

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080834

水生植物對水體適應之研究

國立臺東大學附屬實驗國民小學

作者姓名：

小四 王于如 小四 張楨洧 小四 鐘元晟
小四 曾敬庭 小四 吳泓錡 小四 蔡立言

指導老師：

陳成吉 鄭佩瑄

水生植物對水體適應之研究

壹、研究摘要

在四年級上學期牛頓版的「自然與生活科技」領域第二單元「水中的生物」其中有一個學習活動是要同學們養殖水生動植物，以便觀察與認識水中生物的種類、繁殖與生態環境等等。本研究是為了因應本單元的學習需要，對此一學習活動做更深入、更廣泛的探討。

關於認識「水生植物」的部分，我們探討了四個主題：一、比較「水生植物」對於各種水體生長適應的情形。二、探討「水生植物」對於洗潔劑稀釋液生長適應的影響。三、比較「綠藻植物」對於各種水體生長繁殖的情形。四、探討「水生植物」的養植對於各種水體PH值的影響等問題。

從本研究的各項實驗結果，我們有以下的幾點重要發現，簡述如下：

- 一、沒有任何一種水體是完全適合所有類型水生植物的生長適應。
- 二、濃度0.05%的家庭用「洗潔劑稀釋液」，會使得大部分的水生植物在3-7天內死亡。
- 三、「洗潔劑稀釋液」的毒性，會隨著時間的延長逐漸的被水體中微生物的分解而消失。
- 四、各類型的「水生植物」對於各種洗潔劑對水體的污染，具有淨化的功能。
- 五、水生植物在養分和光照量不足的情況下，為因應不同環境的變化，會呈現出枝葉縮水的狀態。
- 六、洗潔劑的毒性消失後，洗潔液所提供的養料，會使水生植物長得更好，這可能是造成受污染水源「優養化」的重要因素。
- 七、「綠藻植物」的生長繁衍與水體的種類並沒有必然的關係，而是受限於光照與養分量的多寡。
- 八、「水棉」和「大聚藻」這兩種水生植物，對於各種水體pH值的變化，有非常顯著的作用。

希望透過本研究的結果，使得同學們對水生植物有更深刻的認識，以便對水生植物養植有更正確的觀念與作為。

貳、研究動機

國民小學四上牛頓版的「自然與生活科技」領域第二單元所討論的主題是：「水中的生物」。在本單元的幾個學習活動中，要我們認識各種常見的水生動植物，例如：大肚魚、錐實螺、水黽、布袋蓮、大萍、金魚藻等等。其中有一個活動是要我們分組佈置一個水族箱，用來養殖水生動植物做為長期的觀察，並從中學會怎麼照顧水中的生物，養成愛護生命、尊重生命，進而能夠深切的體認環境保育的重要性。

老師在課堂中，指定我們每一組要養殖一種以上的水生動植物，以便進行長時間的觀察紀錄，進而能更清楚的了解「水中生物」生態與環境。有一節的自然課，正當班上的同學七嘴八舌的討論著：「要用什麼水體來養殖水中生物最好？」而爭論不休的時候，老師提出了一個不錯的建議，他要我們全班分成幾組，利用各種現有的水體來養殖水生動物或水生植物，以便能夠進行長時間的觀察與比較。針對這個問題，老師要我們設計相關的實驗做有系統、有計畫的深入探討，以了解日常生活中哪些常見的水體比較適合水中生物的生存與繁衍。

經過再三的討論後，我們這一組決定要研究的題目是：「探究水生植物對於不同水體的生長適應？」。於是在自然老師的鼓勵與指導下，我們小組的研究工作就這樣熱烈的展開啦！

參、研究目的

- 一、比較各種不同來源的水體，對於「水生植物」生長適應的影響。
- 二、探討家庭用洗潔劑稀釋液，對於「水生植物」生長適應的影響。
- 三、比較各種不同來源的水體，對於「綠藻植物」生長繁殖的影響。
- 四、探討各類型「水生植物」的養植，對於各種不同水體 pH 值的影響。

肆、設備與材料

觀察用燒杯（1L）20 個、數位相機 1 台、有安裝 ADSL 電腦 1 台、長柄湯匙 1 把、攪拌棒 1 支、有瓶蓋塑膠水桶（4L）10 個、氣溫計 1 支、pH 值檢測計 1 支、水質硬度測試劑 1 組。

*下表是本研究相關的實驗活動照片

		
↑ 1.量取 1000ml 測試用水體	↑ 2.檢測前水體 pH 值測量	↑ 3.用滴定法測量水質硬度
		
↑ 4.用天平秤出水棉的重量	↑ 5.測量檢測後水體的 pH 值	↑ 6.大萍的水體適應觀察
		
↑ 7.整理各項實驗紀錄一	↑ 8.整理各項實驗紀錄二	↑ 9.撰寫各項實驗報告

伍、實驗採樣說明

- 一、本研究所採樣的 10 種水體：

序	水體名稱	採樣日期	水體來源	水質硬度 (ppm)	pH 值
1	鹼性離子水	93年9月18日	家庭用淨水機製造	213.6	8.1
2	RO逆滲透純水	93年9月20日	RO逆滲透純水機製造	17.8	7.7
3	山泉水	93年9月11日	卑南鄉大南村高山泉水	178	8.3
4	礦泉水	93年11月13日 (有效日期)	台東縣池上鄉地下水體	53.4	7.6
5	自來水	93年9月19日	台東市區用自來水	204.7	8.1
6	煮沸的自來水	93年9月19日	台東市區自來水(煮沸過)	178	8.0
7	地下水	93年9月19日	台東市近海的地下水	267	7.8
8	雨水	93年9月11日	台東市區所下的雨水	7.12	6.2
9	蒸餾水	97年12月31日 (有效日期)	工業用的蒸餾水	12.46	7.2
10	洗潔劑稀釋液	93年9月20日	泡舒洗潔劑稀釋液 (用地下水稀釋濃度0.05%)	291.9	7.2
備註	*「洗潔劑」成分：椰子油界面活性劑、天然非離子界面活性劑、椰子脂肪酸衍生物、天然食用香料。2. 廠商建議使用濃度為：0.2% 3. pH值=7 4. 用途：廚房碗盤清洗。				

