臺北市：財團法人中興工程科技研究發展基金會。

劉建明，1989，貝類養殖技術—田螺養殖，346-442 頁。臺北市：五洲出版社。

蔡英亞、張英、魏若飛，1997，貝類學概論，631 頁。基隆市：水產出版社。

賴景陽，1986，臺灣自然生態叢書—臺灣的貝類，140 頁。臺北市：雷鼓出版社。

賴景陽，1990，臺灣自然觀察圖鑑 13—貝類，200 頁。臺北市：渡假出版社有限公司。

賴景陽，2005，自然珍藏系列—臺灣貝類圖鑑，384 頁。臺北縣新店市：貓頭鷹出版。

戴昌鳳，1989，臺灣的珊瑚，科學教育資料叢書(XVIII)，194 頁。臺中縣：臺灣省政府教育廳。

戴昌鳳，2002，氣候變遷、珊瑚白化與珊瑚礁的未來，全球變遷通訊 35：25-33。

謝伯娟，2003，臺灣蝸牛圖鑑，239 頁。臺北市：行政院農業委員會。

藍子樵，1985，貝類的世界，187 頁。臺北市：南天書局有限公司。

蘇惠美、周宏農，1993，有害微細藻類與貝毒檢驗法，52 頁。臺北市：行政院農業委員會。

S·彼得·當斯(S. Peter Dance) 著，劉澍、宋漢濤 翻譯，1996，自然珍藏系列—貝類圖鑑，263 頁。臺北縣新店市：貓頭鷹出版。

日本水產資源保護協會 編，1980，新編水質汙濁調查指針，273-304 頁。

東京市：恒星社厚生閣。

岡村金太郎，1930，藻類系統學，147-151 頁。東京市：內田老鶴圃。

岡村金太郎，1956，日本海藻誌，45-69 頁。東京市：內田老鶴圃。

廣瀨弘幸、山岸高旺，1977，日本淡水藻圖鑑，933 頁。東京市：內田老鶴圃新社。

衛爾伯(Wilber, Charles Grady) 著，長瀨隆子 譯，1972，水質污染の生物學的研究，300-323 頁。東京市：恒星社厚生閣。

Chao, D., Liu, Z.H. and Chang, H.W. 1992. Ecological and parasitological studies on freshwater

mollusks of the Kaoping River. Bulletin of Malacology. ROC, 17 : 51-57.

Chao, D., Z. H. Liu, H. W. Chang and T. C. Huang. 1994. Distribution and disappearance of freshwater snails in the midstream reaches of Tachia River. Bulletin of Malacology, ROC, 18: : 21-27.

Chiu, Y. W., C. A. Chen, and H. C. Chen. 2002. Genetic variation of the viviparid snail, *Sinotaia quadrata* (Gastropod : Viviparidae) in Taiwan. Acta Zoologica Taiwanica 13(1) : 1-10.

Fan, P. C., C. C. Wu and C. T. Lo. 1992. Molluscan fauna of Cheng-Ching Lake, Kao-Hsiung county, Taiwan, and comparative efficiency of four collection methods. Bulletin of Malacology, ROC, 17 : 99-105.

Robert, F. N. and Taft, C. E. 1959. A new species of *Basycladia* from the snail *Viviparus malleatus* Reeve. The Ohio Journal of Science 59(1) : 58-62.

Skinner, S. and Entwisle, T.J. 2004. Non-marine algae of Australia: : 6. Cladophoraceae (Chlorophyta), *Telopea* 10(3) : 731-748.

## 二、網路資料：

網站 1：2005 年雨水酸鹼度值月平均資料，中央氣象局資訊服務網站，

取自：<http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm>

網站 2：2005 年臺北氣象站逐日雨量資料，中央氣象局資訊服務網站，

取自：<http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm>

網站 3：大湖公園，臺北市公園路燈管理處，取自：<http://parklight.tcg.gov.tw/park01-24.htm>

網站 4：五光十色的軟體動物，取自：<http://nerc1.ckjhs.tyc.edu.tw/10121607i.htm>

網站 5：什麼是綠毛龜，取自：<http://www.in70.com/beauty/wenzhang-3827.htm>

網站 6：白化的碑磔貝，科學探索系列，

取自：<http://www.nmns.edu.tw/New/PubLib/NewsLetter/89/152/17-2.htm>

網站 7：如何預防綠毛龜脫毛，取自：<http://www.coi.gov.cn/scyz/zj/136237.htm>

網站 8：邱郁文，2000，失寵的仙女—田螺仙子，環境資訊電子報，

取自：<http://e-info.org.tw/topic/shell/Viviparidae/Viviparidae.htm>

網站 9：邱郁文，淺談淡水的螺類，環境資訊電子報，

取自：<http://e-info.org.tw/topic/shell/freshshell.htm>

網站 10：邱郁文，2000，靜水區的腹足類，淡水水域生態介紹，臺灣濕地 17，

取自：<http://www.wetland.org.tw/about/hope/hope17/hope17.htm>

網站 11：河川的生物特性，取自：

<http://pck.bio.ncue.edu.tw/pckweb/database/data2/ck/senior/ch3/3-4/fresh%20water/river/property.htm>

網站 12：東沙生態，南部地區巡防局東沙資訊，

取自：[http://www.cga.gov.tw/south/dongsha/index\\_media.asp](http://www.cga.gov.tw/south/dongsha/index_media.asp)

- 網站 13：邵廣昭等，1996 年 5 月初版，臺灣常見魚介類圖說(上)--海藻與無脊椎動物，臺灣省漁業局，取自：<http://www.fa.gov.tw/tfb10/f2/f21/s6bc.htm>
- 網站 14：紅潮(red tides)及造成水質異味的藻類，臺灣海洋生態資訊學習網，取自：<http://study.nmmba.gov.tw/upload/Resource/onserv1514.htm>
- 網站 15：烏龜疊塔，揚州文藝網，取自：<http://news.yztoday.com/275/2005-05-19/20050519-528959-275.shtml>
- 網站 16：黃喉擬水龜，中國百科全書智慧藏，取自：  
<http://163.17.79.102/%A4%A4%B0%EA%A4j%A6%CA%AC%EC/Content.asp?ID=19293&Query=3>
- 網站 17：黃新真，2004，嚴正抗議電視節目誤導大家吃碑渠貝，環境資訊電子報，取自：<http://e-info.org.tw/against/2004/ag04101901.htm>
- 網站 18：綠毛龜為什麼長綠毛，自然與環境，智慧島  
取自：<http://www.topbluecat.com.cn/wisdom/View.aspx?ParentID=0&ID=862>
- 網站 19：綠毛龜，中國農產品供求信息網，  
取自：<http://www.agrisd.gov.cn/info/archive/60306.shtml>
- 網站 20：綠毛龜的”綠毛”為何變短了，案例分析，常州市田家炳實驗中學<研究性課程實驗範例>，取自：[http://www.jswl.cn/course/B1015/chapter\\_4/setion\\_2/paper/4anli-lumaogui.htm](http://www.jswl.cn/course/B1015/chapter_4/setion_2/paper/4anli-lumaogui.htm)
- 網站 21：綠毛龜怎樣培養，蟲蟲玩家，淘氣資訊網，  
取自：<http://www.51taoqi.com/newscenter/new/pxl/200508110440428.html>
- 網站 22：綠藻，云想的顯微圖片冊，取自：<http://xianwei.8849.cn/yuansheng/za/za.htm>
- 網站 23：碧湖公園，臺北市公園路燈管理處，取自：<http://parklight.tcg.gov.tw/park01-25.htm>
- 網站 24：腹足綱，貝類的分類，臺灣貝類資料庫，  
取自：<http://shell.sinica.edu.tw/chinese/classification.php>
- 網站 25：腹足綱的測量，正確觀察貝殼的方法，臺灣貝類資料庫，  
取自：<http://shell.sinica.edu.tw/chinese/survey.php>
- 網站 26：腹足綱的觀察，正確觀察貝殼的方法，臺灣貝類資料庫，  
取自：<http://shell.sinica.edu.tw/chinese/observation.php>
- 網站 27：臺北市養護工程處組織簡介及業務執掌—水利工程科，  
取自：<http://parklight.tcg.gov.tw/park01-25.htm>
- 網站 28：龜，淡水養殖名特優新種大全，取自：<http://www.yssj.net/jnyd/mtyxdc/32g.htm>
- 網站 29：Prácticas de Biología marina: algas verdes macroscópicas，取自：  
<http://www.pdipas.us.es/c/carromzar/algas/Cladophorales.htm>
- 網站 30：What is Cladophora?，取自：[http://people.westminstercollege.edu/faculty/tharrison/emigration/Cladophora.htm#Cladophora\\_fracta](http://people.westminstercollege.edu/faculty/tharrison/emigration/Cladophora.htm#Cladophora_fracta)

表一、兩樣區公園及池塘之基本資料

| 比較項目 | 舊時名稱 | 園區面積                   | 園區池塘名稱         | 園區池塘面積                 | 池塘深度   |
|------|------|------------------------|----------------|------------------------|--------|
| B公園  | 內湖大陂 | 163,880 m <sup>2</sup> | B池塘，<br>又名：大陂湖 | 77,883m <sup>2</sup>   | 約 3.5m |
| D公園  | 十四份陂 | 126,717 m <sup>2</sup> | D池塘，<br>又名：白鷺湖 | 100,149 m <sup>2</sup> | 約 5m   |

表二、兩樣區池塘水體溫度、酸鹼度及與石田螺共域的軟體動物之比較

| 比較項目  | 水體平均溫度(°C) |       | 水體平均酸鹼度(pH) |      | 與石田螺共域的<br>其他軟體動物物種  |
|-------|------------|-------|-------------|------|--|
|       | 最低值        | 最高值   | 最低值         | 最高值  |  |
| B樣區池塘 | 15.54      | 34.37 | 6.91        | 8.21 | 福壽螺( <i>Pomacea canaliculata</i> )<br>臺灣椎實螺( <i>Radix swinhoei</i> )<br>瘤蟯( <i>Tarebia granifera</i> )<br>稜蚌( <i>Cristaria discoidea</i> ) |
| D樣區池塘 | 14.69      | 33.90 | 7.13        | 9.50 | 福壽螺( <i>Pomacea canaliculata</i> )<br>臺灣椎實螺( <i>Radix swinhoei</i> )   |

表三、兩樣區池塘石田螺室內飼養存活率之比較

| 比較項目  |          | 飼養編號 B 缸                  | 飼養編號 D 缸   |
|---|----------|---------------------------|------------|
| 形質測量  | 平均螺長(mm) | 23.3±3.35                 | 23.7±2.65  |
|   |          | t=- 1.84, p>0.05, n=736   |            |
|   | 平均螺寬(mm) | 17.6±2.43                 | 18.0±1.80  |
|   |          | t=- 1.49, p>0.05, n=736   |            |
| 溫度(°C)  | 最高溫度     | 28.48                     | 28.43      |
|   | 最低溫度     | 14.81                     | 14.69      |
|   | 平均溫度     | 23.40±4.66                | 23.39±4.63 |
|   |          | t=- 0.00228, p>0.05, n=32 |            |
|   | 最大值      | 7.6                       | 7.5        |
| 酸鹼值   | 最小值      | 7.1                       | 7.1        |
|   | 平均值      | 7.28±0.141                | 7.30±0.158 |
|   |          | t=- 0.262, p>0.05, n=32   |            |
| 飼養顆數  |          | 462                       | 343        |
| 存活顆數  |          | 328                       | 167        |
| 存活率(%)  |          | 70.995                    | 48.688     |
| 卡方分析( <i>Chi-square</i> )之百分比同質性質考驗： $X^2=41.369$ , $df=1$ , $p<0.01$ |          |                           |            |

