

# 臺北市第 42 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書封面

科 別：生物科

組 別：國小組

作品名稱：「藻寶趣」~在女巫的故鄉與綠精靈相遇！

關 鍵 詞：北投溪、溫泉紅藻、珊瑚菇

編號：

## 摘要

本研究以探索北投溪中生物為主，再延伸到北投溫泉對於種植蔬菜的可行性。

我們從北投溪源頭—地熱谷以下到北投公園共分為七個區段，並實地野外探勘觀察各區段的溫度、酸鹼值和生物，結果發現各區段水質的酸鹼值變化不大，都在 PH1.8~1.9，不過水溫的變化卻很大，從 98°C~36°C，也發現竟然還有生物溫泉紅藻和搖蚊生存於如此極端的環境下。

溫泉紅藻是存在於上古時期的嗜酸耐高溫光自營性生物，針對此條件我們做了相關的實驗證明，它最佳的生長溫度是 45°C。在種植蔬菜部份，我們先以耐酸性的珊瑚菇做實驗，由實驗證明稀釋的青磺泉 PH4.8 澆灌的珊瑚菇長得最好，我們並繼續北投溫泉蔬菜的研究，希望對溫泉的回收再利用能有所助益。

## 壹、研究動機

假日裡，住在「女巫故鄉」的我們相約到溫泉博物館，無意間發現博物館旁北投溪裡的石頭上長有「綠東西」，就像「綠精靈」般地悠遊於看似無一物的溪水中。我們原先認為：可能是因為北投溪的上游有太多泡湯後的髒污，才會讓河川長出藻類或蘚苔，好奇的我們於是就往上游一探究竟，結果我們發現在熱海飯店附近的「綠精靈」更多了，再往地熱谷方向走，「綠精靈」就越來越少，甚至到水溫 98°C、白茫茫的地熱谷時，就完全看不到它們的蹤跡了。這個有趣的觀察引發我們的興致，因為上自然課時（康軒版六上自然第三單元水溶液）老師有提到，我們北投溫泉水的酸鹼值 < 2，是強酸，在這種強酸、高溫下居然還有生物，更是讓我們討論不完。

我們開始搜尋相關資料，知道少數藻類不僅可以在 45~50°C 的水中生存，甚至有些溫泉藻可以在 60~80°C 中生活，這是因為高溫中的藻類有厚的細胞壁或黏膜或膠質，因此才能耐高溫。在康軒版五上自然第二單元的「植物世界面面觀」，我們有學到植物的分類，有分「自營性」和「異營性」；而彰化師範大學的藻類工作研究室，曾針對北投溪裡的溫泉藻做過研究分析得知，北投溫泉藻是溫泉紅藻的一種，也是目前唯一能存活於高溫（42~57°C）、低酸鹼值（PH0.2~4）的光自營性生物。於是我們決定好好地了解自己家鄉北投溪中的生物為主，來做探討！

此外，我們還進一步的研究北投的溫泉除了泡澡之外，是否也能種植有別於礁溪的溫泉蔬果，如果我們能發展出屬於自己家鄉特色的溫泉蔬菜，這也是身為北投人的另一種驕傲吧！

## 貳、研究目的

- 一、認識北投溪中的生物。
- 二、認識北投溪中的溫泉紅藻之生存環境與繁殖。
- 三、北投溫泉對種植蔬菜的應用。

## 參、研究器材

### 一、共用器材：

1. 溫度計
2. 筆式酸鹼度計
3. 紀錄表
4. 筆
5. 照相機
6. 顯微鏡

### 二、野外實測工具類：

1. 6.8\*10cm 細目撈魚網
2. 75%酒精
3. 標本收集盒

### 三、培育藻種工具類：

1. 30\*17\*20cm 水箱
2. 250ml 錐形瓶
3. 300w 加熱器
4. 溫度計
5. 日光燈
6. 打氣機（單孔）1.2W
7. 打氣機（雙孔）4.5W
8. 15\*5\*6cm L形管
9. 濾紙
10. 玻璃水壺
11. 橡膠管\*長 200 cm外徑 0.7 cm內徑 0.4 cm

### 四、培育珊瑚菇工具類：

1. 噴霧器
2. 珊瑚菇太空包
3. 尺

## 肆、研究過程與方法

### 一、野外探勘實測：

(一) 由地熱谷往下，延著北投溪經熱海飯店到溫泉博物館分爲七個區段進行實地測量水溫及酸鹼值變化，並觀察溪水中的生態。

(二) 實測地點說明：(如圖一)