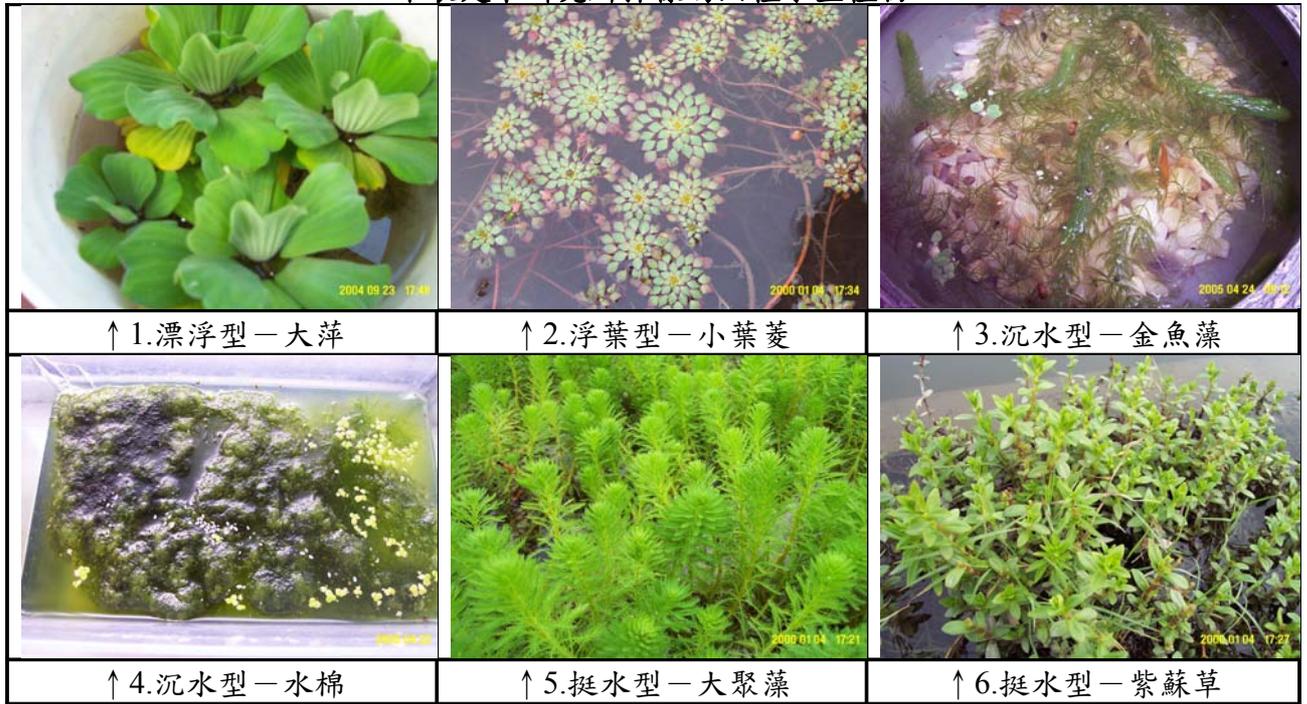
二、植物採樣說明：本研究所採樣的水生植物共有三大類型，分別是：「漂浮型」—水萍、大萍；「沉水型」—金魚藻、水棉和小葉菱（浮葉）；「挺水型」—大聚藻和紫蘇草等。每種類型的植物各進行為期六週的生長適應測試，以比較各類型水生植物對不同水體的生長適應情形。

三、水生植物簡介：

- **水 萍**：是屬浮萍科紫萍屬，葉狀體2-5片合生，葉下叢生鬚根5-10條，表面淡綠色，腹面呈紫或綠色。是一年生漂浮小草本，雖然是顯花單子葉植物，但很少開花，均由兩側囊內長芽繁殖，常見於水田或水塘中，是用來淨化水質的一種水生植物。
- **大 萍**：天南星科多年生草本，漂浮性水生植物，全株密布細白色絨毛不沾水，葉子成倒卵形至扇形，葉背淺灰綠。大萍的花藏在叢生的葉腋中非常不明顯，利用無性繁殖來繁衍下一代，成熟的植株會萌生許多走莖，每一走莖又會萌發另一株幼苗。喜歡高溫潮濕，水質清澈，陽光充足的水塘，開花的季節在春、秋兩季。
- **小葉菱**：屬於柳葉菜科，多年生浮葉水生植物。莖細長，葉柄紅色，葉菱形，上半部疏鋸齒緣。夏秋季開花，腋生，浮於水面葉簇間，花冠黃色，花瓣4枚，不易結果，冬季休眠，春暖後再生長。
- **金魚藻**：外觀顏色為綠色至綠褐色，莖長可達50公分，多分枝，葉子多枚輪生在莖上，絲狀。花有雄花和雌花之分，雄花著生在莖下端，每節約有四朵，雌花著生在莖上端，每節1~2朵，果實為堅果卵形。大都生長於田圳，河溝及池塘中。折一莖枝放於水池中，約一星期即能長出細根，發育成新個體，如將植株種於水中之泥土，生長情況較好。
- **水 棉**：淡水藻類，多細胞，細胞多呈分化絲狀，多分枝，每個細胞內均有螺旋狀葉綠體，水棉多聚集生長在水面或水底，能進行有性及無性生殖。
- **大聚藻**：屬於蠅塔科水生植物，植株高約20-30公分。莖呈半蔓性，能匍匐溼地生長，葉羽狀，銀綠色，柔美可愛，適合水池邊緣點綴或盆栽。
- **紫蘇草**：玄參科，一年生草本，莖直立或斜上，自基部分枝，高約10-30公分；葉無柄，對生或偶爾輪生，狹橢圓形或披針形，長約1.5-4公分。春季開花，花朵單生於葉腋，花梗長0.7-1.1公分，花冠紫紅或粉紅色，蒴果廣卵形光滑，種子腎形。