表四、不同水溫環境下石田螺與藻類平均存活數量之比較

| 比較項目          | 28°C                   | 33°C      |
|---------------|------------------------|-----------|
| 形質測量 平均螺長(mm) | 23.3±2.93              | 22.7±2.78 |
|               | t=-1.56, p>0.01, n=200 |           |
| 平均螺寬(mm)      | 18.1±1.73              | 17.6±2.47 |
|               | t=-1.72, p>0.01, n=200 |           |
| 平均飼養顆數        | 20.0                   | 20.0      |
| 平均存活顆數        | 17.80±1.30             | 5.60±2.41 |
|               | t=-9.96, p<0.01, n=10  |           |
| 藍綠藻發生變化之平均顆數  | 0.0                    | 0.0       |
| 剛毛藻發生變化之平均顆數  | 0.0                    | 0.0       |

表五、相同溫度下石田螺、藍綠藻及剛毛藻開始發生變化之平均天數比較

| 比較項目 | 石田螺                              | 藍綠藻       | 剛毛藻        |
|------|----------------------------------|-----------|------------|
| 28°C | 3.0±0.707                        | 9.80±2.59 | 12.60±5.03 |
|      | F <sub>2, 12</sub> =11.2, p<0.01 |           |            |
| 33°C | 1.4±0.548                        | 7.80±1.30 | 11.00±3.16 |
|      | F <sub>2, 12</sub> =29.9, p<0.01 |           |            |

表六、七種不同鹽度環境下石田螺存活數量之比較

| 鹽度比例 | 1 : 3                            | 1 : 4     | 1 : 5     | 1 : 6     | 1 : 7      | 1 : 8      | 1 : 9      |
|------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 存活顆數 | 0.00±0.00                        | 0.00±0.00 | 3.67±1.63 | 6.50±3.62 | 11.50±5.75 | 16.00±3.32 | 16.80±1.92 |
|      | F <sub>6, 28</sub> =21.4, p<0.01 |           |           |           |            |            |            |

表七、相同鹽度環境下三種物種開始發生變化之平均天數比較

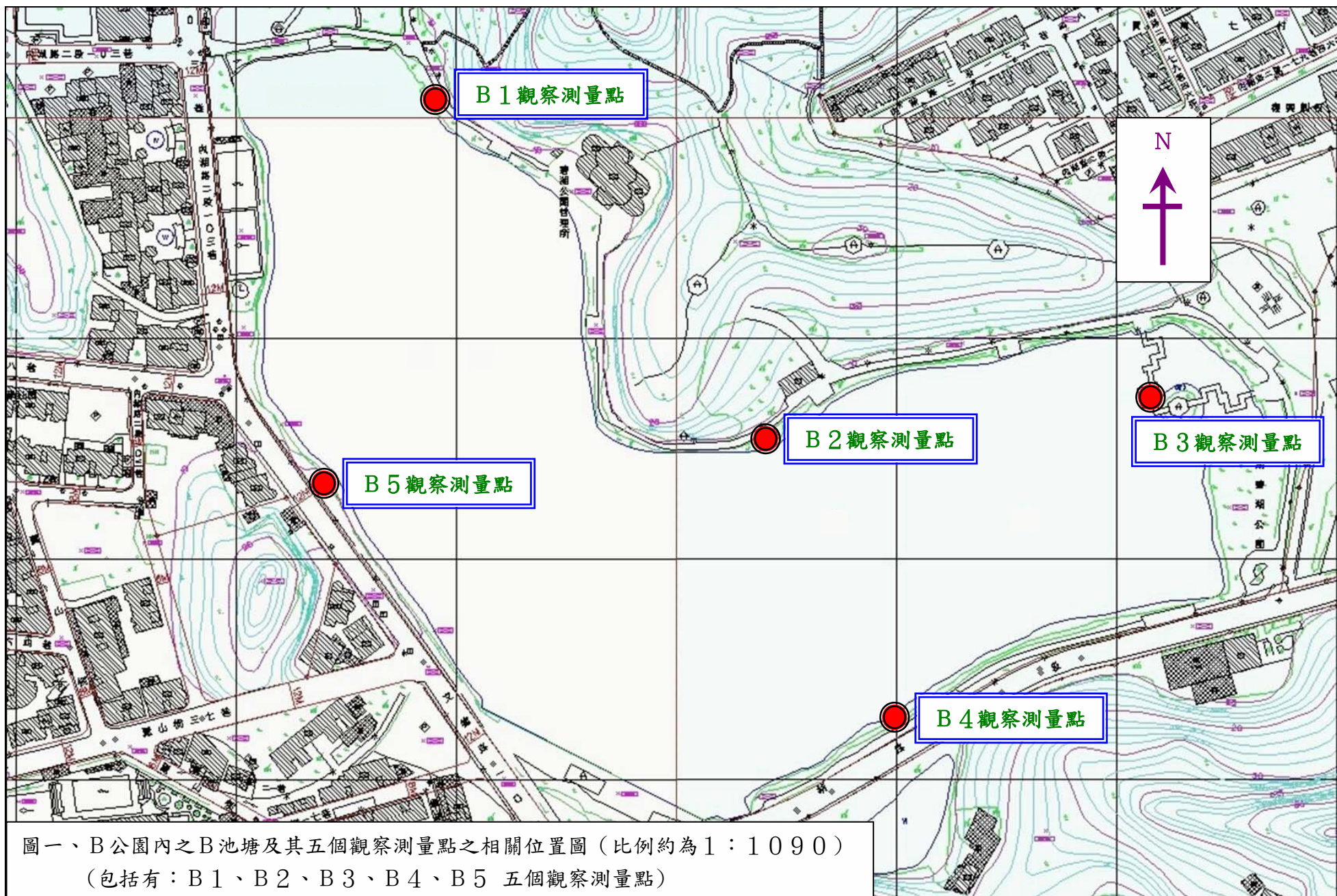
| 物種 \ 鹽度 | 1 : 3                             | 1 : 4                              | 1 : 5                              | 1 : 6                              | 1 : 7                              | 1 : 8                              | 1 : 9                             |
|---------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 石田螺     | 1.00±0.00                         | 1.33±0.58                          | 2.00±1.00                          | 3.00±1.00                          | 8.00±2.00                          | 15.30±2.52                         | 21.30±3.21                        |
| 藍綠藻     | 21.33±2.52                        | 25.33±1.53                         | 29.33±2.08                         | 38.00±1.00                         | 40.67±5.77                         | 45.70±5.13                         | 48.00±6.24                        |
| 剛毛藻     | 37.00±6.00                        | 46.33±4.16                         | 55.33±3.22                         | 57.00±3.00                         | 56.67±1.53                         | 57.00±2.65                         | 56.70±2.08                        |
| 變方分析    | F <sub>2, 6</sub> =69.3<br>p<0.01 | F <sub>2, 6</sub> =228.0<br>p<0.01 | F <sub>2, 6</sub> =408.6<br>p<0.01 | F <sub>2, 6</sub> =613.9<br>p<0.01 | F <sub>2, 6</sub> =139.6<br>p<0.01 | F <sub>2, 6</sub> =105.3<br>p<0.01 | F <sub>2, 6</sub> =56.9<br>p<0.01 |

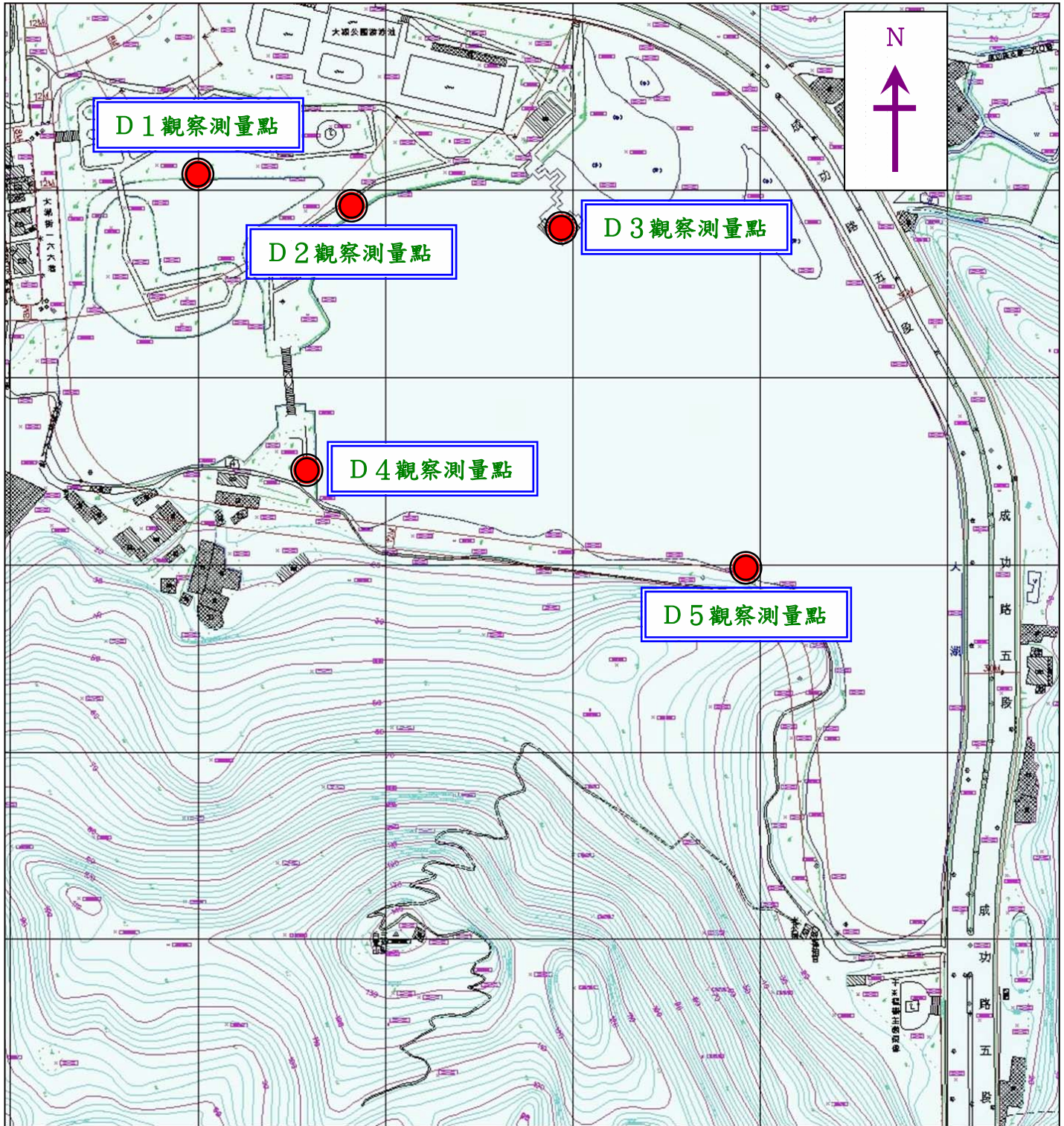
表八、不同 pH 值環境下石田螺的平均存活數量

| 酸鹼值                     | pH = 3    | pH = 4     | pH = 5     | pH = 6     | pH = 7     | pH = 8     | pH = 9     | pH = 10    |
|-------------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 存活顆數                    | 7.67±1.53 | 13.00±1.00 | 19.00±1.00 | 19.00±1.00 | 19.33±1.16 | 18.33±1.53 | 18.33±0.58 | 17.33±1.53 |
| $F_{7,16}=34.7, p<0.01$ |           |            |            |            |            |            |            |            |