【A 點】地熱谷（因高溫危險已封閉，無法進行實際測量，所得的溫度、酸鹼值資料爲地熱谷景點介紹牌所記載）

【B 點】C 點往上游約 10 公尺處

【C 點】木橋往上游約 10 公尺處

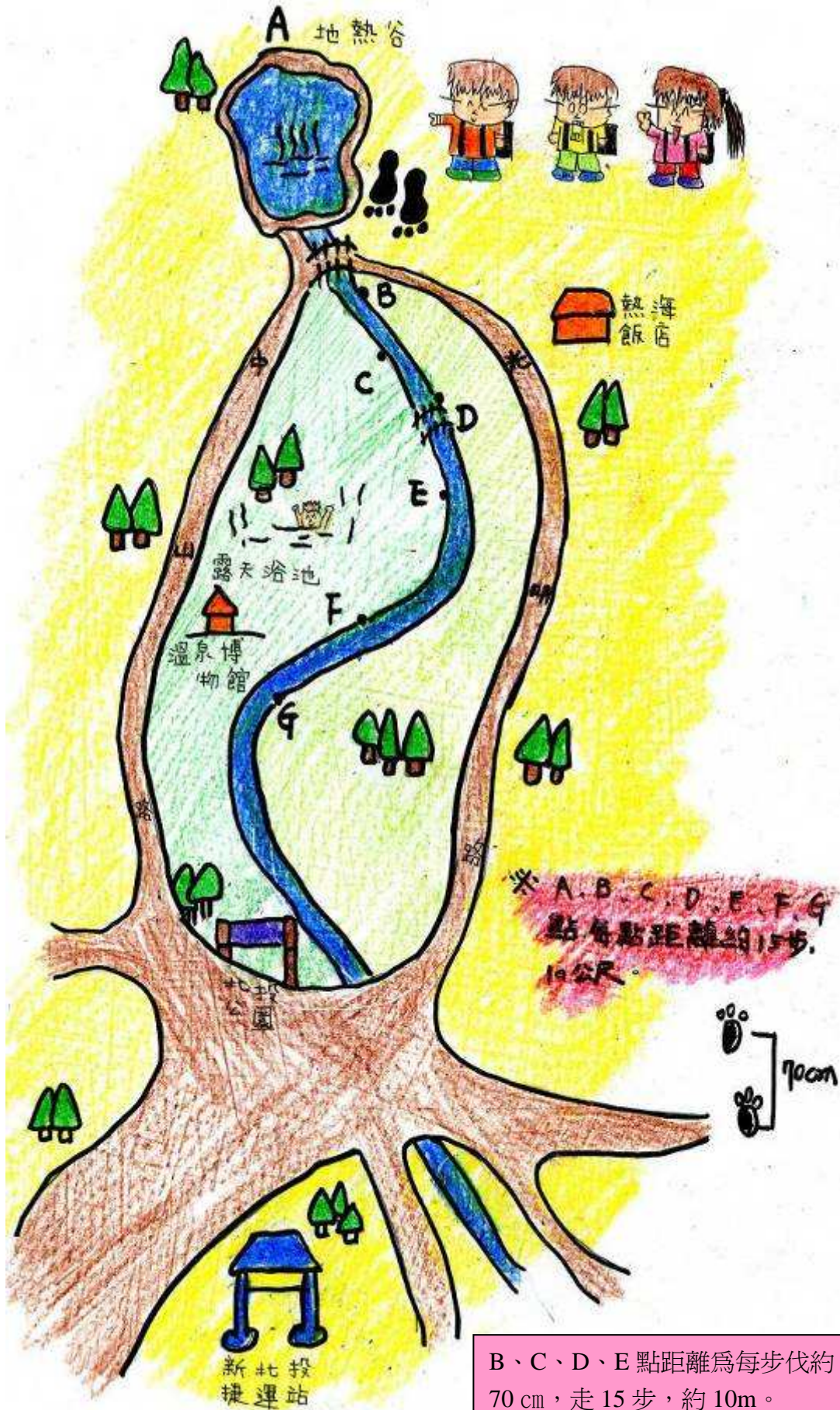
【D 點】熱海飯店前面的木橋下

【E 點】木橋往下游約 10 公尺處

【F 點】G 點往上游約 10 公尺處

【G 點】溫泉博物館前

圖(一):實測地點說明圖



B、C、D、E 點距離為每步伐約 70 cm，走 15 步，約 10m。

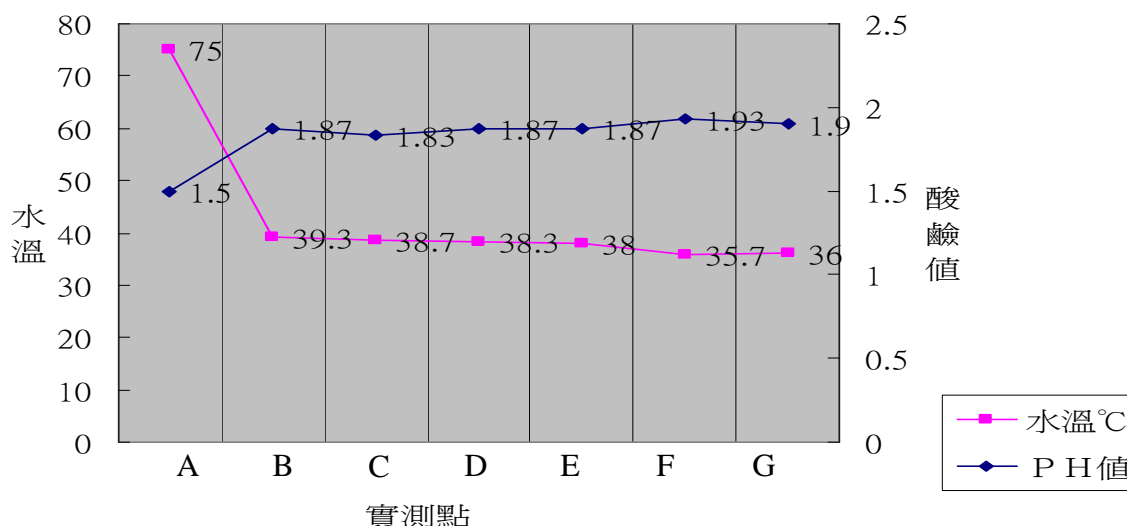


表 (一)：野外實測記錄表

實測時間均為假日早上 9：30~11：00

| 實測地點 | 日期    | 天氣 | 水溫<br>℃   | 平均<br>℃   | 酸鹼<br>值 | 平均   | 周邊環境觀察   |
|------|-------|----|-----------|-----------|---------|------|--|
| A    | 11/16 | 陰  | 98~<br>75 | 98~<br>75 | 1~2     | 1~2  | 北投石復育處，此處沒有看到藻類生長，溪水清澈見底，明顯的觀察到石頭上有大量黃色沉澱物質。溪底的溫泉不時冒出泡泡。推論：水溫太高。         |
|      | 11/23 | 晴  |           |           |         |      |  |
|      | 11/30 | 晴  |           |           |         |      |  |
| B    | 11/16 | 陰  | 41        | 39.3      | 1.8     | 1.87 | 水質清澈，溪水中的石頭上有少許深綠色的藻類。露出水面的石頭沒有看到藻類生長，卻可觀察到有大量黃色沉澱物質在石頭上。                |
|      | 11/23 | 晴  | 41        |           | 1.9     |      |  |
|      | 11/30 | 晴  | 36        |           | 1.9     |      |  |
| C    | 11/16 | 陰  | 39        | 38.7      | 1.8     | 1.83 | 水流湍急，溪水中的石頭上有一些深綠色的藻類。露出水面的石頭沒有看到藻類生長卻可觀察到有大量黃色沉澱物質在石頭上。推論：黃色沉澱物應是硫磺。    |
|      | 11/23 | 晴  | 41        |           | 1.8     |      |  |
|      | 11/30 | 晴  | 36        |           | 1.9     |      |  |
| D    | 11/16 | 陰  | 39        | 38.3      | 1.9     | 1.87 | 水流湍急，溪裡有厚厚一層狀似污泥的沉積物。深綠色的溫泉藻，附著於溫泉水中的石頭上，不易被水沖刷掉。推論：污泥狀的沉積物應是附近飯店的排放物。   |
|      | 11/23 | 晴  | 40        |           | 1.8     |      |  |
|      | 11/30 | 晴  | 36        |           | 1.9     |      |  |
| E    | 11/16 | 陰  | 38        | 38        | 1.9     | 1.87 | 水流平穩，水質混濁，此處的藻類明顯較多，水中石頭上除了附著的藻類覆蓋了一層狀似污泥的沉積物，使顏色看起來較淡。推論：與 D 點相同，污染較嚴重。 |
|      | 11/23 | 晴  | 40        |           | 1.8     |      |  |
|      | 11/30 | 晴  | 36        |           | 1.9     |      |  |
| F    | 11/16 | 陰  | 36        | 35.7      | 1.9     | 1.93 | 水流緩慢，水質混濁，靠近露天浴室排水口處藻類明顯增多，水中石頭上的藻類明顯增多。推論：應是公共浴室排放大量的汗水，而使藻類增生。         |
|      | 11/23 | 晴  | 38        |           | 1.9     |      |  |
|      | 11/30 | 晴  | 33        |           | 2.0     |      |  |
| G    | 11/16 | 陰  | 36        | 36        | 1.9     | 1.90 | 水流緩慢，水質混濁，水中的藻類較 F 點少。推論：此處為溫泉博物館，已接近北投公園，沒有看到排水口，應是水污染較少的緣故。            |
|      | 11/23 | 晴  | 38        |           | 1.9     |      |  |
|      | 11/30 | 晴  | 34        |           | 1.9     |      |  |