四、**長相評比標準**：評比的標準是根據各項實驗檢測結果的數據，分別採計分數，並且視該檢測項目的重要性，給予分項的加權計分，累計結果得分愈高者表示植物對該水體的生長適應狀況愈良好。

*下表是本研究所採樣的六種水生植物



陸、研究過程、結果與討論

問題一、比較各種不同來源的水體，對於「水生植物」生長適應的影響？

實驗(一) 漂浮型水生植物—「大萍」對於不同水體的生長適應比較

【實驗過程】如本研究第五項之水體取樣說明，用 10 個燒杯（1L）各注入 10 種不同的水體各 1000ml，分別養植 1 株葉面直徑長約 1.5-2.0cm 的大萍，每株 5 個葉片。將觀察杯放置在空氣流通，陽光照射充足的窗台，且在檢測期間不施加任何肥料，進行為期六週的觀察，並紀錄大萍對不同水體的生長適應情形。

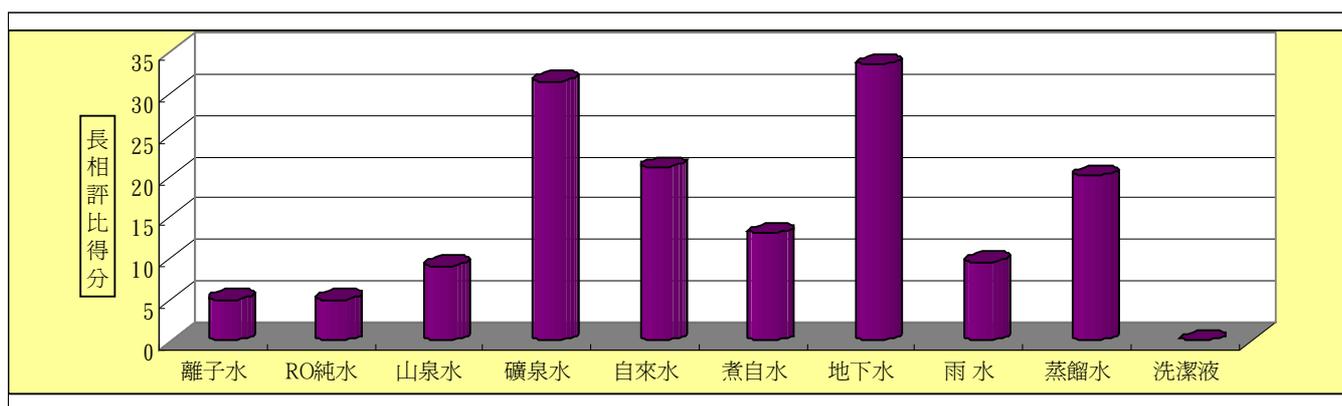
表一、實驗(一)「大萍」在 10 種不同水體中的生長適應紀錄表

(檢測日期：93 年 10 月 14 日- 93 年 11 月 25 日)

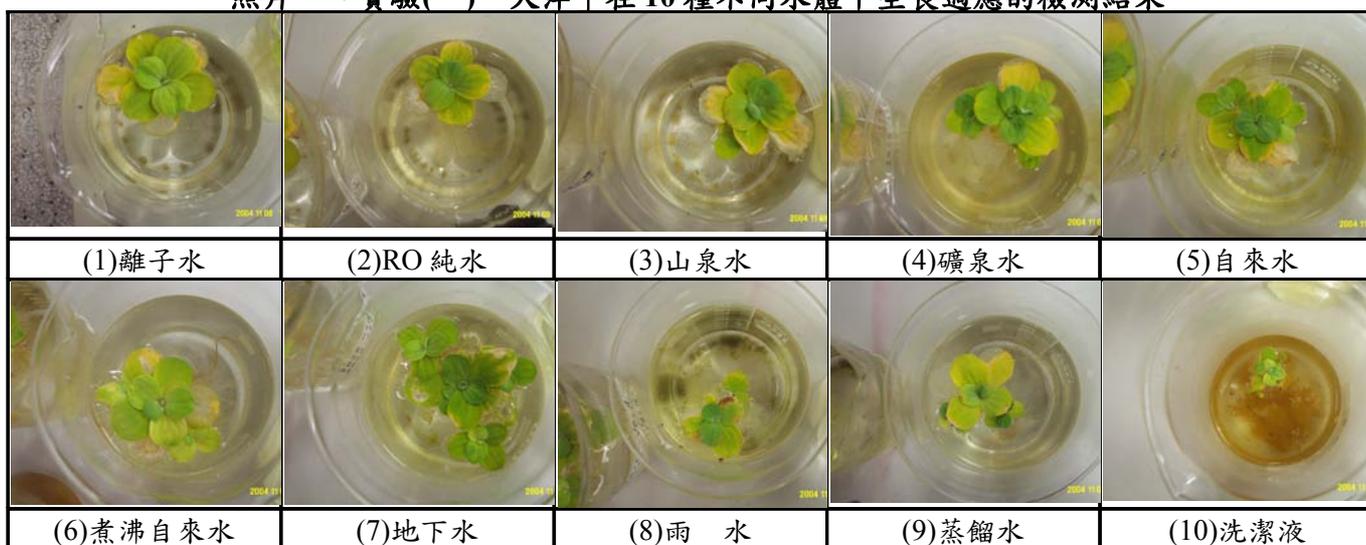
水體名稱	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
檢測項目	鹼性離子水	R0 純水	大南山泉水	池上礦泉水	台東市自來水	煮沸的自來水	台東市地下水	台東市雨水	市售蒸餾水	洗潔劑稀釋液
檢測前/後葉數	5/10	5/9	5/10	5/10	5/10	5/11	5/8	5/7	5/6	5/0
檢測前/後葉數差	+5	+4	+5	+5	+5	+6	+3	+2	+1	枯死
綠葉/枯葉數目	3/4	3/4	3/4	7/1	4/4	4/4	3/5	3/3	2/4	枯死
綠色葉數得分x1	3	3	3	7	4	4	3	3	2	枯死