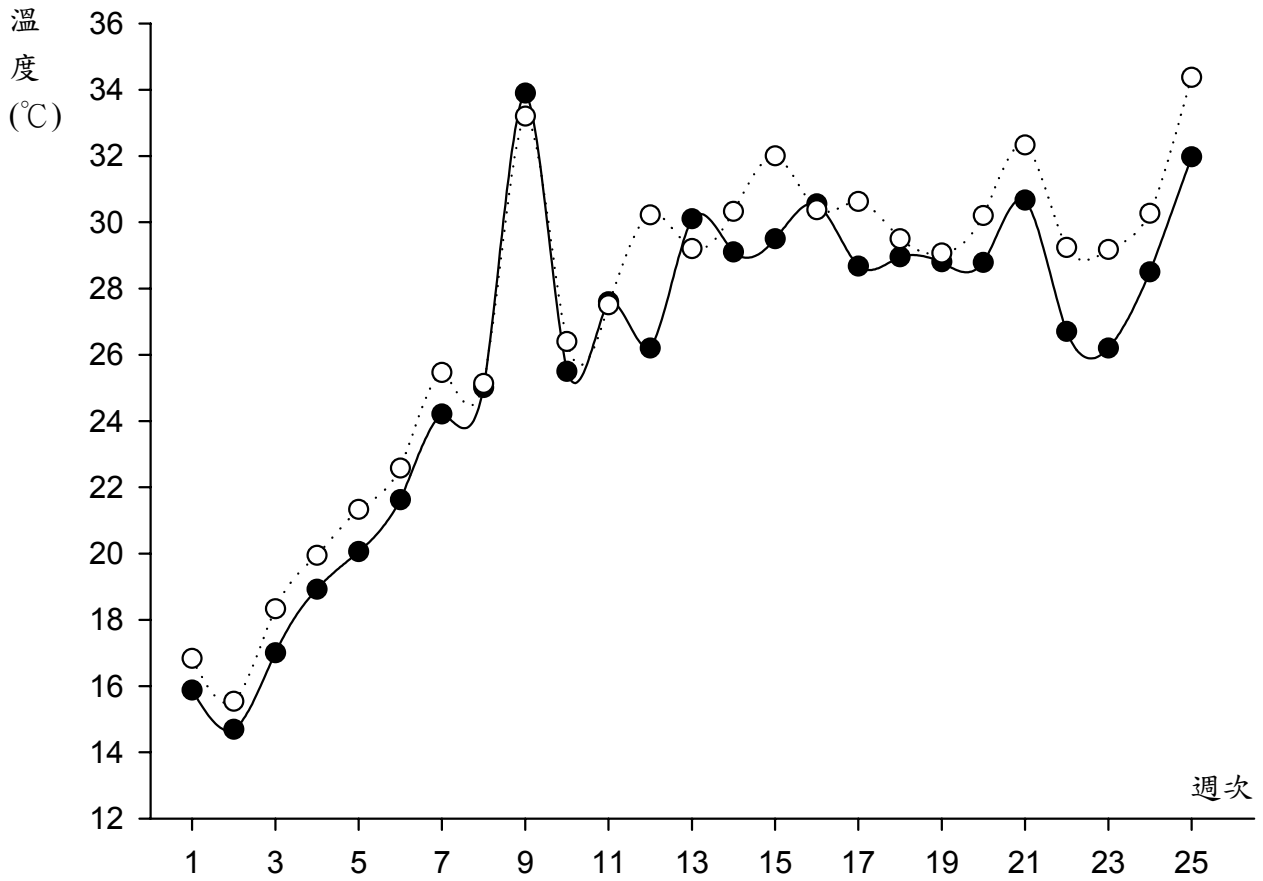
表九、相同 pH 值環境下藍綠藻及剛毛藻開始發生變化之平均天數比較

| 比較項目     | pH = 3                          | pH = 4                          | pH = 5                         | pH = 6                         | pH = 7                         | pH = 8                         | pH = 9                        | pH = 10                        |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 藍綠藻      | 3.33±0.58                       | 5.00±1.00                       | 5.67±1.15                      | 13.00±2.00                     | 41.67±3.05                     | 39.67±2.52                     | 12.67±4.04                    | 2.67±0.58                      |
| 剛毛藻      | 3.67±0.58                       | 5.33±1.53                       | 19.33±1.53                     | 45.00±2.00                     | 52.33±1.53                     | 47.00±2.65                     | 9.33±2.58                     | 3.33±0.58                      |
| t - test | t = -0.707<br>p > 0.05<br>n = 6 | t = -0.316<br>p > 0.05<br>n = 6 | t = -12.4<br>p < 0.01<br>n = 6 | t = -19.6<br>p < 0.01<br>n = 6 | t = -5.41<br>p < 0.01<br>n = 6 | t = -3.48<br>p < 0.05<br>n = 6 | t = 1.21<br>p > 0.05<br>n = 6 | t = -1.41<br>p > 0.05<br>n = 6 |

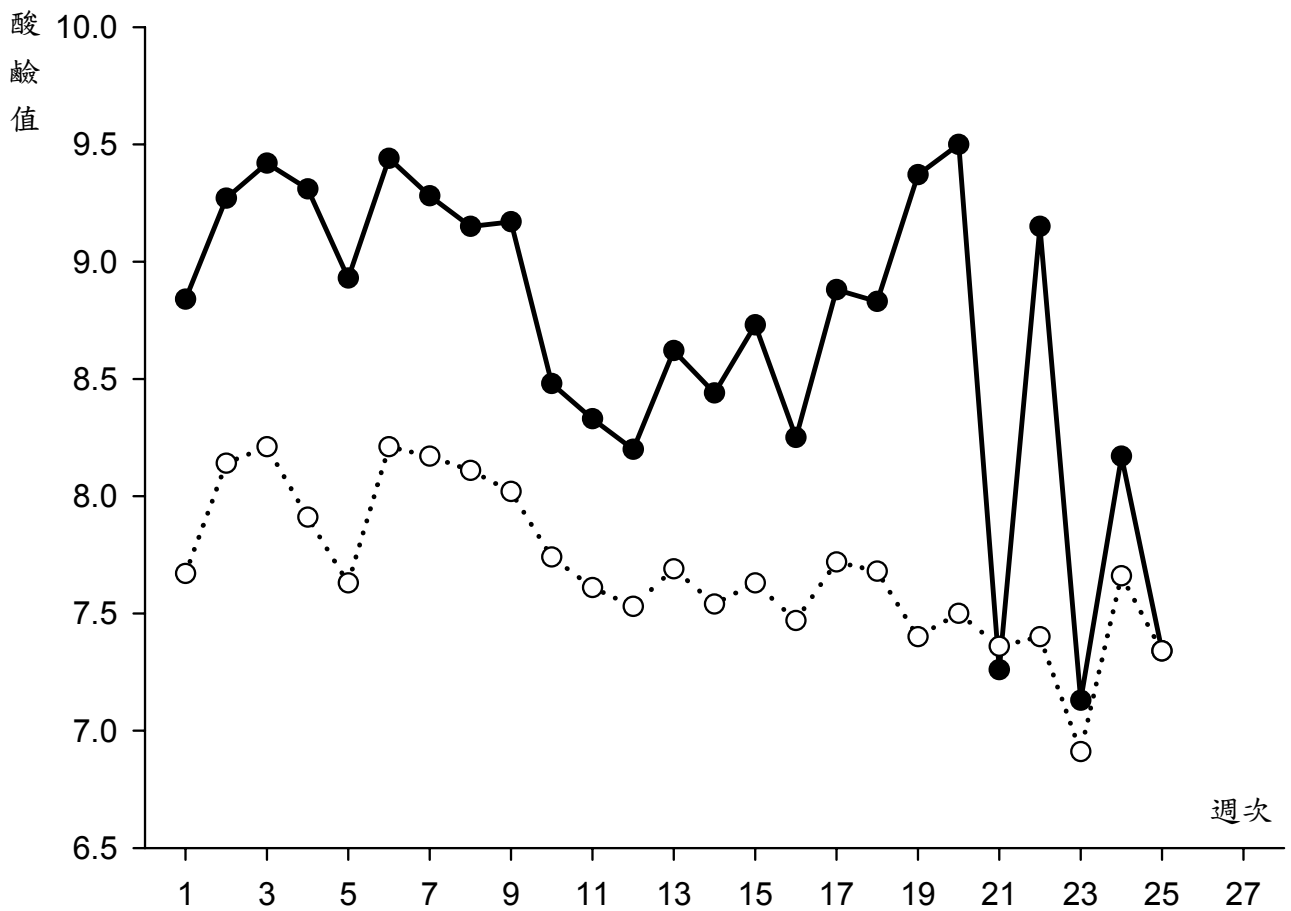




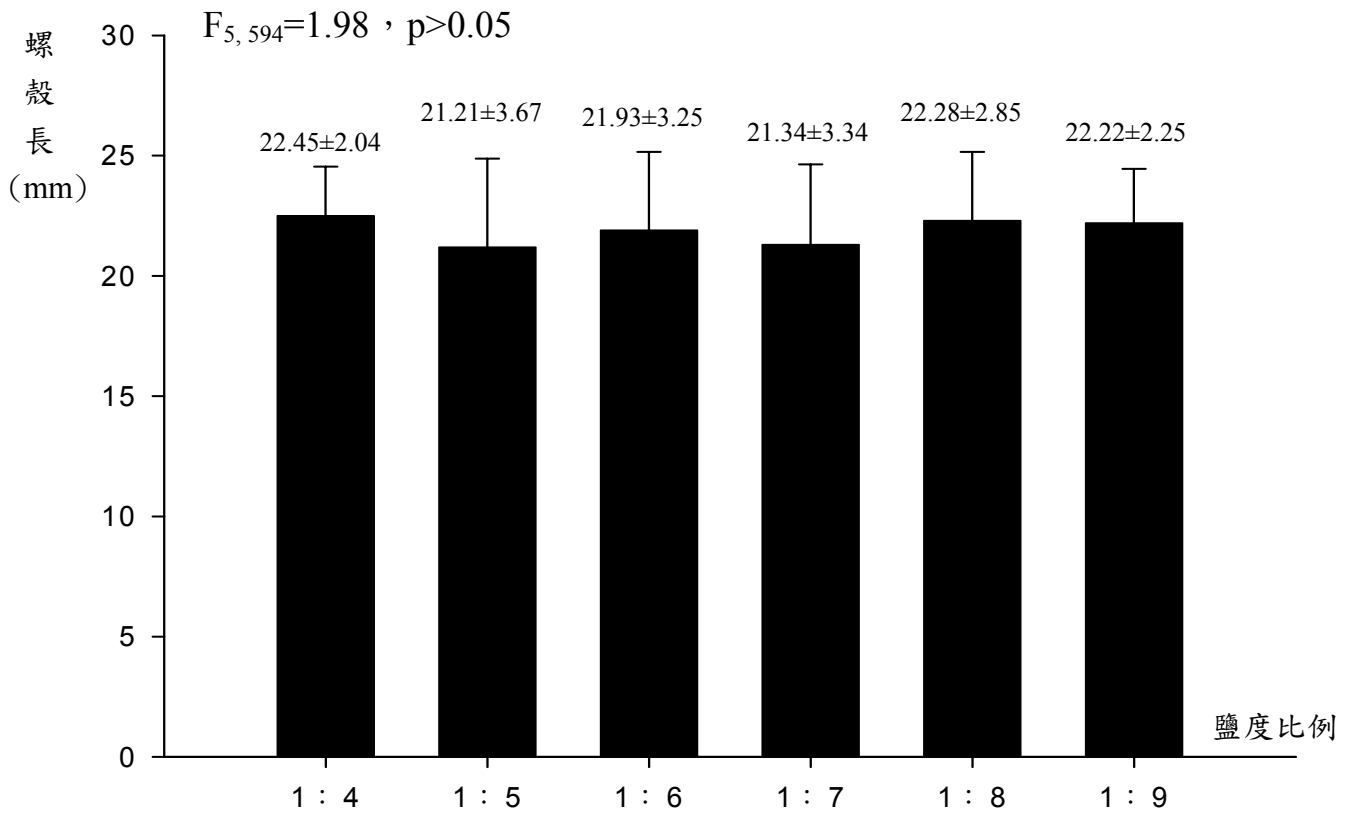
圖二、D公園內之D池塘及其五個觀察測量點之相關位置圖（比例約為1：1425）  
 （包括有：D1、D2、D3、D4、D5 五個觀察測量點）