圖 (二)：北投溪溫泉水酸鹼值與溫度變化圖



結果：以我們三次的實地探勘發現（表一）、（圖二）

- （一）北投溪的上游 A 點到溫泉博物館 G 點，水質的酸鹼值變化不大，都在 PH1.8~1.9。
- （二）地熱谷到北投公園，水溫變化很大，從 75°C 以上~ 36°C
- （三）D 點到 F 點藻類生長最多，我們推論應是此區的飯店河川污染最嚴重所致。彰師大研究的溫泉藻也是由此處取樣。
- （四）實測當天的氣溫會影響水溫，11/30 當天氣溫才 17°C，水溫也明顯降低。

### 圖（三）野外實測及周邊環境觀察



野外實測工具



【地點 A】地熱谷



【地點 B】溫泉水中的藻類以及露出水面的石頭上有黃色的沉積物。



【地點 C】湍急水流中覆蓋在石頭上深綠色的藻類。



【地點 C】測量酸鹼值



紀錄



越下游的溪底，狀似污泥的沉積物越多。【地點 D】





【地點 D】測量水溫



【地點 D】水流湍急，附著在石頭上的藻類不易被沖刷。



【地點 D】靠近岸邊乾的石頭上，發現了粉末狀的硫磺。



【地點 E】水流平穩，溪裡的藻類比前面各區段多。



【地點 E 和 F 中間】露天浴室的排水口，藻類多且綠。



【地點 F】水流平緩，溪裡的藻類多。



【地點 G】水流緩慢，溪裡的藻類變少。



附著在石頭上的藻類，很細，摸起來澀澀的。

#### 圖（四）北投溪採集標本



以細目魚網從水底部撈起水中物質。



從水底部撈起的物質。



將撈起的物質放入稀釋 75% 的酒精盒內，製成標本。



【地點 B】的標本盒。



【地點 C】的標本盒。



【地點 D】的標本盒。





【地點 E】的標本盒。



【地點 F】的標本盒。

結果：我們於勘察的五個點（B、C、D、E、F 點）分別撈起溫泉底層的物质泡在 75% 酒精中製成標本，再用顯微鏡觀察裡面的細小生物，由於圖鑑和網路資料中遍尋不著那顯微鏡下的小生物和綠精靈的確定名字，於是我們再次驅車前往彰師大，請求協助，終於認識了特殊環境中的搖蚊（如表二）和溫泉紅藻了。

表（二）：北投溪溫泉微生物紀錄表：

| 採集地點  | 溫泉中發現的微生物                      |
|-------|--------------------------------|
| B 點   | 在顯微鏡下發現有一種如蚊子般的生物。(圖五)         |
| C、D 點 | 可能是撈取方式不對，並沒有撈到任何生物。           |
| E、F 點 | 在顯微鏡下發現有一種如蚊子的幼蟲，及蠶寶寶般的生物。(圖六) |

圖（五）【地點 B】狀似蚊子的生物。



圖（六）【地點 E】狀似蚊子、蠶寶寶幼蟲的生物。



圖（七）【地點 F】狀似蠶寶寶的生物。



結果：我們於勘察的五個點（如圖一 B、C、D、E、F 點）分別撈起溫泉中的物質製成標本，再用顯微鏡觀察，結果我們興奮的發現在高溫強酸的特殊環境中竟然有動物和植物的存在。（如表二）回家後我們上網搜尋有關搖蚊的資料，發現光是在台灣搖蚊科就有 34 屬 89 種，在屈指可數的照片中只能看到成蟲的照片，而我們在溫泉中撈到的是搖蚊的幼蟲，難怪之前會找不到牠的名稱資料！另一發現是，此類物種取名幾乎都與地名有關，於是我們推論，從北投溪撈取的搖蚊幼蟲應該就是學名為 *Pestrocadius Formosae* 的北投搖蚊。後來彰師大生物系林宗岐教授也證實牠就是生長在溫泉中搖蚊的幼蟲。