枯黃葉數 得分x0.5	2	2	2	0.5	2	2	2.5	1.5	2	枯死
檢測前/後 分株數	0/0	0/0	0/1	0/4	0/3	0/2	0/5	0/1	0/2	枯死
新分株數	0	0	1	4	3	2	5	1	2	枯死
得分x1										
新分株 葉數	0	0	3	20	12	5	23	4	14	枯死
新分株葉 數得分x1	0	0	3	20	12	5	23	4	14	枯死
得分累計	5	5	9	31.5	21	13	33.5	9.5	20	0
長相排名	8	8	7	2	3	5	1	6	4	9
檢測前/後 PH 值	8.1/ 8.4	7.7/ 7.9	8.3/ 8.4	7.6/ 6.5	8.1/ 8.4	8/8.4	7.8/ 8.6	6.2/ 7.1	7.2/6	7.2/ 8.3
實驗觀察	• 在濃度 0.05% 的 (10)洗潔劑稀釋液中所養植的大萍在第 3 天就已全數沉入杯底。									

圖一、實驗(一)「大萍」在 10 種不同水體中的生長適應比較圖



照片一、實驗(一)「大萍」在 10 種不同水體中生長適應的檢測結果





檢測的第六週，各水體呈清澈的淡金黃色，並無綠藻的生成，洗潔液中第3次補種的大萍已長出新葉。

【結果與討論】

- 1.由研究問題一的實驗(一)漂浮型的「大萍」對於不同水體的生長適應檢測結果顯示：「大萍」在(4)礦泉水、(7)地下水中的得分最高，分別是31.5分和33.5分，兩者的得分高於其它各水體許多，顯示「大萍」比較適合在(7)地下水和(4)礦泉水中生長。表現較差的是(1)離子水、(2)RO純水、(3)山泉水、(8)雨水、和(6)煮沸的自來水等，得分分別只有5.0—13.0分之間。
- 2.各水體在觀察檢測期間，並不施於任何肥料，且光照量不如室外來得充足，以致於各植株整體的長相就如同縮水般相對的變小。植物本身為了因應不同的環境變化，會自行適度的調整其植株體表的長相，以便適應新的環境條件，以求生存。

實驗(二) 浮水型水生植物—「小葉菱」對於不同水體的生長適應比較

【實驗過程】如本研究第伍項之水體取樣說明，用10個燒杯(1L)各注入10種不同的水體各1000ml，分別養植1株莖長約20cm，總葉面直徑約6cm，無分株的小葉菱。並將觀察杯放置在空氣流通，陽光照射充足的窗台，且在檢測期間不施加任何肥料，進行為期六週的觀察，並紀錄小葉菱在不同水體中生長適應的情形。

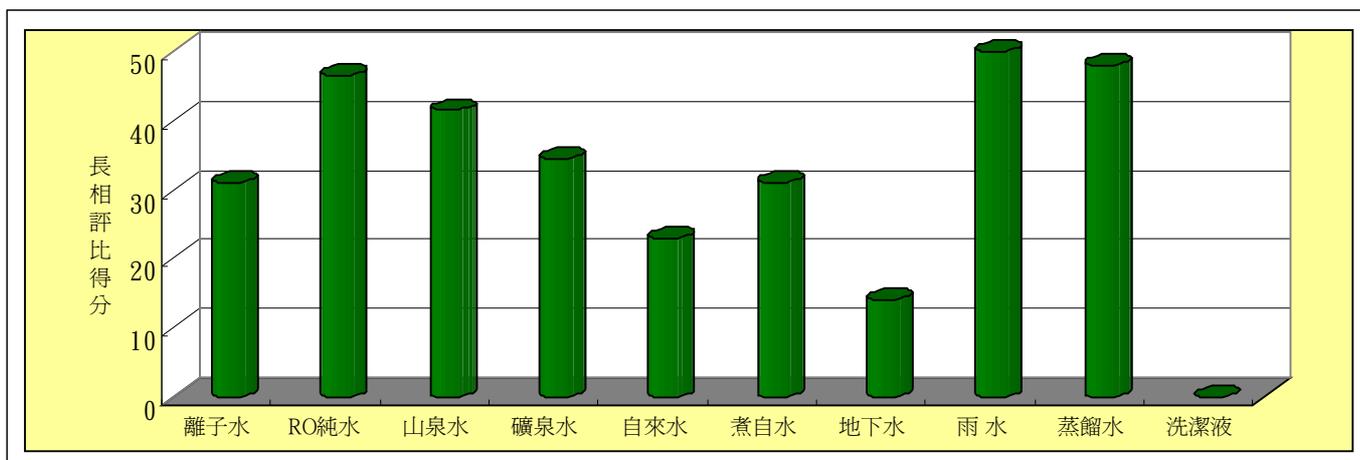
表二、實驗(二)「小葉菱」在10種不同水體中的生長適應紀錄表

(檢測日期：94年12月16日-94年1月24日)