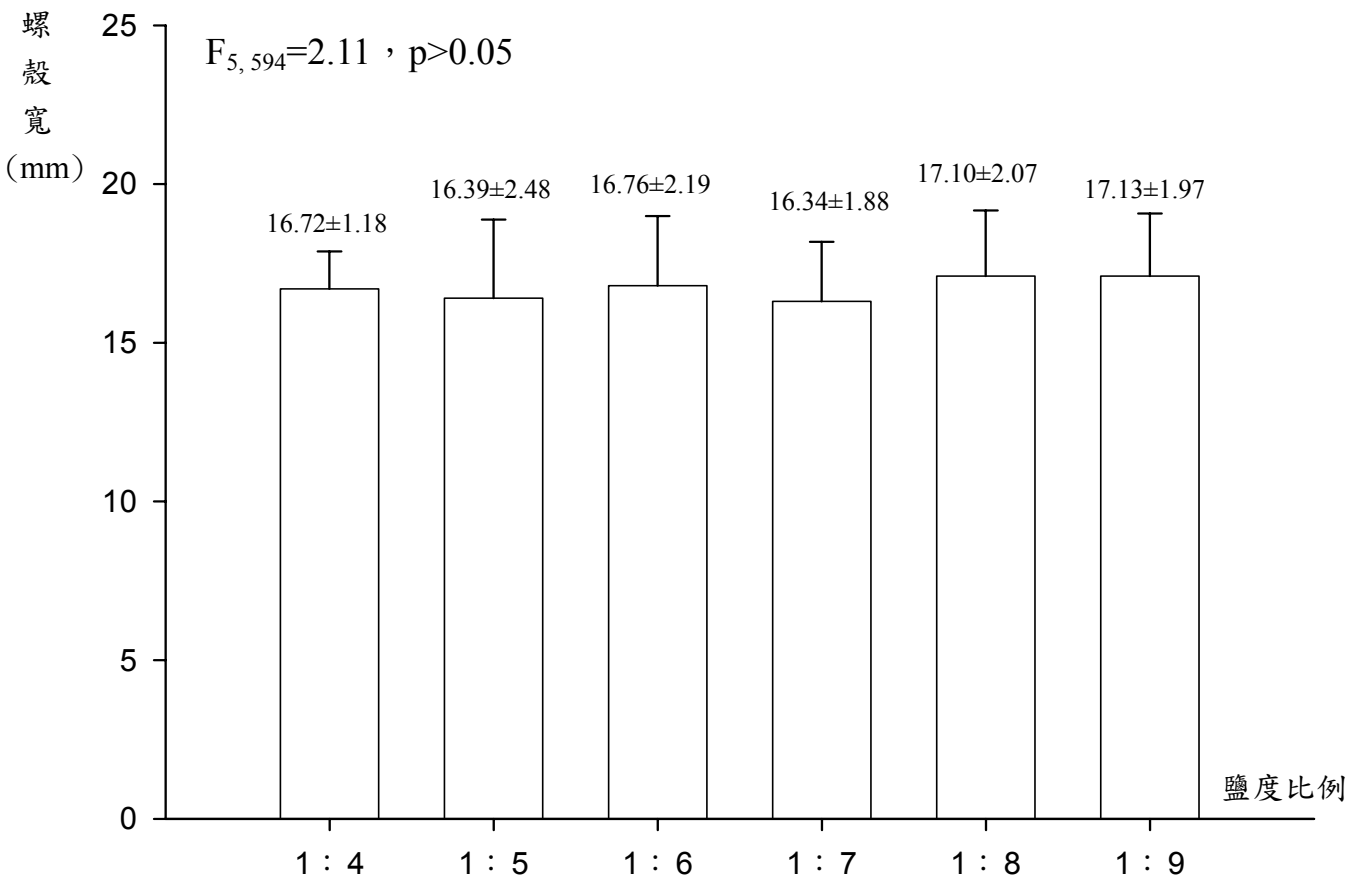
圖三、B、D 樣區池塘水溫變化圖。B 池塘：虛線...○...；D 池塘：實線—●—。



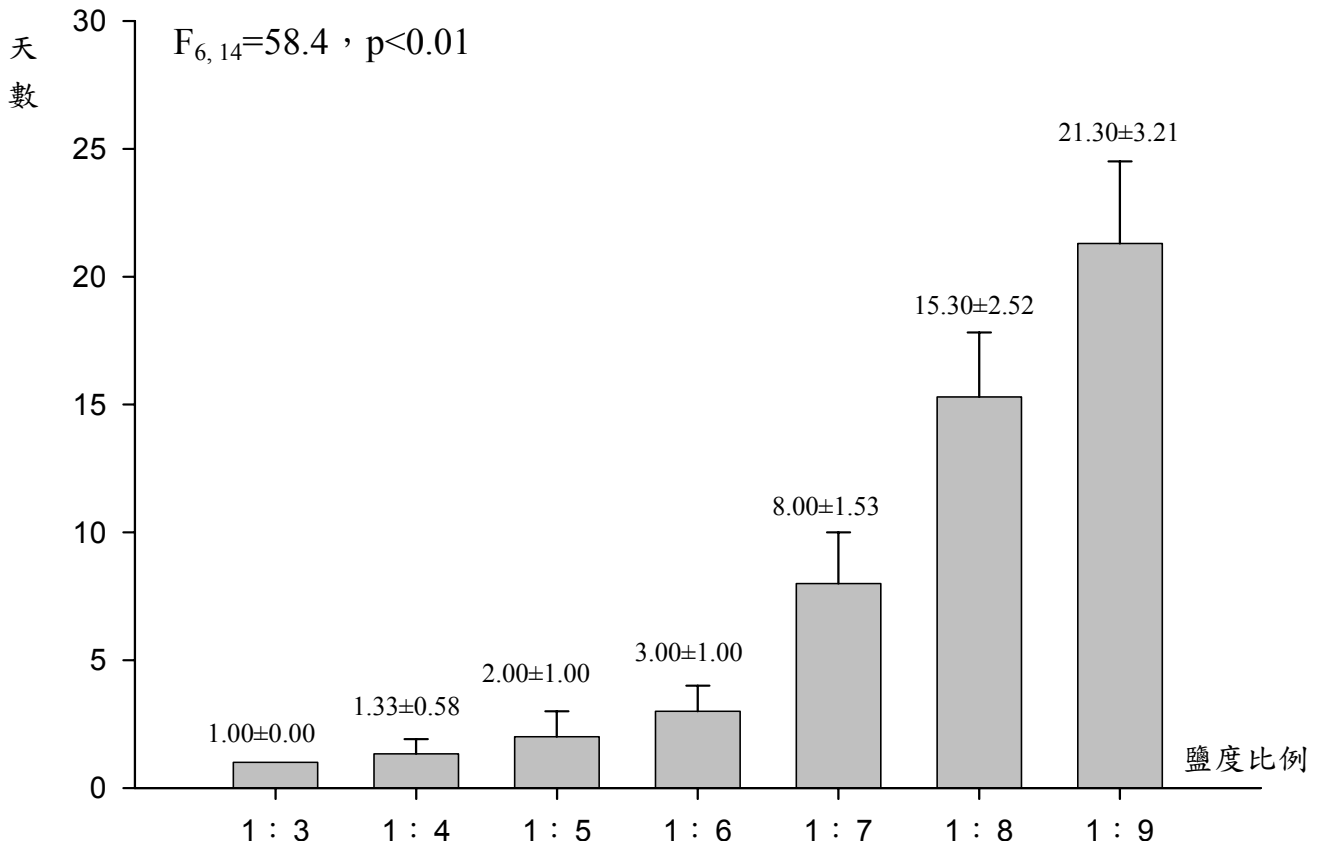
圖四、B、D 樣區池塘 pH 值變化情形。B 池塘：虛線...○...；D 池塘：實線—●—。