我們將搖蚊的文獻資料，整理如下：

表 (三)：搖蚊的“X”檔案

|        |  |
|--------|--|
| 分類     | 動物界、節肢動物門、昆蟲綱、雙翅目、長角亞目、搖蚊科   |
| 外型特徵   | 體長約 9 -12mm，外型像蚊子但翅上無鱗片，觸角羽狀，雄蟲觸角較發達，口器短而呈喙狀，無刺吸功能，所以不會叮咬人畜。屬完全變態昆蟲，其足部細長，休息時常舉起前足並不停地搖動，所以稱為搖蚊。   |
| 生活史    | 卵→幼蟲→蛹→成蟲，卵呈球形或長橢圓形，在水中孵化。多數種類幼蟲 4 齡全在水中度過。蛹期短，可自由游泳，多棲於水底。羽化過程極短約數十秒至數分鐘，在水面進行，成蟲則於陸上生活。  |
| 幼蟲生活習性 | 狀似泡過水的蠶寶寶。其棲居環境多樣，包括底質為淤泥而含氧極少的污水淺坑、池沼湖泊、含氧量較高的河流和山溪、以及一些頗為極端的環境，如鹽湖、溫泉、淺海沿岸、有機質豐富的土壤中等。地理分佈廣泛，從熱帶沼澤到極地，從低地到海拔 5600 米的冰川積水中，均有搖蚊幼蟲的蹤跡。而平靜的水面更是多數搖蚊幼蟲正常生活的重要條件之一，食料包括沉積物中的有機物碎屑、藻類、細菌、水生動植物殘體等。 |
| 成蟲生活習性 | 幾乎不吃東西或僅攝取少量含糖分的液體，壽命極短，其飛行能力較弱，主要靠被動的途徑(如風、車輛等)散播。夜間有強向光性，大量出現在夏秋兩季，郊區或農業區有水的地方，成蟲成千上萬的在傍晚時分集體飛行群婚。雌蟲一生一般只產一次卵，並避免產卵於流動的水面，或將膠質卵帶粘附水生植物上。   |

結果：由於搖蚊種類繁多，表（三）中僅是多數搖蚊的共通性，而在整理的過程中發現：搖蚊幼蟲喜於平靜水面生活，因有波浪水流會讓其取食不便影響發育。由此推論，為什麼我們在 C、D 點沒有撈取到搖蚊的幼蟲（表二），因為這兩點的水流湍急（表一）不是搖蚊幼蟲正常生活的地方。我們的採樣是撈取北投溪底部的砂石（圖四）而搖蚊幼蟲就在這孳長。

## 二、藻種培育過程及方法：

除了搖蚊之外，那大多附在石頭上的「綠精靈」就是罕見的「溫泉紅藻」了。

- (一) 藻種來源：我們對北投溪的綠精靈相當感興趣，所以打算好好和他培養感情喔！本次的溫泉紅藻藻種源自於彰師大王瑋龍教授的藻類研究室。11/9 星期日，我們遠赴彰化參觀，並請教王教授有關溫泉紅藻培植的相關知識，王教授傾囊相授並慷慨送給我們約 135 cc 的藻種，讓我們滿載而歸。
- (二) 製作培養液：到藻種原生處（熱海飯店對面的溪裡）取回溫泉約 1600 cc，以濾紙將雜質過濾後，再煮沸 15 分鐘殺菌（圖八），待涼備用。
- (三) 培養液的殺菌方式：可用紫外線殺菌法和煮沸法，因考量到經費問題所以我們



決定用煮沸法殺菌。

王教授告訴我們溫泉紅藻在溫度 45°C 時長的最好。於是我們提高外面水溫到 48°C 時，培養瓶裡的溫度是 45°C，酸鹼值是 1.8，經過此條件的培養後，藻種顏色顯得鮮豔活潑，真是太棒了！（圖九）

圖（八）藻種培養液製作及殺菌



過濾紙上有一層黃色的雜質。

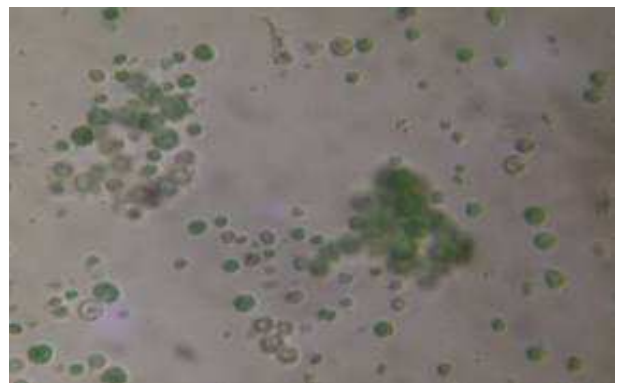


過濾溫泉（1600cc兩人約花30分鐘，更換濾紙6張）



煮沸15分鐘殺菌

圖（九）顯微鏡下看溫泉紅藻



表(四): 北投溪溫泉紅藻培育觀察

| 日期                  | 培育方式   |        |          |          | 說明<br>* (日照時間皆為 12 h r)   |
|---------------------|--------|--------|----------|----------|---|
|                     | 隔水加溫   |        | 日照       | 氧氣       |   |
|                     | 內 (°C) | 外 (°C) | 有○<br>無× | 有○<br>無× |   |
| 11/09<br>~<br>11/14 | 30     | 33     | ○        | ○        | 藻種: 135 cc, 墨綠色。僅剩 85 cc, 由濃度判斷應是加溫蒸發了培養液, 將它加至 150 cc。   |
| 11/15<br>~<br>11/27 | 45     | 48     | ○        | ○        | 將瓶外水溫控制在 48°C, 培養液持續加至 150 cc, 3 小時後發現藻體呈現鮮綠色, 恢復活力。<br>推論: 北投溫泉紅藻最適合的生長溫度是 45°C。再將培養液增加到 200cc、250 cc, 藻體顏色變深, 感覺其濃度有變濃趨勢。<br>將 250 cc 的藻種平分成兩瓶, 並各自加入培養液到 200 cc, 希望可以快速繁殖, 藻種因被稀釋而顏色變淡。<br>因應更多的藻, 換成雙孔 4.5W 打氣機, 但約 8 小時培養瓶裡的刻度就往下掉 50 cc。<br>推論: 可能是持續高溫加上打入的空氣強, 水噴出來了, 所以內瓶的培養液需 8 小時加一次。維持內瓶是 200 cc。<br>打入空氣的 L 形管內壁佈滿綠色的藻體以及淡黃色的硫磺。推論: 應是空氣打入水中噴上來, 而藻體較輕, 存留於管中。瓶底有藻類附着。 |
| 12/02               | 45     | 48     | ○        | ○        | 用顯微鏡觀察藻體。結果: 未看到藻體。<br>推論: 取樣方式錯誤、學校的顯微鏡倍數不夠  |
| 12/03<br>~<br>12/05 | 45     | 48     | ×        | ○        | 忘記開燈, 藻體顏色變淡綠, 且藻都沉澱在瓶底, 水面呈現淡綠色。研判應已回天乏術了。   |
| 12/7~<br>12/8       | ×      | ×      | ×        | ×        | 關掉所有的「維生」工具, 整瓶的顏色更淡。   |
| 12/11<br>~<br>12/13 | 45     | 48     | ○        | ○        | 重新培育, 消毒過所有器具, 將取回的藻種以煮沸殺菌冷卻後的溫泉稀釋至 150 cc, 並調整光照位置於正面及距離 30 cm 照射。<br>白天熄燈, 改以晚上 6 點到隔日早上 6 點為光照時間, 方便觀察。  |
| 12/14<br>~<br>12/17 | 57     | 60     | ○        | ○        | 發現加溫棒故障, 溫控失調, 水溫高達 60°C, 藻體以呈現淡綠色, 於是將藻體置於室溫 25°C 持續打入空氣, 並繼續觀察是否能救回。  |
| 12/17               | 23     | 25     | ○        | ○        | 藻體顏色維持淡綠色有點混濁, 可能又失敗了! 至少我們又了解到溫泉紅藻的生存溫度過高 (60°C) 是不成的。   |