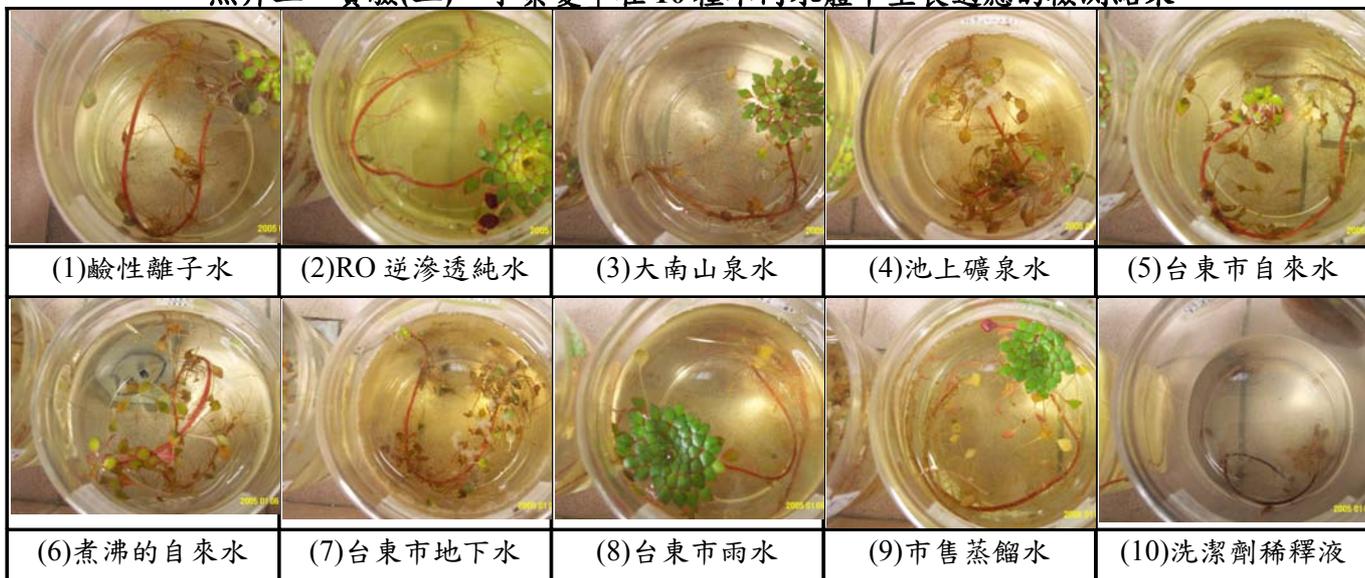
水體名稱	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
檢測項目	鹼性離子水	RO純水	大南山泉水	池上礦泉水	台東市自來水	煮沸的自來水	台東市地下水	台東市雨水	市售蒸餾水	洗潔劑稀釋液
檢測前/後莖長(cm)	20/32	20/33	20/35.5	20/30.5	20/34	20/34	20/28	20/37	20/31	20/0
檢測前/後莖長度差(cm)	+12	+13	+15.5	+10.5	+14	+14	+8	+17	+11	枯死
新生莖長得分x1	12	13	15.5	10.5	14	14	8	17	11	0
檢測前/後葉面直徑(cm)	5/0	5/3.5	5/2	5/1	5/0	5/0	5/0	5/2	5/5	5/0
葉面直徑得分x3	0	10.5	6	3	0	0	0	6	15	0
檢測前/後根數	0/19	0/23	0/20	0/21	0/9	0/17	0/6	0/27	0/22	0/0
新生根數得分x1	19	23	20	21	9	17	6	27	22	0

得分累計	31.0	46.5	41.5	34.5	23.0	31.0	14.0	50.0	48.0	0
長相排名	6	3	4	5	7	6	8	1	2	0
檢測結果	老葉不在	老葉在	已長新葉	已長新葉	老葉不在	老葉不在	老葉不在	老葉在	老葉在	已枯死
檢測前/後PH值	8.1/8.5	7.7/7.8	8.3/8.4	7.6/8.1	8.1/8.1	8.0/8.4	7.8/8.4	6.2/7.4	7.2/7.4	7.2/8.1
檢測觀察	<p>(10)洗潔劑稀釋液中小葉菱的葉子第2天就沉入液中，且有枯萎變成黑褐色的現象。其它各水體的小葉菱，第2天葉子就翻轉過來，迎向陽光。(93.12.19)</p> <p>養植在(10)洗潔劑稀釋液中的小葉菱，在第8天整株變成黑褐色沉入水中，已無生命跡象。(93.12.27)</p>									

圖二、實驗(二)「小葉菱」在10種不同水體中的生長適應比較圖



照片二、實驗(二)「小葉菱」在10種不同水體中生長適應的檢測結果



【結果與討論】

- 由研究問題一的實驗(二)浮葉型的「小葉菱」對於不同水體的生長適應檢測結果顯示：「小葉菱」在(3)山泉水、(2)RO純水、(9)蒸餾水和(8)雨水中的得分最高，分別是在41.5—50分之間；表現最差的是(7)地下水得分都只有14分。
- 在實驗過程中我們發現，浮葉型的「小葉菱」如果剪去植株頂部的葉子，只把莖部植入水體中

約在二週後，會從莖部長出挺水型的分株（新芽）。相對的，有帶葉子的植株並不會從莖部長出新的分株，這是個非常奇特的現象。可能是，只有莖的植株無法行光合作用，植物為求適應與生存，必須把新的分株長出水面，以便吸收更多的陽光和空氣；而已長有葉子的植株，就沒有這個問題。

實驗(三) 沉水型水生植物—「金魚藻」對於不同水體的生長適應比較

【實驗過程】如本研究第伍項的實驗採樣說明，用 10 個燒杯（1L）各注入 10 種不同的水體各 1000ml，分別養植 1 株莖長約 14cm 的金魚藻。將觀察杯放置在空氣流通，陽光照射充足的窗台且在檢測期間不施加任何肥料，進行為期六週的觀察，並紀錄金魚藻對不同水體的生長適應情形。