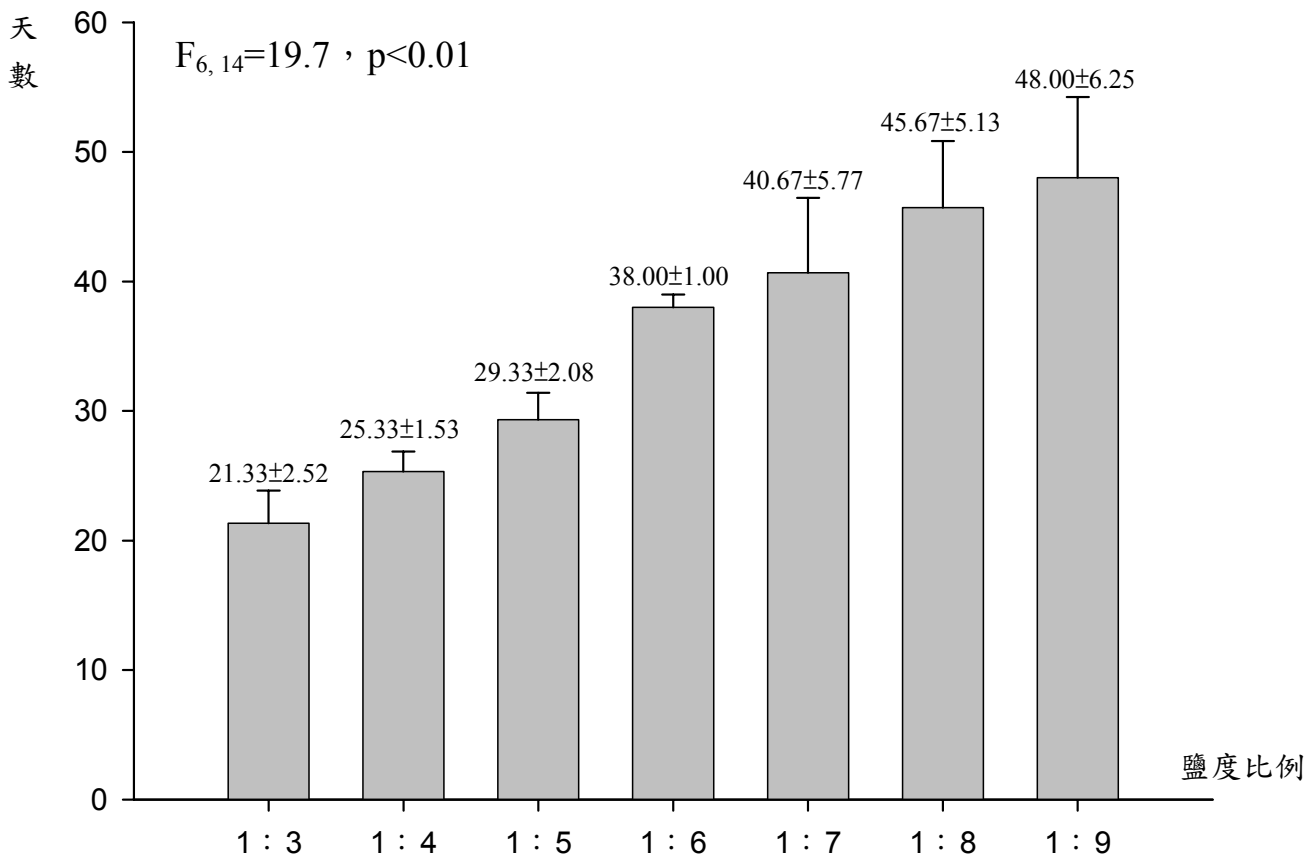
圖五、不同鹽度環境下平均螺殼長比較



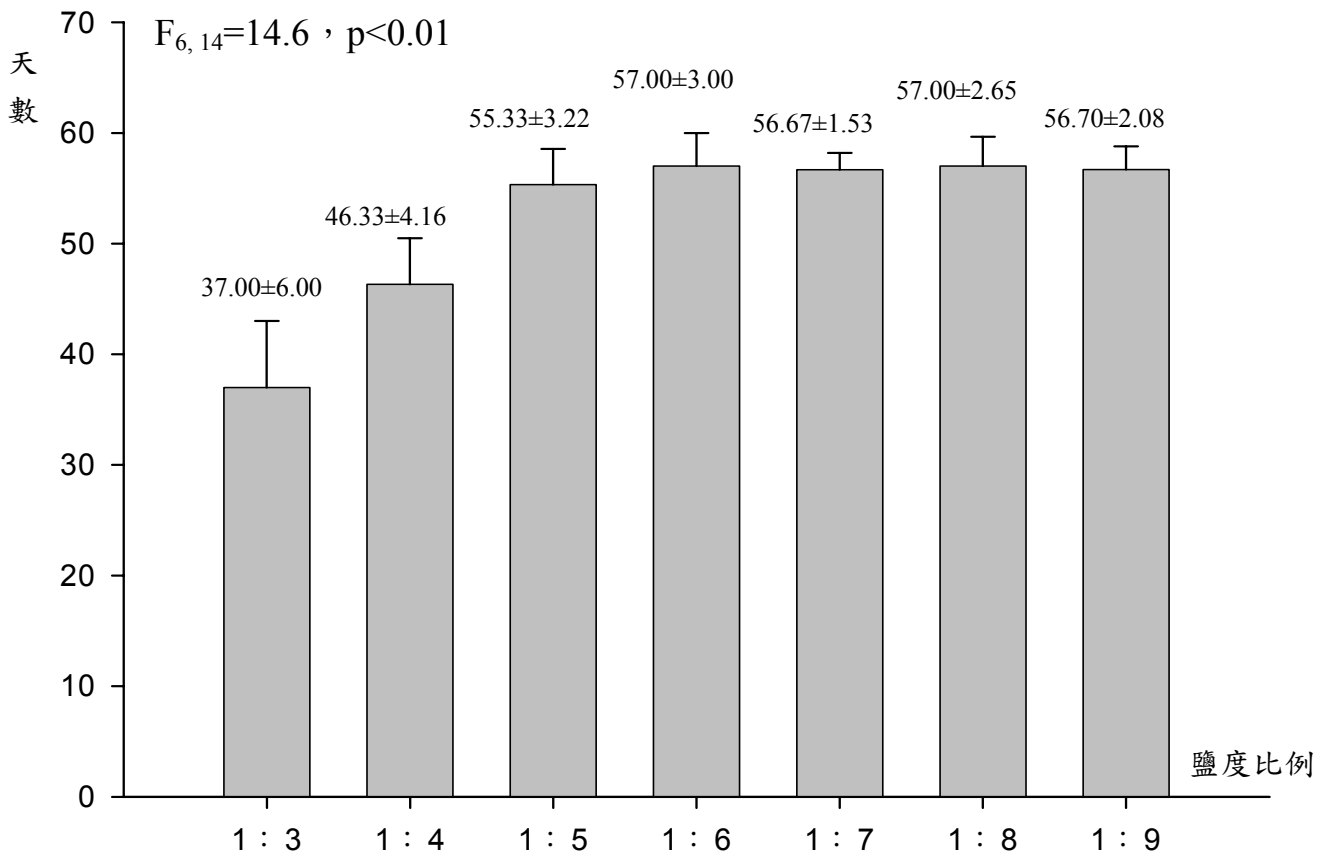
圖六、不同鹽度環境下平均螺殼寬比較



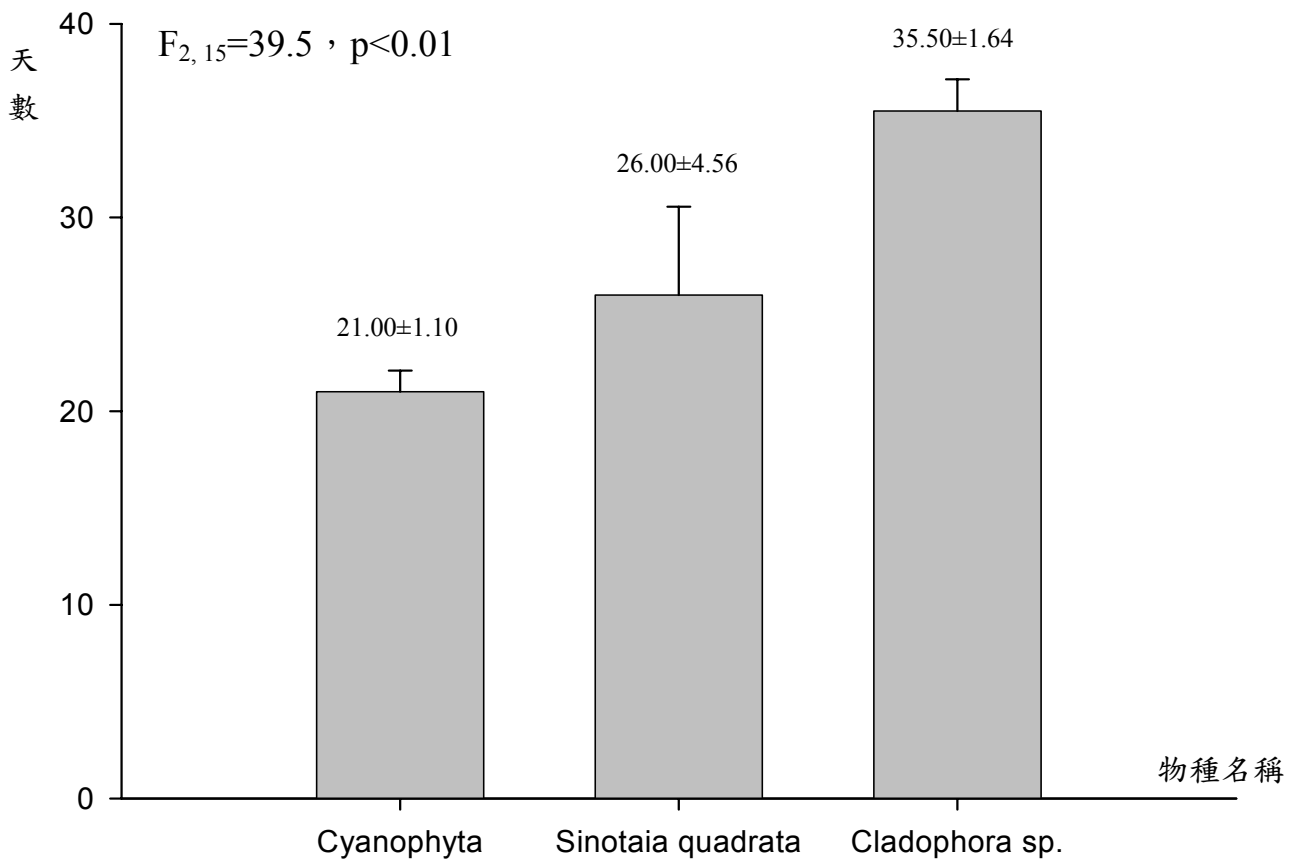
圖七、不同鹽度環境下石田螺開始發生變化平均天數比較



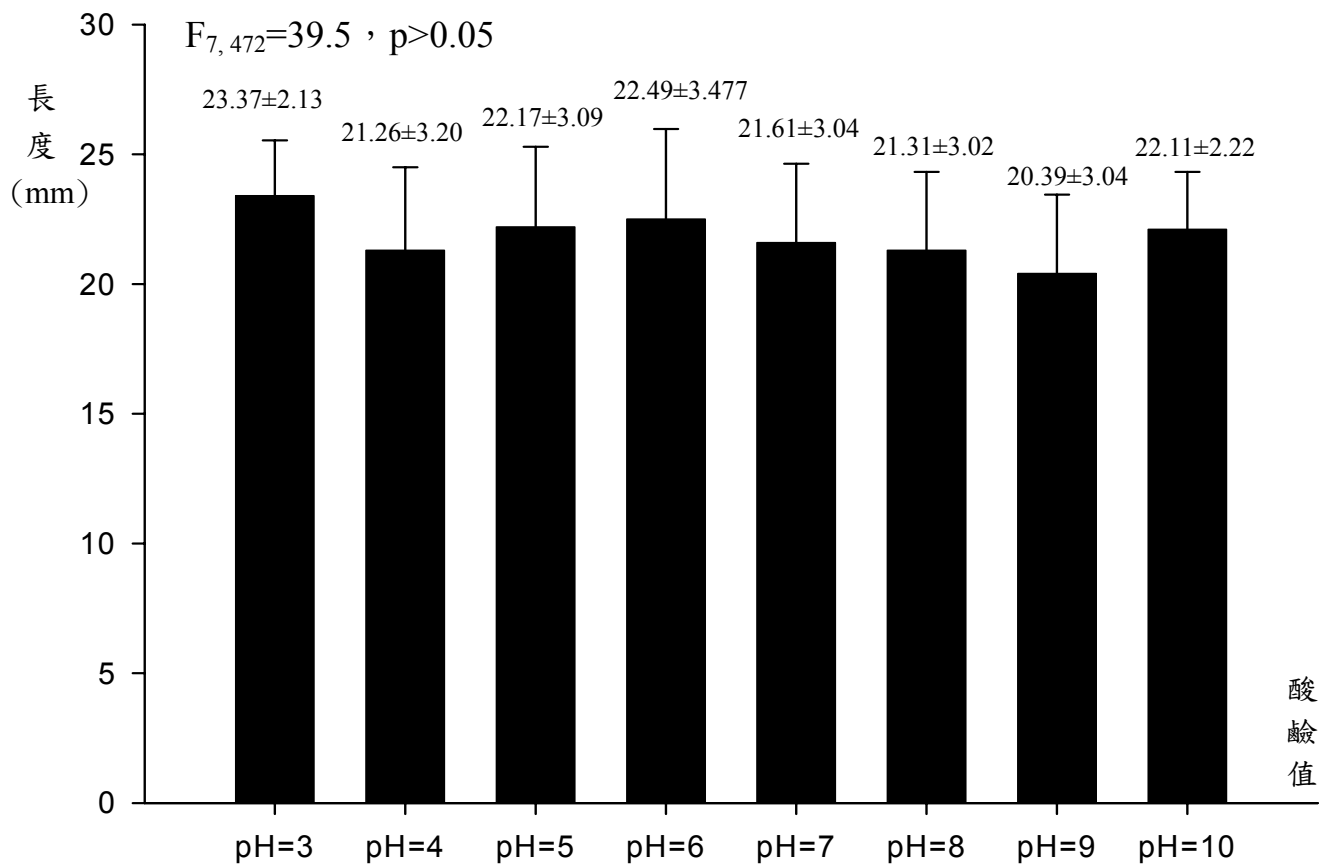
圖八、不同鹽度環境下藍綠藻開始發生變化平均天數比較



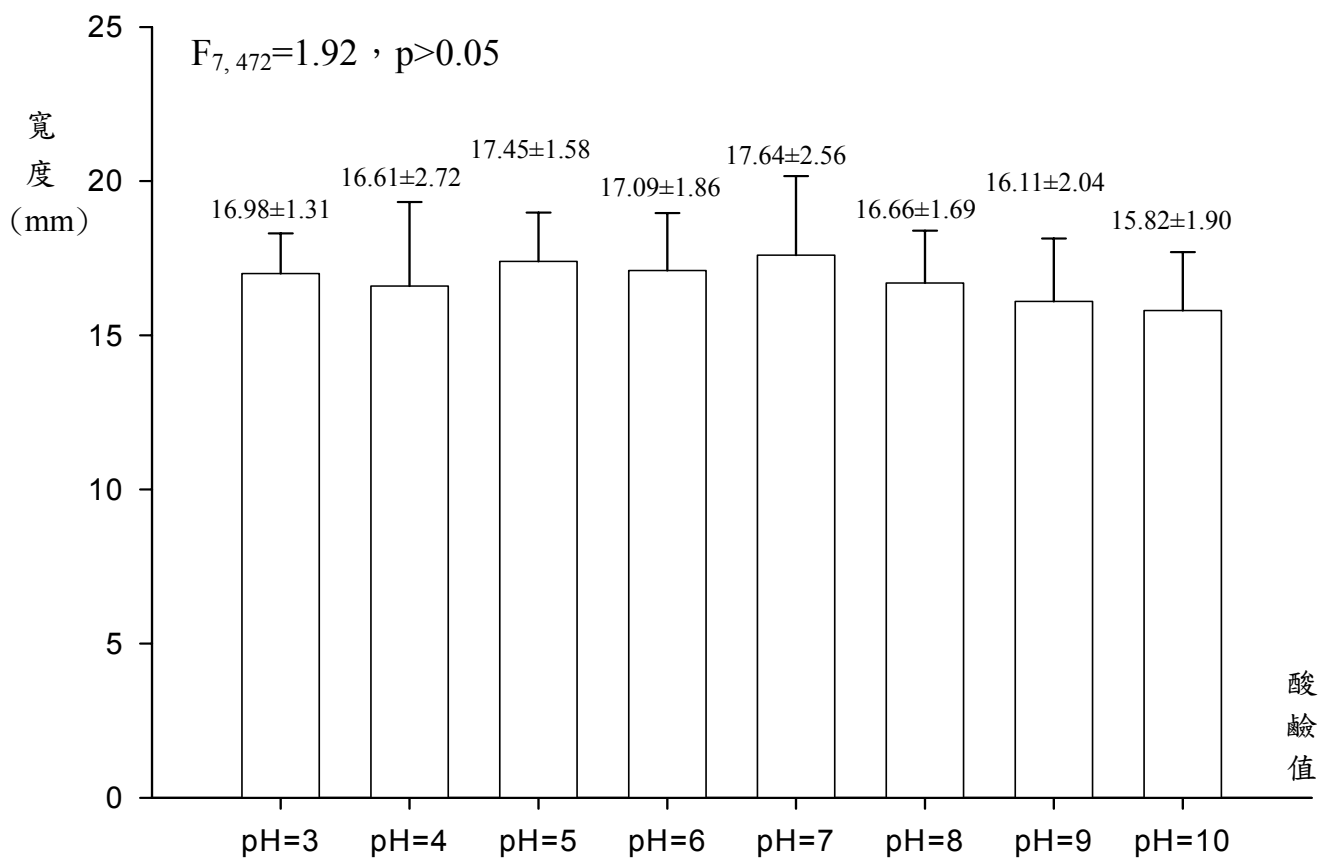
圖九、不同鹽度環境下剛毛藻開始發生變化平均天數比較



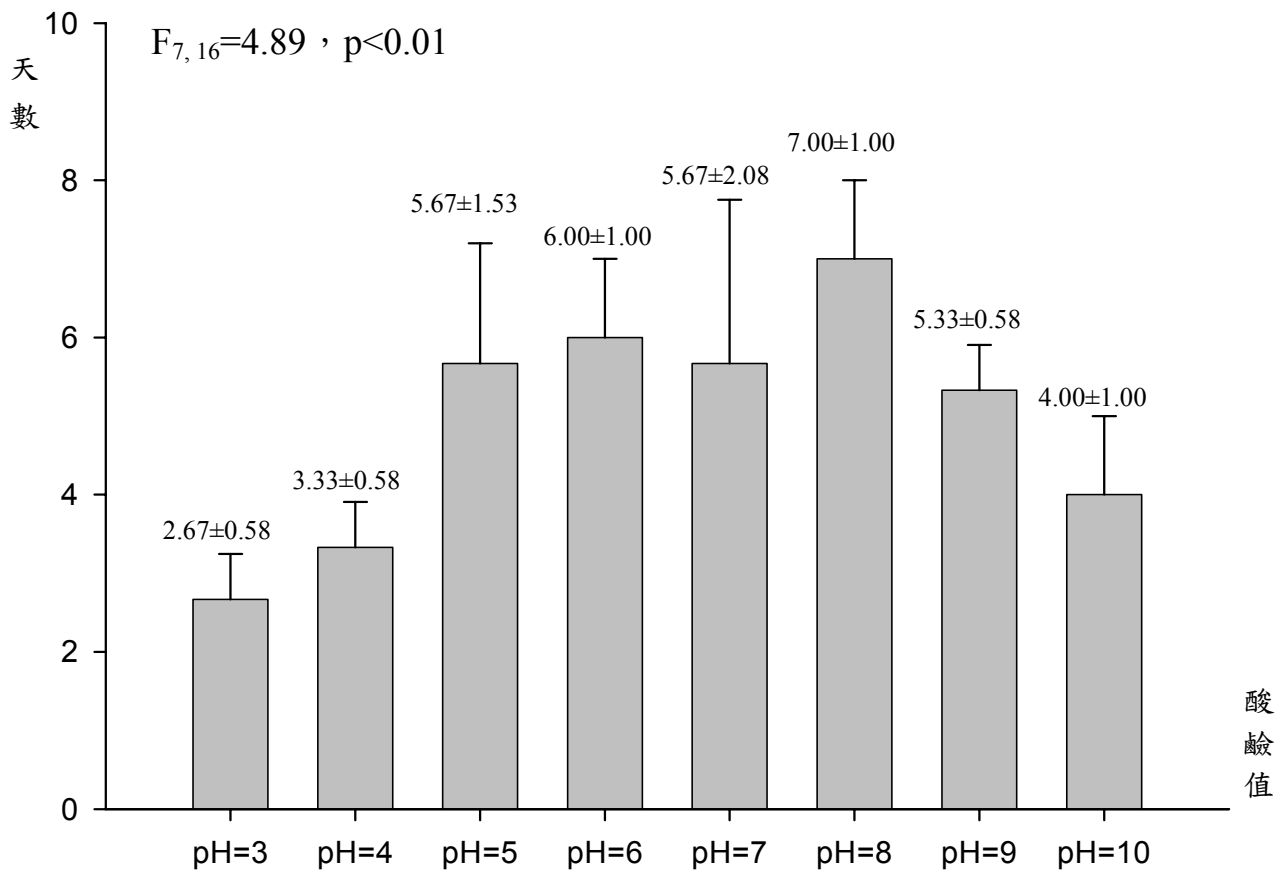
圖十、黑暗環境下三物種開始發生變化平均天數比較



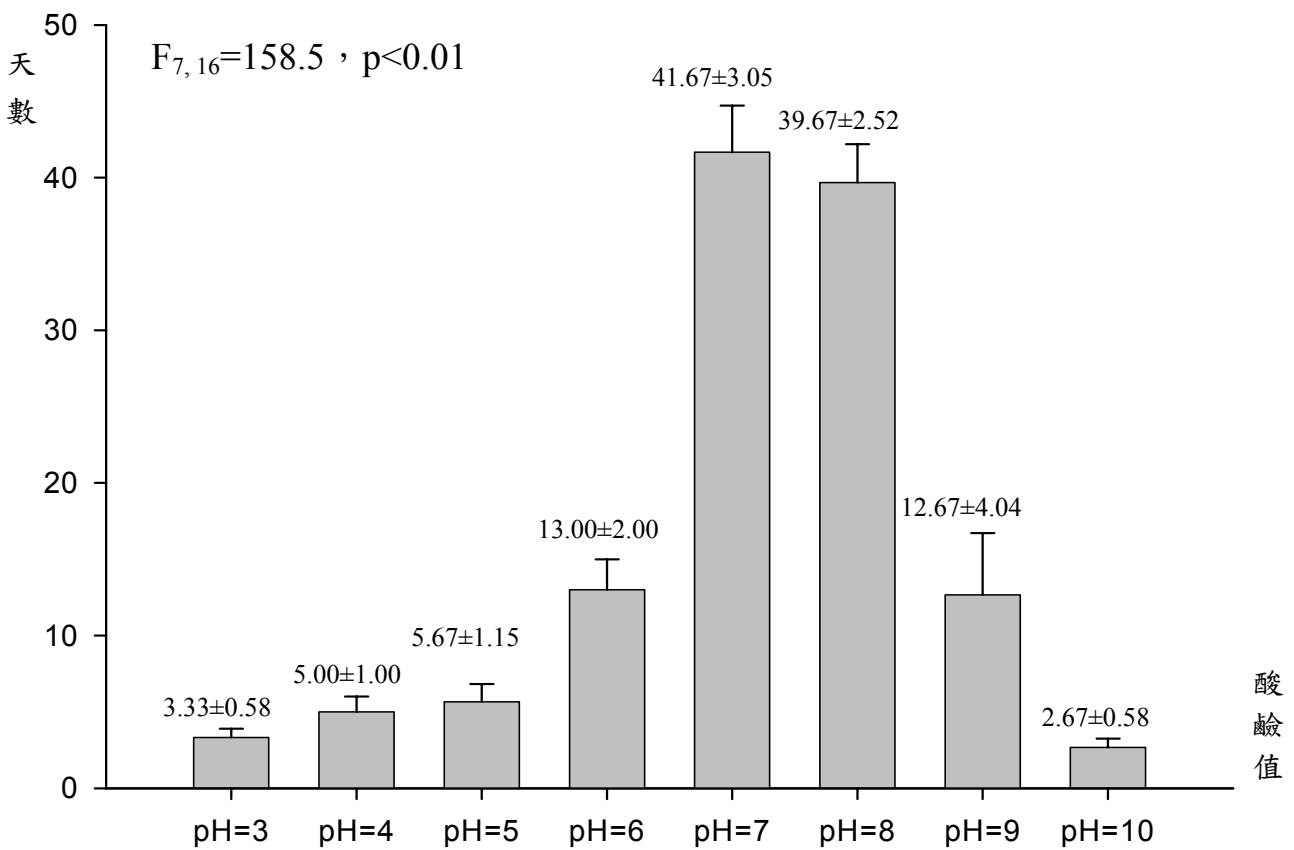
圖十一、不同 pH 值環境下平均螺殼長比較



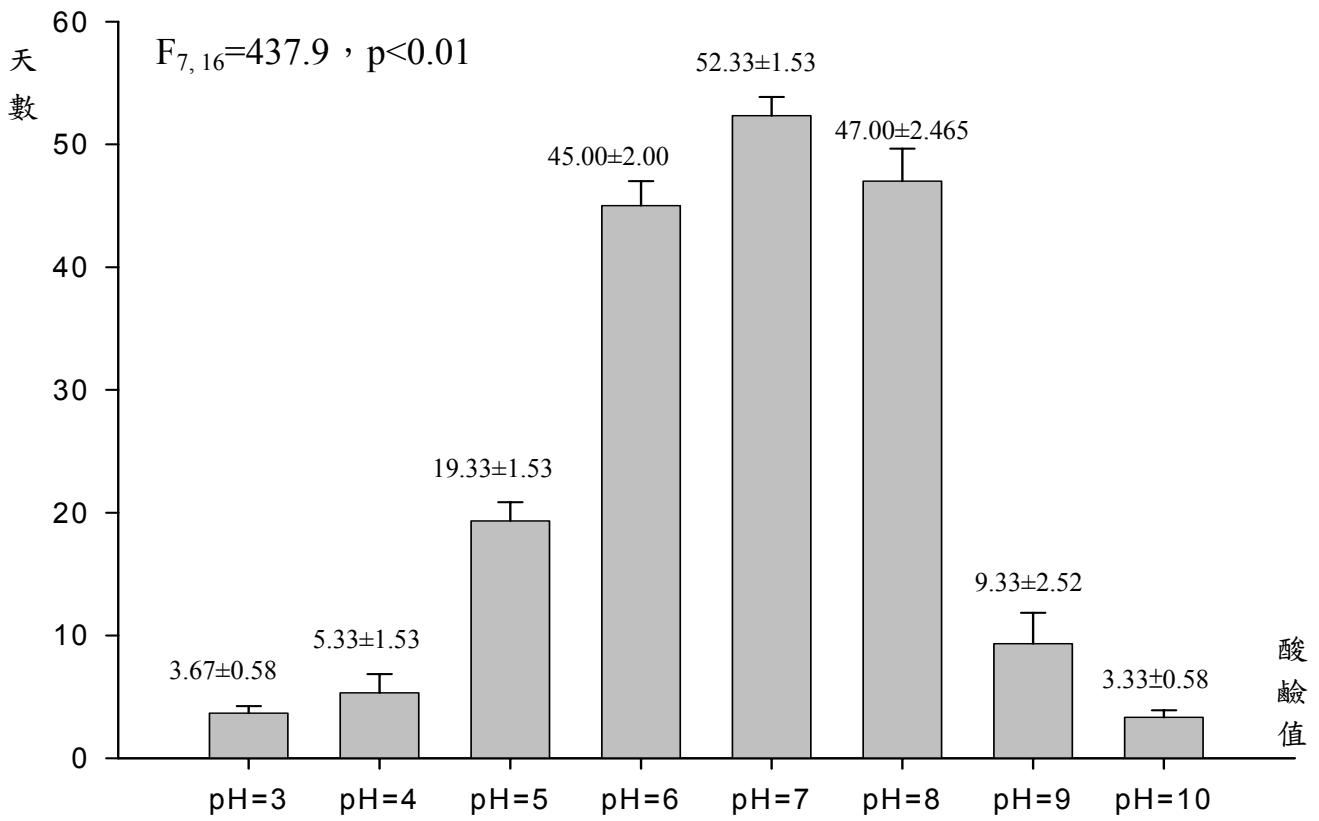
圖十二、不同 pH 值環境下平均螺殼寬比較



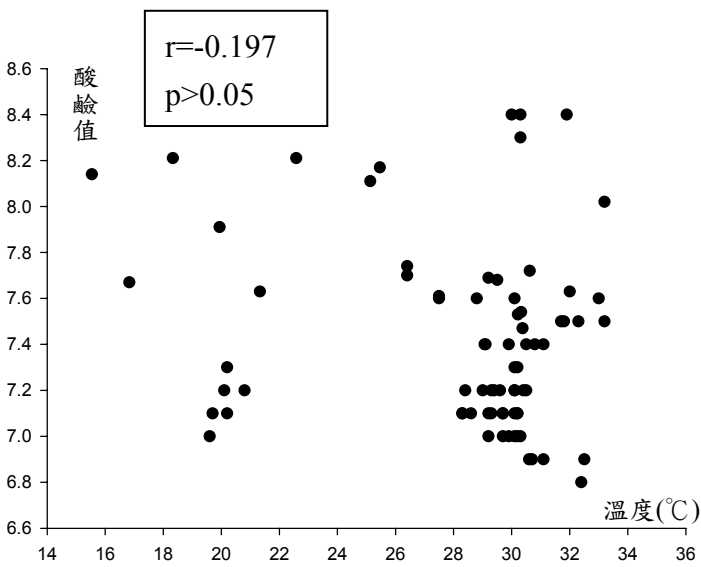