結果：我們針對第一次培育藻種失敗可能原因做探討，並再次南下彰化向王教授請教，得到以下結論：

1. 培養液過濾殺菌不完全，煮沸過程要加蓋，出水口用錫箔紙封住，防止污染（內部壓力大，才可完全殺菌）
  2. 出氣口的化粧棉塞太緊，循環不良，溶氧量降低氧氣不夠因而悶死，改用脫指棉。
  3. 形管積滿了藻體和硫磺，因出氣口塞太緊，壓力回流，且管內堆積物太多，打入的空氣變少，也可能導致藻類死亡。
  4. 培養液加太多，導致藻體過於稀釋。（最好是 200 cc 且不可超過，先以 150 cc 培養數日後，視其顏色與原藻種一樣後再慢慢增加到 200 cc。）
  5. 調整光照位置，於正面距離約 30 cm 照射。
  6. 一日搖晃數次改善藻體附著於瓶底的現象。
  7. L 形管與椎形瓶在使用之前均應煮沸殺菌或以 75 度的酒精消毒。
- 注：以上方法我們於第二次取回藻種的培育過程做改善。

↓ 培育藻種的工具

圖（十）第一次培育藻種



一般的大玻璃罐因不耐高溫而破裂，在 45°C 溫度下的藻種顏色鮮豔活力十足。



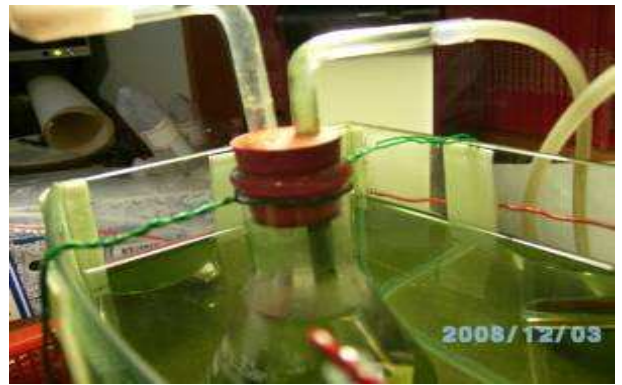
將原來一瓶 250 cc 的藻種平分成兩瓶。

14 沒有氣泡，我們擔心空氣不足，決定換打氣機。





改用 4.5W 雙孔打氣機，並將培養液加至 200 cc。藻種因稀釋而顏色變淡。



L 形管內積滿藻體及硫磺。



藻體顏色變淡並沉澱於瓶底。



已無生命的藻體，只剩淡淡的顏色。

圖(十一)第二次培育藻種



未稀釋的藻種顏色是深綠色的。



培養液煮沸殺菌，蓋上蓋子並且將水壺出水口以鋁箔紙封住，防止污染。



培養液加至 150 cc，並在水浴中 30 cm 處以日光燈照射。



因加溫棒故障，導致溫度太高而死的藻體，顏色非常淡。

**(四) 光線與酸鹼值對溫泉紅藻的影響：**

前二次的失敗令我們沮喪！休息了一個月、再討論後，第三次培育藻種終於成功了，原 75 cc 的藻體已成功培育至 200 cc。我們將 200 cc 的藻種平分為各 100 cc (A、B) 兩瓶，置於相同的水箱裡，水溫 45°C。

(A) 瓶用原來的培養液，並以鋁箔紙將瓶子整個包覆隔絕光線，讓藻體處於黑暗中。

(B) 瓶改用煮沸殺菌過的開水當培養液，每日光照 10 小時。觀察其變化。

如表 (五)、圖 (十二)

**表 (五) 光線與酸鹼值對溫泉紅藻的影響**

**表 (五之一)**

A 瓶：原藻種 100 cc，PH 0.7 (45°C)

添加培養液：溫泉 PH2.0 (常溫)

為確定此次分瓶是否成功，所以在前 6 天光照正常，待藻體顏色恢復後再做遮光實驗。

| 日期   | 瓶裡原量cc | 添加培養液的量cc | 瓶裡總量       | PH 值變化 | 光照的有無 | 藻體變化                            |
|------|--------|-----------|------------|--------|-------|---------------------------------|
| 3/19 | 100    | 50        | 150        | 0.9    | 有     | 因稀釋，藻體顏色較淡                      |
| 3/19 | 115    | 35        |            |        |       |                                 |
| 3/20 | 115    | 35        |            |        |       |                                 |
| 3/20 | 100    | 50        |            |        |       |                                 |
| 3/20 | 100    | 50        |            |        |       |                                 |
| 3/21 | 100    | 50        |            |        |       |                                 |
| 3/21 | 120    | 50        | 170        |        | 有     | 顏色變深                            |
| 3/21 | 120    | 50        |            |        |       |                                 |
| 3/22 | 120    | 50        |            |        |       |                                 |
| 3/22 | 130    | 50        | 180        |        | 有     | 因水量增加，顏色變較淡                     |
| 3/22 | 130    | 50        |            |        |       |                                 |
| 3/23 | 130    | 50        |            |        |       |                                 |
| 3/23 | 100    | 100       | 200        |        | 無     | 顏色恢復與 3/22 同，(3/24 晚上 11 時開始遮光) |
| 3/23 | 100    | 100       |            |        |       |                                 |
| 3/24 | 100    | 100       |            |        |       |                                 |
| 3/24 | 100    | 100       |            |        |       |                                 |
| 3/24 | 150    | 50        |            |        |       |                                 |
| 3/25 | 150    | 50        |            |        |       |                                 |
| 3/25 | 150    | 50        |            |        |       |                                 |
| 3/25 | 100    | 100       |            |        |       |                                 |
| 3/26 | 100    | 50        |            |        |       |                                 |
| 3/26 | 150    | 50        |            |        |       |                                 |
| 3/26 | 150    | 50        | 顏色死灰，早已死亡。 |        |       |                                 |
| 3/30 | 150    | 50        |            |        |       |                                 |