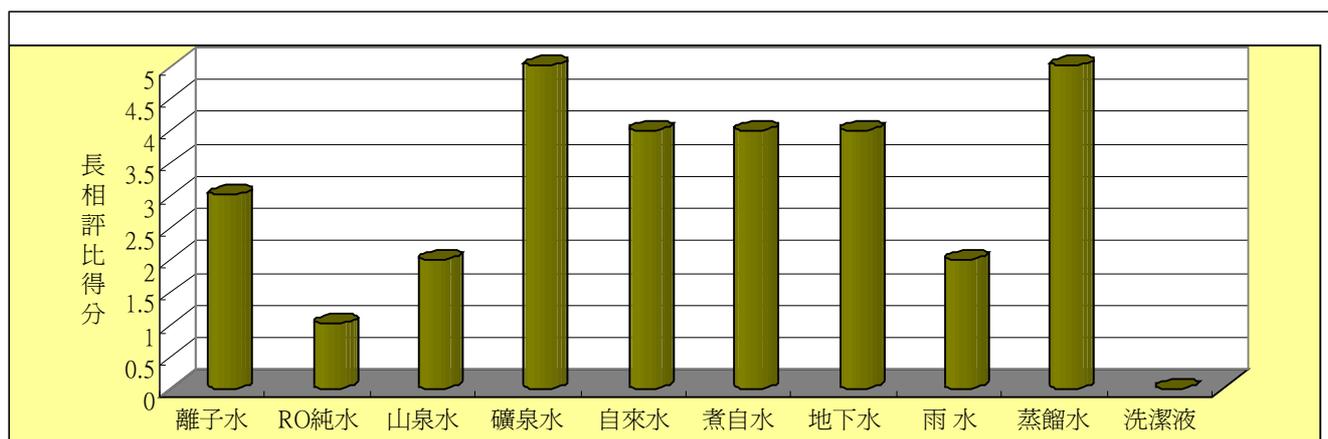
表三、實驗(三)「金魚藻」在 10 種不同水體中的生長適應紀錄表

(檢測日期：94 年 11 月 4 日 - 94 年 12 月 7 日)

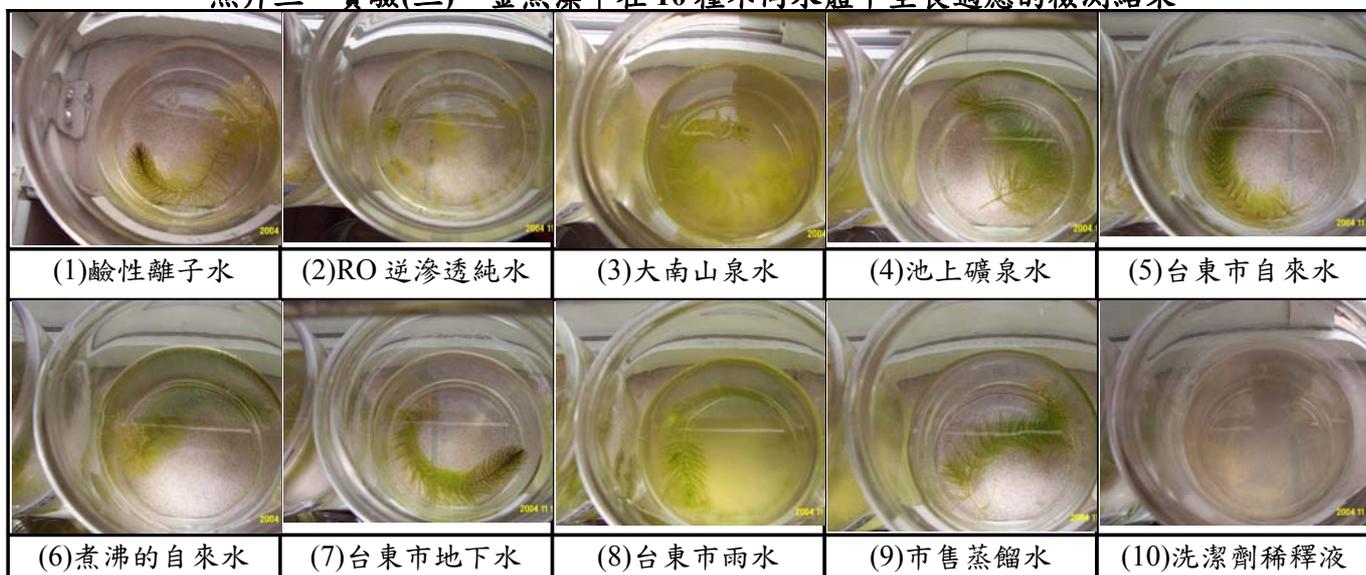
水體名稱	檢測前/後 PH 值	水體顏色	長相評比	觀察日期	實驗過程之觀察紀錄
(1)鹼性離子水	8.1/8.0	淡黃 透明	3	11.06 12.07	·水中的金魚藻基部有「連續性」的氣泡產生。 ·水質清澈，稍微呈現黃色，整株後半節的枝葉已枯黃脫離母株，前半節的長相正常。
(2)RO 逆滲透純水	7.7/7.8	淡綠 透明	1	11.06 12.07	·金魚藻基部的葉子變成黃白色，脫離原植株。 ·水質清澈，微帶黃綠色。除末梢還留有少數葉子外，其它部位的葉子已脫離母株，腐爛成顆粒狀沉入水底。
(3)大南山泉水	8.3/8.5	混濁的黃綠色	2	11.06 12.07	·水中的金魚藻基部有「連續性」的氣泡產生。 ·水質呈現黃綠色，水濁不見底，有部分葉子枯黃脫離母株，母株並沒有新的分枝或新葉生成。
(4)池上礦泉水	7.6/8.4	淡綠 透明	5	11.14 12.07	·葉子翠綠，水質清澈，基部的葉子開始有泛黃腐敗的跡象。 ·水質微綠清澈，植株的前段長相良好，後段葉子腐敗，基部有 1 個分枝產生，整株枝葉長相良好。
(5)台東市自來水	8.1/8.0	透明 無色	4	11.06 12.07	·水中的金魚藻基部有「連續性」的氣泡產生。 ·水質清澈見底，基部的枝葉枯黃脫離母株，但是整體的長相良好。
(6)煮沸的自來水	8.0/8.1	淡綠 透明	4	11.06 12.07	·水中的金魚藻基部有「間歇性」的氣泡產生。 ·水質清澈見底，上半段的枝葉翠綠，基部枝葉枯黃脫離母株，但整株的長相良好。
(7)游泳池地下水	7.8/7.9	透明 無色	4	11.06 12.07	·水中的金魚藻基部有「間歇性」的氣泡產生。 ·水質清澈見底，植株的前段長相良好，後段的葉子枯黃腐敗已脫離母株，有一個分枝生成，整株的長相良好。