圖十三、不同 pH 值環境下石田螺開始發生變化平均天數比較



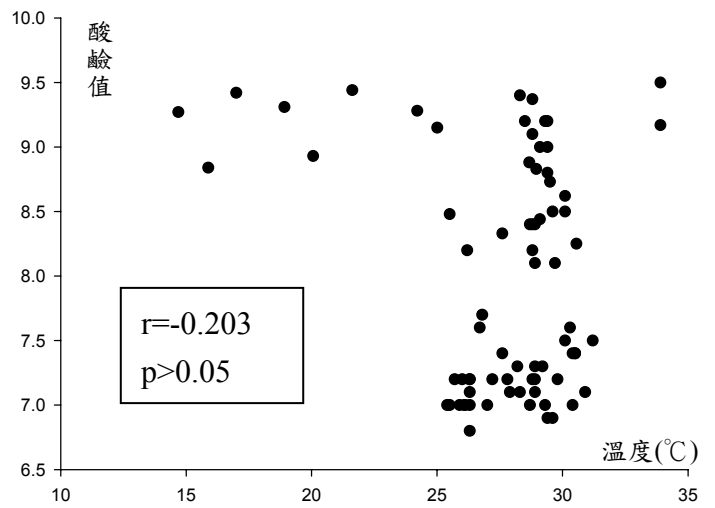
圖十四、不同 pH 值環境下藍綠藻開始發生變化平均天數比較



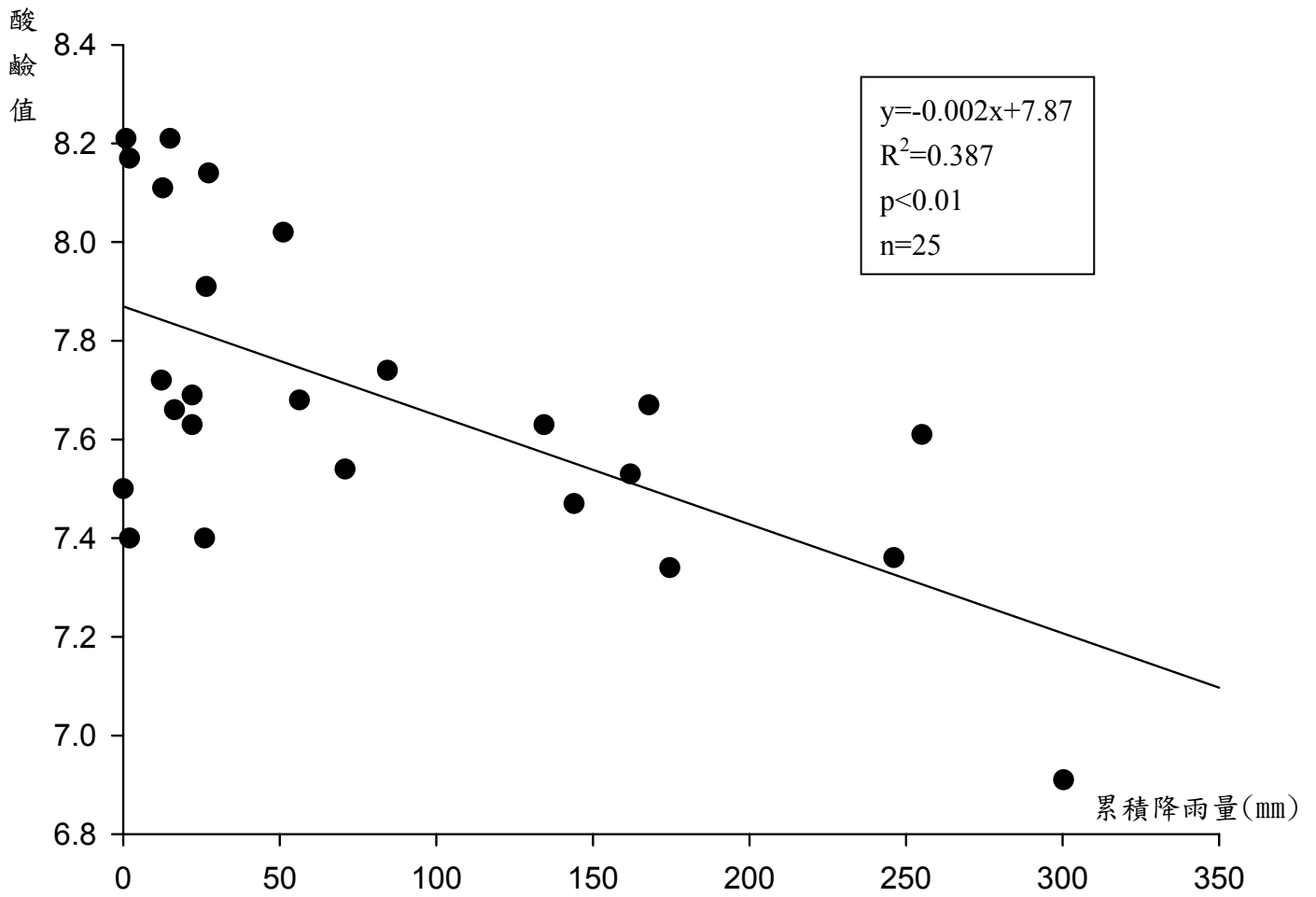
圖十五、不同 pH 值環境下剛毛藻開始發生變化平均天數比較



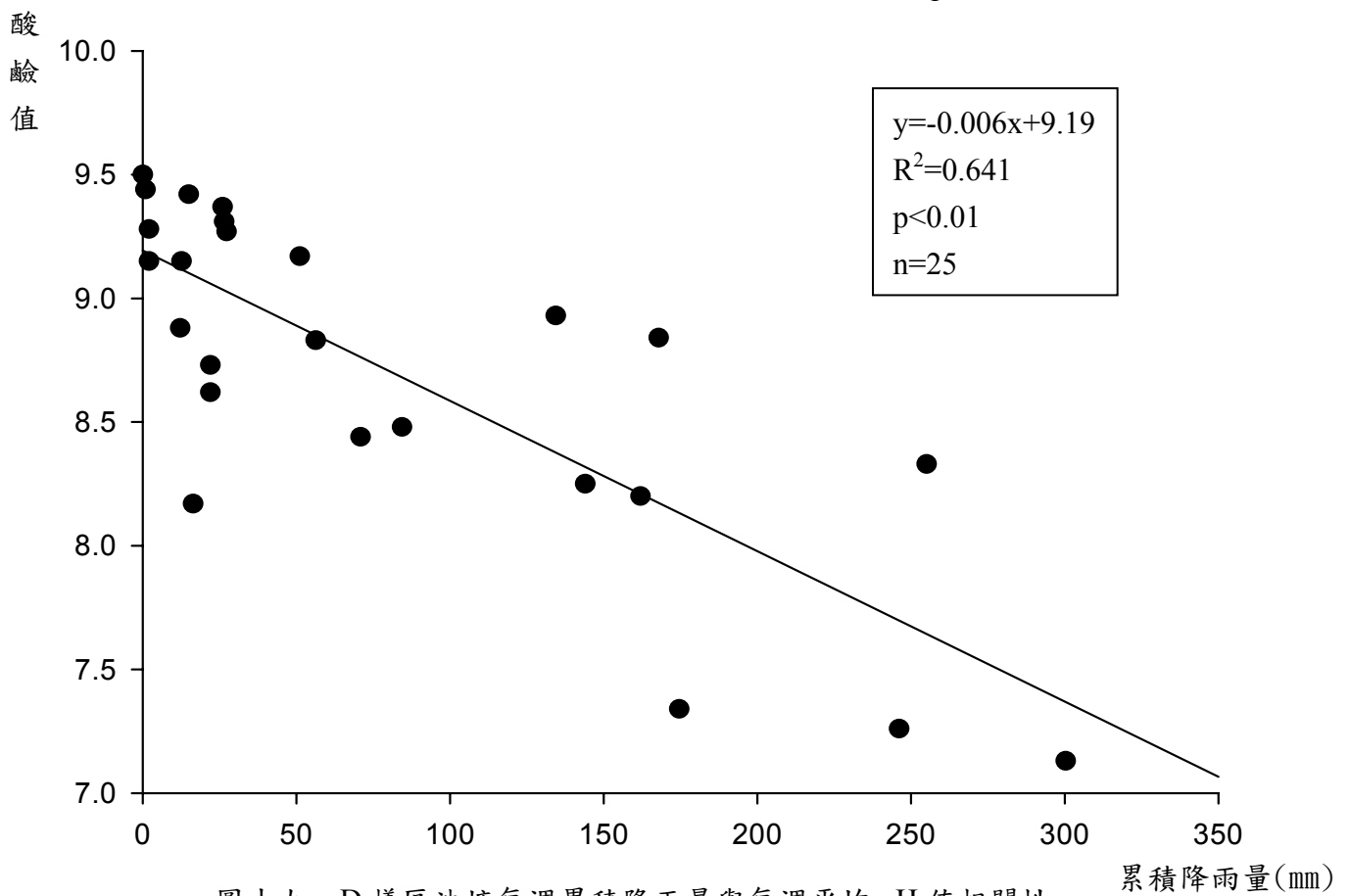
圖十六、B 樣區池塘溫度與酸鹼值之相關性



圖十七、D 樣區池塘溫度與酸鹼值之相關性



圖十八、B 樣區池塘每週累積降雨量與每週平均 pH 值相關性



圖十九、D 樣區池塘每週累積降雨量與每週平均 pH 值相關性



彩圖 1、石田螺(*Sinotaia quadrata*)



彩圖 2、殼外著生之青綠色與毛茸狀藻類



彩圖 3、殼外無著生藻類的石田螺



彩圖 4、B 樣區池塘



彩圖 5、D 樣區池塘



彩圖 6、於樣區池塘採集石田螺



彩圖 7、量測螺殼長(Shell length)



36 彩圖 8、量測螺殼寬(Shell width)



彩圖 9、實驗室內 B 玻璃缸



彩圖 10、實驗室內 D 玻璃缸