表（五之二）

B 瓶：原藻種 100 cc，PH 0.7（45°C）添加培養液：開水 PH7.8（常溫）光照 10hr

| 日期   | 瓶裡原量cc | 添加培養液的量 cc | 瓶裡總量           | PH 值的變化 | 藻體變化       |
|------|--------|------------|----------------|---------|------------|
| 3/19 | 100    | 50         | 150            | 0.9     | 因稀釋，藻體顏色較淡 |
| 3/19 | 115    | 35         |                |         |            |
| 3/20 | 115    | 35         |                |         |            |
| 3/20 | 100    | 50         |                |         |            |
| 3/20 | 100    | 50         |                |         |            |
| 3/21 | 100    | 50         |                |         |            |
| 3/21 | 120    | 50         | 170            |         |            |
| 3/21 | 120    | 50         |                |         |            |
| 3/22 | 120    | 50         |                |         |            |
| 3/22 | 130    | 50         | 180            |         | 顏色變深       |
| 3/22 | 130    | 50         |                |         |            |
| 3/23 | 130    | 50         | 200            |         | 1.0        |
| 3/23 | 100    | 100        |                |         |            |
| 3/23 | 100    | 100        |                |         |            |
| 3/24 | 100    | 100        |                |         |            |
| 3/24 | 100    | 100        |                |         |            |
| 3/24 | 150    | 50         |                |         |            |
| 3/25 | 150    | 50         |                |         |            |
| 3/25 | 150    | 50         |                |         |            |
| 3/25 | 100    | 100        |                |         |            |
| 3/26 | 100    | 50         |                |         |            |
| 3/26 | 150    | 50         | 顏色恢復〈與 3/22 同〉 |         |            |
| 3/26 | 150    | 50         |                |         |            |

結果：實驗後我們發現：

1. 由於北投溫泉的酸鹼值極低，要改變其酸鹼值又要顧及藻體不可過於稀釋，所以在短時間內酸鹼值的變化不大，無法判斷酸鹼值對溫泉紅藻生存的影響。如（表五之二）
2. 完全處於黑暗中的溫泉紅藻（A 瓶），經過 32 小時之後，藻體顏色有明顯別於光照 10 小時的 B 瓶。如圖（十二）。遮光後經過 7 天後藻已確定死亡。



圖（十二）光照與酸鹼值實驗



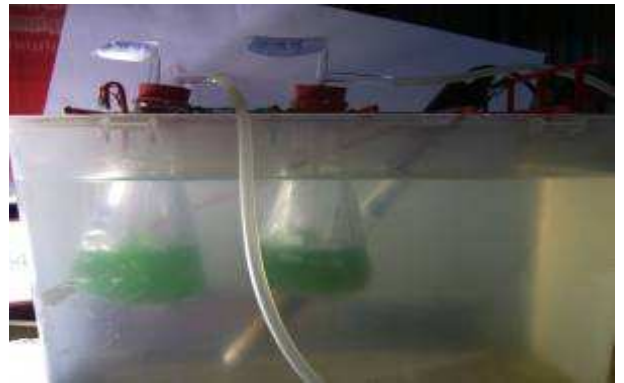
第三次藻種培育成功，原 75 cc 已成功培育至 200 cc，藻體顏色非常深。



準備一個高溫煮沸並以 75% 稀釋酒精殺菌後的空瓶與滴管，將藻種分裝成 2 瓶。



分裝後的藻種各 100 cc。



A 瓶（左）以溫泉培育並加至 150 cc，  
B 瓶（右）以開水培育並加至 150 cc。



A 瓶（左）以溫泉培育、遮光。  
B 瓶（右）以開水培育、光照 10 小時。



完全處於黑暗中 32 小時的藻體顏色與每日光照 10 小時的藻體顏色有明顯差異。

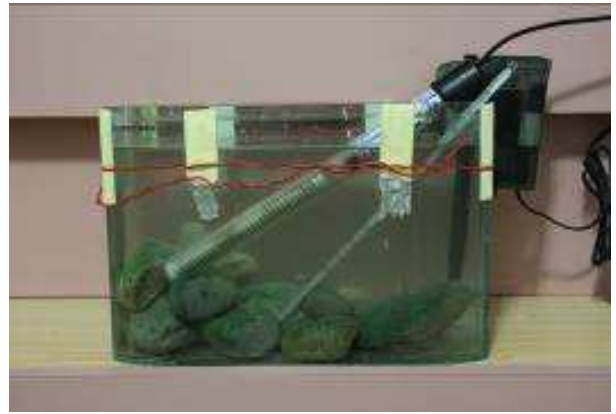
#### （五）北投溪溫泉紅藻石人工養殖紀錄：

1. 溫泉紅藻石來源：本次溫泉紅藻石是 98.1.26 至北投溪熱海飯店對面採集的，約 10 顆附著溫泉藻之石頭，呈深綠色。如圖(十三)。
2. 溫泉紅藻石養殖生態模擬：將檢回之石頭，放置於寬 14 公分，長 30 公分，高 19 公分的玻璃水族箱內，模擬北投溪生態，以 PH 值 1.9 之溫泉水(取至北投溪)加溫棒加溫至 45°C，以循環水流方式養殖。如圖(十三)。