(8)台東市 雨水	6.2/8.9	混濁 的黃 綠色	2	11.14 12.07	·水質呈現黃綠色混濁狀。 ·水質黃綠色混濁不見底，並無新的枝葉生成，腐爛的葉子變成顆粒狀沉入水底。
(9)市售蒸 餾水	7.2/8.3	淡綠 透明	5	11.14 12.07	·水質清澈，葉子是翠綠色。 ·水質微黃清澈，水底有少量沉澱物，基部的葉子泛黃腐敗，有2個分枝生成，整體長相良好。
(10)潔劑 稀釋液	7.2/7.4	乳白 透明	0	11.06	·稀釋液中的金魚藻在第3天枝葉變成死白的顏色 枝葉解體沉入水中，已無生命跡象。
檢測說明	<ul style="list-style-type: none"> ·檢測期間的水溫，最低溫度大約在22℃，最高溫度大約在28℃。 ·長相評比標準：由於本實驗所採樣的「金魚藻」不易做分項的量化觀察紀錄，所以「評比標準」乃是根據植株最終的整體長相，分別給予一個綜合性的分數0-5分，得分愈高者表示金魚藻對水體的生長適應狀況愈良好。 				

圖三、實驗(三)「金魚藻」在10種不同水體中的生長適應比較圖



照片三、實驗(三)「金魚藻」在10種不同水體中生長適應的檢測結果



【結果與討論】

1.由研究問題一的實驗(三)沉水型的「金魚藻」對於不同水體的生長適應檢測結果顯示：「金魚藻」在(5)礦泉水、(9)蒸餾水中的整體長相較佳，得分都是5分；表現較差的是在(2)RO純水、(3)山泉水、和(8)雨水中，得分只有1-2分。

2.水生植物的生長與繁衍需要充足的光照量。在實驗的過程中我們發現，在相同的觀察期間，放置在窗台上光照量充足的植物，其長相要優於放置在窗台下方，光照量較不足的同種植物。

實驗(四) 沉水型水生植物—「水棉」對於不同水體的生長適應比較

【實驗過程】如本研究第伍項實驗採樣說明，用10個燒杯(1L)各注入10種不同的水體各1000ml，分別養植1束重約9克，長度約10cm的水棉。將觀察杯放置在空氣流通，陽光照射充足的窗台，且在檢測期間不施加任何肥料，進行為期五週的觀察，並紀錄水棉對於不同水體的生長適應情形。

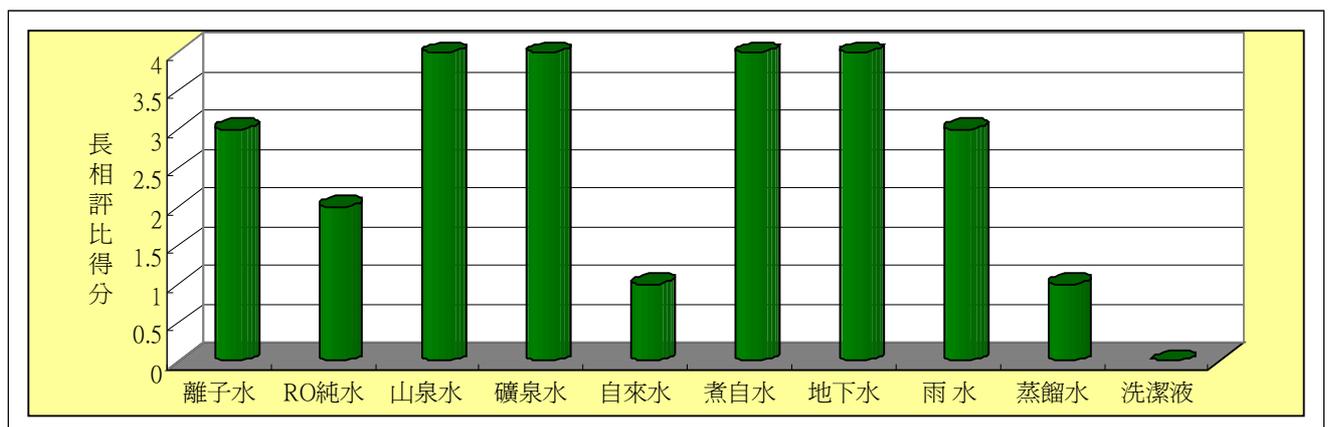
表四、實驗(四)「水棉」在10種不同水體中的生長適應紀錄表

(檢測日期：93年11月18日-93年12月20日)