彩圖 11、自製紙箱暗室



彩圖 12、福壽螺(*Pomacea canaliculata*)



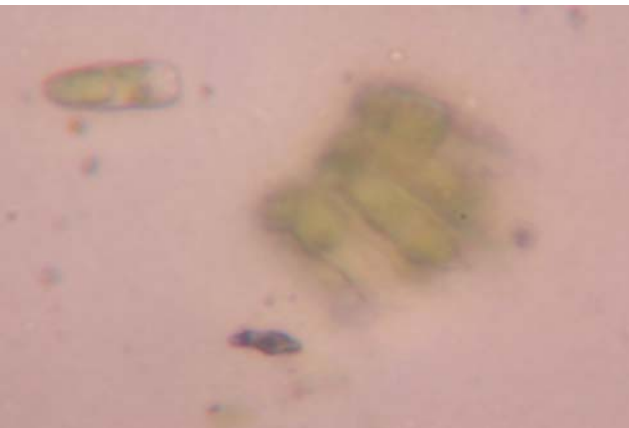
彩圖 13、臺灣椎實螺(*Radix swinhoei*)



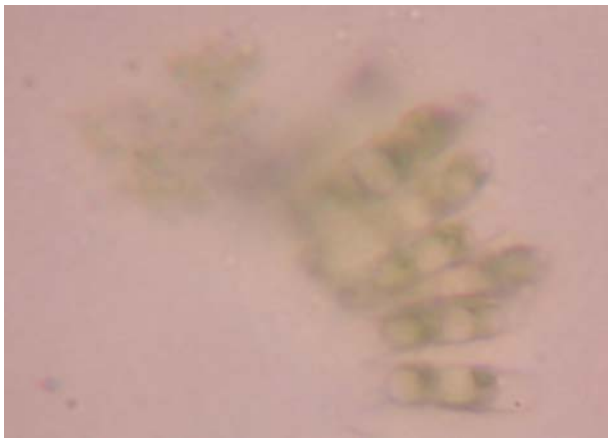
彩圖 14、瘤蟯(*Tarebia granifera*)



彩圖 15、稜蚌(*Cristaria discoidea*)



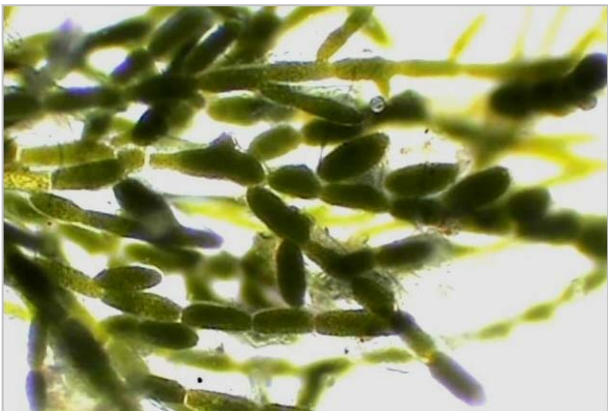
37 彩圖 16、藍綠藻類 1. (Cyanophyta)



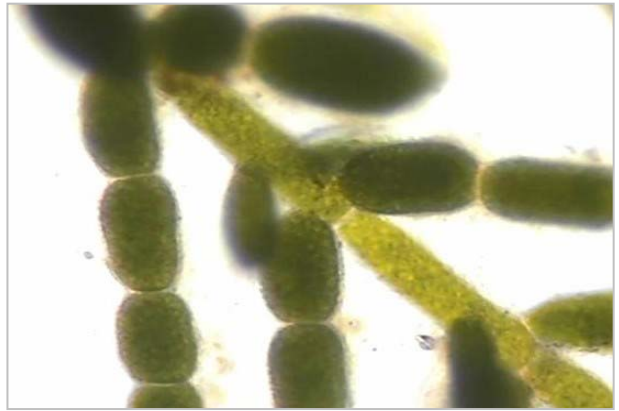
彩圖 17、藍綠藻類 2. (Cyanophyta)



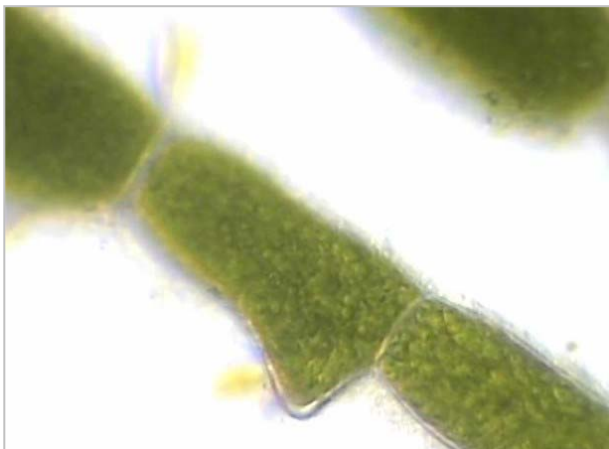
彩圖 18、剛毛藻類 1. (*Cladophora* sp.)



彩圖 19、剛毛藻類 2. (*Cladophora* sp.)



彩圖 20、剛毛藻類 3. (*Cladophora* sp.)



彩圖 21、剛毛藻類 4. (*Cladophora* sp.)