圖（十三）北投溪溫泉紅藻石養殖實驗



北投溪撿拾之溫泉藻石，呈深綠色，目視時藻類附著多且綠。



模擬藻類生長環境



模擬藻類生長環境



約一個月後，大部分石頭附著之藻類已退至原生石頭之顏色。

表（六）「溫泉紅藻石」人工養殖紀錄表: 酸鹼值均為 1.9

| 日期   | 蒸發(公分) | 溫度(°c) | 變化情況                    |
|------|--------|--------|-------------------------|
| 1/26 | 3.2    | 45     | 水流酸鹼度及溫度保持原生環境，呈深綠色。    |
| 1/27 | 3.6    | 44     | 24 小時後水位蒸發約 3.6 公分，呈深綠色 |
| 1/28 | 4.0    | 43     | 顏色呈深綠色。                 |
| 1/29 | 4.1    | 44     |                         |
| 1/30 | 3.5    | 45     |                         |
| 1/31 | 3.9    | 43     |                         |
| 2/01 | 4.0    | 45     |                         |
| 2/02 | 4.5    | 44     |                         |
| 2/03 | 3.9    | 43     | 呈綠色。                    |
| 2/04 | 4.8    | 45     |                         |
| 2/05 | 4.6    | 45     |                         |
| 2/06 | 5.0    | 44     | PH1.9 顏色較淡，呈綠色。         |
| 2/07 | 4.9    | 45     | 顏色呈綠色。                  |
| 2/08 | 3.8    | 43     |                         |
| 2/09 | 4.0    | 43     |                         |
| 2/10 | 3.9    | 45     | 顏色再度變淺，呈淺綠色(顏色第二次變化)。   |
| 2/11 | 4.0    | 44     | 顏色為呈淺綠色。                |
| 2/12 | 4.2    | 43     |                         |
| 2/13 | 3.9    | 42     | 呈淺綠色(變更淡)。              |
| 2/14 | 4.2    | 45     | 顏色呈黃綠色。                 |
| 2/15 | 4.1    | 44     |                         |
| 2/16 | 3.8    | 42     |                         |
| 2/17 | 4.5    | 43     | 部分石頭已褪至原生石頭的顏色。         |
| 2/18 | 4.9    | 44     |                         |
| 2/19 | 4.3    | 45     |                         |
| 2/20 | 4.7    | 44     | 發現石頭上藻類已死亡。             |

結果：從 1/26-2/20 觀察 26 天，發現模擬原生態，以人工方式養殖之石頭，並無法長期延續藻類生命，實驗宣告失敗。是因為生命週期已到，還是無活水流動呢？原因尚待進一步討論。



### 三、運用溫泉水培養珊瑚菇：

(一) 爲什麼要用珊瑚菇：現在水資源日益減少，北投的天然湧泉---磺溪能否用來種植蔬果呢？於是我以地利之便，來到附近的北投農會詢問是否有耐酸性植物，最後得到的推薦是珊瑚菇較耐酸，我們便來試一試囉！

(二) 珊瑚菇來源：於是我們便向北投農會的索取珊瑚菇的太空包。並請教如何培養珊瑚菇。

(三) 種植珊瑚菇的培養液：爲了實驗珊瑚菇是否能承受，較酸的培養液，我們決定用 RO 水、白磺泉、青磺泉及稀釋的青磺泉來做比較。

(四) 溫泉來源：青磺泉取自於北投溪，白磺泉取自於北投新秀閣溫泉飯店。

圖（十四）珊瑚菇培育方法

表（八）珊瑚菇最佳的生長環境

| 珊瑚菇的生長環境 |            |
|----------|------------|
| 溫度       | 常溫，20-30 度 |
| 亮度       | 7，勿曬陽光     |
| 澆水量      | 約 10 毫升    |



珊瑚菇太空包



先裝滿一碗 RO 水，再將青磺泉慢慢加入，直到稀釋至 PH 值 4.8。

RO 水：青磺泉 = 120 cc：5 cc → PH4.8



澆水

表（九）珊瑚菇種植紀錄

五包太空包分別以 A、RO 水、B、白磺泉、C、稀釋青磺泉、D、不加水、E、青磺泉 做為培養液。

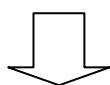
並於每日晚上 8：30 做紀錄。

| NO. | 日期   | 溫度<br>°C | 珊瑚菇<br>高度cm | 日澆<br>水量 | 灌溉<br>水別 | PH<br>值 | 觀 察 紀 錄                 |
|-----|------|----------|-------------|----------|----------|---------|-------------------------|
| A   | 3/18 | 24       | 3           | 10       | RO 水     | 7.0     | 一小個剛出土的菌絲。              |
|     | 3/19 | 22       | 10          |          |          |         | 開始明顯長高擴展。               |
|     | 3/20 | 21       | 12          |          |          |         | 菇的傘蓋明顯打開。               |
| B   | 3/18 | 24       | 5           | 10       | 白磺泉      | 3.4     | 好幾個剛出土的菌絲，顏色較白。         |
|     | 3/19 | 22       | 12          |          |          |         | 長高，不過部分下垂。              |
|     | 3/20 | 21       | 13          |          |          |         | 長高很少，大多下垂。              |
| C   | 3/18 | 24       | 3           | 10       | 稀釋青磺泉    | 4.8     | 外型較胖，較茂密。               |
|     | 3/19 | 22       | 13          |          |          |         | 長的最快，而且十分茂密。            |
|     | 3/20 | 21       | 14          |          |          |         | 菇的傘蓋明顯打開，長的結實茂密。        |
| D   | 3/18 | 24       | 4           | 0        | 不加水      | 0       | 從側面長出來，而且分岔。            |
|     | 3/19 | 22       | 10          |          |          |         | 向四面八方擴張。                |
|     | 3/20 | 21       | 15          |          |          |         | 菇的傘蓋明顯打開，長的結實茂密，不過顏色較暗。 |
| E   | 3/18 | 24       | 5           | 10       | 青磺泉      | 1.8     | 長的較挺拔，較高。               |
|     | 3/19 | 22       | 9           |          |          |         | 向上抽高，有部分下垂。             |
|     | 3/20 | 21       | 10          |          |          |         | 大部分都枯萎了。                |

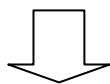
圖(十五)珊瑚菇 A 的生長情形  
第一天



第二天



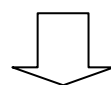
第三天



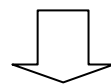
圖(十六)珊瑚菇 B 的生長情形  
第一天



第二天



第三天



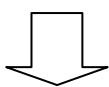


圖（十七）珊瑚菇 C 的生長情形

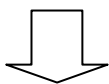
第一天



第二天



第三天

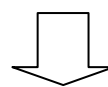


圖（十八）珊瑚菇 D 的生長情形

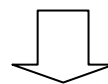
第一天



第二天



第三天

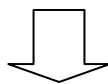


圖（十九）珊瑚菇 E 的生長情形

第一天



第二天



第三天



結果：由表（九）可以發現培養的液酸鹼度會影響珊瑚菇的生長，E 的生長情形可以看的出來，青磺泉的酸鹼度----約 1.8，不適合種植珊瑚菇，且會導致珊瑚菇提早死亡（圖十九）。不過由 A、B、C、D 的生長情形看的出來，**酸鹼值 3.4 到 7.0 是珊瑚菇可以接受的**。另外由表（九）的觀察紀錄可以發現，**D 是長的最好的**（圖十八），因此我們研判，原本太空包就已有足夠的養分供其生長。