彩圖 22、溫度對藻類影響 1：變黑脫落



彩圖 23、溫度對藻類影響 2：變黑萎縮



彩圖 24、青綠色褪去、殼頂呈現白色現象



彩圖 25、兩採集點藻類附生情形之差異



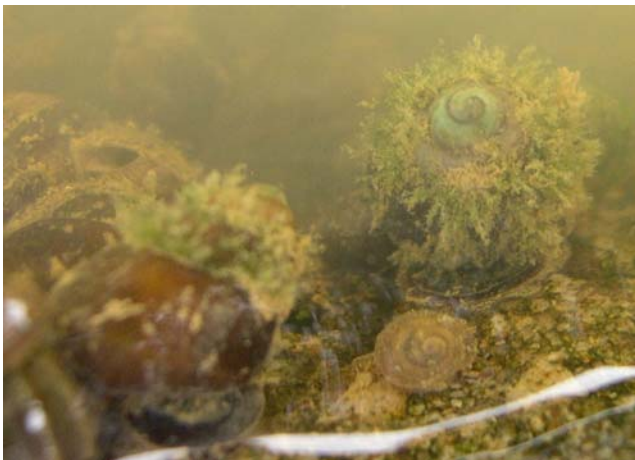
彩圖 26、石田螺攝食同伴殼上的藻類 1.



彩圖 27、石田螺攝食同伴殼上的藻類 2.



彩圖 28、D 池塘石田螺殼頂已有藍綠藻附生



彩圖 29、D 池塘石田螺殼上已有剛毛藻附生



彩圖 30、排砂閘門可進行調節性排水



彩圖 31、進行調節性排水後之湖面情形



彩圖 32、B 樣區池塘周圍的垂釣客



彩圖 33、D樣區池塘周圍的垂釣客



彩圖 34、池塘周圍成群的鴨子



彩圖 35、池塘旁的夜鷺



彩圖 36、池塘旁的白鷺鷥



彩圖 37、池面似油污泡沫液狀構造漂浮於水面 1.



彩圖 38、池面似油污泡沫液狀構造漂浮於水面 2



彩圖 39、死亡的吳郭魚漂浮於池塘水面



彩圖 40、死亡的琵琶鼠漂浮於池塘水面

## 評語

1. 研究調查資料收集頗為完整。
2. 研究因子包括溫度、鹽度、黑暗、PH、生長環境等尚可作較長期觀察，了解季節與藻、螺之生長影響。