## 伍、研究結果

### 一、北投溪的溫泉酸鹼值與溫度的變化

由圖(二)可以看出北投溪的上游 A 點到溫泉博物館 G 點，水質的酸鹼值變化不大，都在 PH1.8~1.9，不過水溫的變化卻很大，從 75°C~36°C。

### 二、溫泉紅藻生長與水溫的關係

溫泉紅藻雖然是耐高溫、嗜強酸，但是由第二次培育的過程發現，當水溫到達 57°C 時，它還是無法承受高溫而死，這跟我們在地熱谷附近看不到藻類卻在北投溪中游看到藻類生長茂密吻合。

### 三、光照對溫泉紅藻生長的影響

文獻中指出，溫泉紅藻是光自營性生物，但經實驗(表五之一)證實若長時間處於黑暗中，藻體顏色亦漸漸變淡，證明光線對其重要性。

### 四、酸鹼值對溫泉紅藻生長的影響

如(表五之二)因每次稀釋量的限制，目前 B 瓶雖以開水培育，但酸鹼值差異不大，仍在 PH0.9~PH1.0 所以並未有確切的證據證明，此項實驗仍持續進行。

### 五、高溫強酸的北投溪除了溫泉紅藻與搖蚊之外，沒有其他生物。這項發現與文獻中指出「新北投的 H<sub>2</sub>S 含量自泉源以至下流，作階段的減少，最多為 H<sub>2</sub>S 6,465cc/L，中間為 3,992cc/L，下流為 3,703cc/L，如此含量遠較溝水多，除少數動物如搖蚊 Chironomus 外其他動物已不適存在。」相吻合。

### 六、珊瑚菇培育結果，除了 D 沒有澆水之外，其餘的培養液以稀釋的青磺泉 PH4.8(C)長得最好，這個結果正符合「珊瑚菇菌絲最適生長溫度為 23 至 27°C，最適生長 pH 為 5.0 至 6.5，形成菇蕾的最適溫度為 17 至 25°C，子實體分化不需變溫刺激，其生長發育的最適溫度為 17 至 23°C。」的條件。

## 陸、討論

### 一、環境對溫泉紅藻的影響：

由表(一)我們可以發現，水溫高的的地熱谷沒有溫泉紅藻的蹤跡，在實測點 D~F 藻類卻最多，而此區的飯店林立，河川污染最嚴重，水溫約在 38°C 左右，且在自然的環境之下，最適合溫泉紅藻生長。另外由我們模擬原生環境養殖石頭實驗失敗也可證實。

### 二、除了溫度與酸鹼值之外，我們推論新鮮的空氣也是它生存的重要條件之一，在第一次培育過程中由於出氣孔用化妝棉塞太緊和打氣孔積滿太多的硫磺，導致空氣循環不良，而使藻種死亡。

### 三、表五之一所測得的數據水溫 45°C 時 PH0.9，25°C 時 PH2.0，與野外的實地探測值有差異，我們研判應是長時間培育過程中，溫泉不斷蒸發，而硫磺沉積於瓶內形成濃酸而使 PH 值更低。



- 四、稀釋的青磺泉 PH4.8 可成功培育珊瑚菇，真令人振奮，我們決定繼續實驗，再將 PH 值提高至珊瑚菇最適合生長的 PH 值 5.0~6.5，找出其最佳的生長 PH 值。
- 五、宜蘭礁溪的溫泉空心菜和番茄，全臺聞名。而北投擁有大屯火山地熱產出的多種溫泉，其酸鹼值均不一樣；若能將泡湯後的溫泉水拿來好好發展溫泉蔬果的話，相信這是我們最開心的了！

## 柒、結論

- 一、培育溫泉紅藻的實驗過程充滿挫折感與挑戰性，連續兩次的藻種培育都失敗，第一次是沒有經驗，第二次是溫控失調，水溫高達 57°C 而導致藻體死亡。不過卻在失敗的經驗中驗證了文獻中所說溫泉紅藻是目前唯一能存活於高溫（42~57°C）、強酸環境下（PH0.2~4）的光自營性生物。
- 二、我們也由實地探勘了解在北投溪的源頭—地熱谷，高溫強酸的極端環境下看不到藻類蹤跡，但到了中下游由於水溫已下降，除了藻類之外竟然還有搖蚊生長，這是從小和溫泉一起長大的我們，很驚奇的發現！
- 三、此外，北投溫泉除了泡澡還可以用來種植珊瑚菇的實驗，讓我們非常興奮！於是我們決定接著下來就朝著發展北投的溫泉蔬菜繼續做研究（目前已種植空心菜），再找出還有哪些蔬菜可以多樣化的回收溫泉水種植。現在水資源日漸匱乏，若能以回收的溫泉水再利用，來發展北投農業，這也是造福人類啊！
- 四、近來全球酸化情形日趨嚴重，未來可能會逐漸走向地球形成之初的原始環境—高溫偏酸，這情況與北投溪十分相似，我們想：若能了解溫泉紅藻的生長條件，大量繁殖，我們未來的食物也許就得靠它囉！

## 柒、參考資料及其他

感謝彰師大藻類工作研究室王瑋龍教授、生物系林宗岐教授提供藻種與技術指導。

感謝北投區農會陳皇祐先生提供珊瑚菇太空包及相關技術指導。

- （一）劉棠瑞（民 72）。植物分類學。國立編譯館。
- （二）黃淑芳（民 89）。臺灣東北角海藻圖錄。臺灣省立博物館。
- （三）王瑋龍（民 89）。臺灣淡水矽藻名錄。中華藻類學會。
- （四）黃淑芳（民 78）。認識藻類。臺灣省立博物館。
- （五）師大學報 三期 硫化氫在臺北水域之生態作用。
- （六）數位台灣真菌知識館 [http://digiku.nmns.edu.tw/fungi\\_web/FungiUnit/2008-019.html](http://digiku.nmns.edu.tw/fungi_web/FungiUnit/2008-019.html)
- （七）台灣物種名錄 <http://taibnet.sinica.edu.tw>