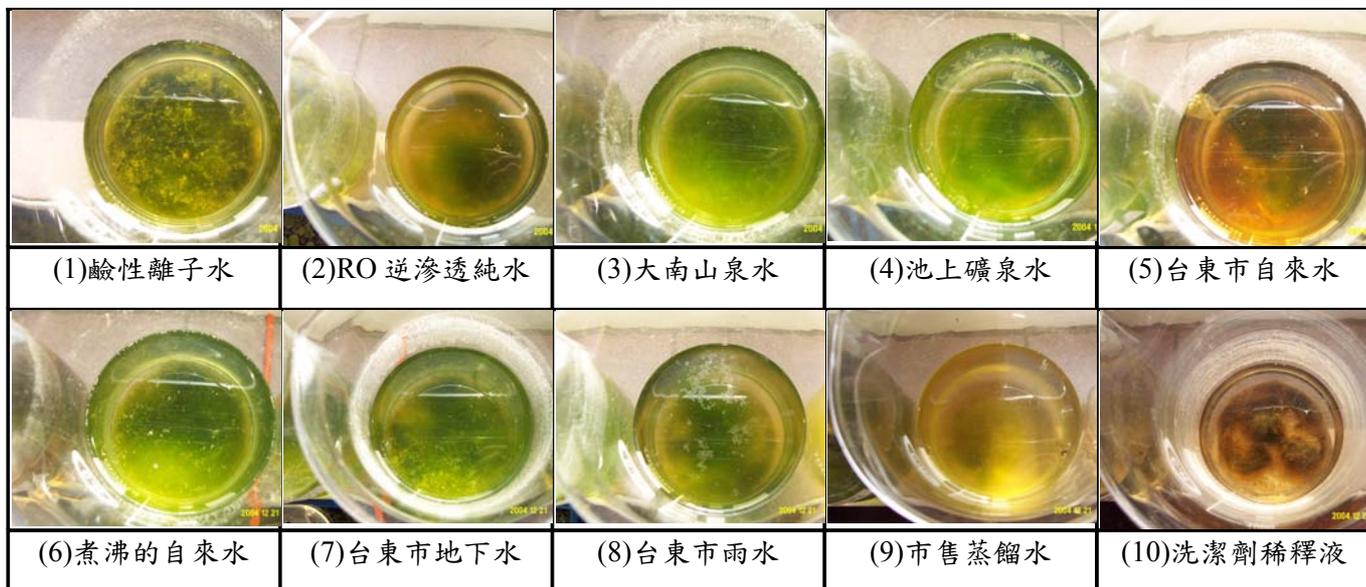
水體名稱	檢測前/ 後PH 值	水體 顏色	長相 評比	觀察 日期	實驗過程之觀察紀錄
(1)鹼性離 子水	8.1/9.0	淡黃 清澈	3	12.03	水質清澈，水棉呈翠綠色狀，有向外擴張的跡象，但數量並無明顯的增加。
				12.20	水質淡黃色清澈，水棉還是呈現綠色，數量變少沉入杯底。
(2)RO 逆 滲透純 水	7.7/9.2	淡金 褐色 清澈	2	12.03	水質呈金褐色，約有1/4的水棉變成黑褐色團狀，數量萎縮減少。
				12.20	水質清澈成淡金褐色，水棉綠色沉入杯底，數量明顯減少許多。
(3)大南山 泉水	8.3/9.6	淡綠 清澈	4	12.03	水質清澈，水棉呈翠綠色狀，有向外擴張的跡象，但數量並無明顯的增加。
				12.20	水質淡綠色清澈，水棉還是呈現綠色沉入杯底，數量變少。
(4)池上礦 泉水	7.6/9.8	淡綠 清澈	4	12.03	水質呈現金褐色，約有1/4的水棉變成黑褐色團狀，數量萎縮減少。
				12.20	水質淡綠色清澈，水棉還是呈現綠色沉入杯底，數量變少。
(5)台東市 自來水	8.1/8.2	黃褐 色微 濁	1	12.03	水質清澈，水棉呈翠綠色狀，有向外擴張的跡象，但數量並無明顯的增加。
				12.20	水質微濁成黃褐色，水棉成褐綠色團狀沉在杯底，數量極少，已不再有生長的跡象。

(6)煮沸的自來水	8.0/9.4	淡綠 清澈	4	12.03	水質清澈，水棉呈翠綠色狀，有向外擴張的跡象，但數量並無明顯的增加。
				12.20	水質淡綠色清澈，水棉還是呈現綠色沉入杯底，數量變少。
(7)游泳池地下水	7.8/9.5	淡綠 清澈	4	12.03	水質清澈，水棉呈翠綠色狀，有向外擴張的跡象，但數量並無明顯的增加。
				12.20	水質淡綠色清澈，水棉還是呈現綠色沉入杯底，數量變少。
(8)台東市雨水	6.2/9.9	淡金 黃色	3	12.03	水質變成金褐色，約有 1/2 的水棉變成黑褐色團狀，水棉的數量萎縮減少。
				12.20	水質淡黃色，水棉呈翠綠色向上發展，數量變少。
(9)市售蒸餾水	7.2/8.3	淡金 黃色 微濁	1	12.03	水質變成金褐色，約有 1/2 的水棉變成黑褐色團狀，數量萎縮減少。
				12.20	水質淡金黃色微濁，水棉只剩少量殘渣沉在杯底。
(10)潔劑稀釋液	7.2/8.5	淡金 褐色 清澈	0	12.03	水棉沉入杯底成土褐色灰狀，水質成土褐色，已無生命跡象。
				12.20	水質淡金褐色清澈，水棉呈褐色團狀枯死在杯底。
實驗說明	<ul style="list-style-type: none"> • 檢測期間的水溫：夜晚的最低溫度大約在 21°C，白天的最高溫度大約在 26°C 左右。 • 長相評比標準：由於本實驗所採樣的「水棉」，不易做量化的分項觀察紀錄，所以「評比標準」是根據植株最終的整體長相，分別給予一個綜合性的分數 0-5 分，得分愈高者表示水棉對該水體的生長適應狀況愈良好。 				

圖四、實驗(四)「水棉」在 10 種不同水體中的生長適應比較圖



照片四、實驗(四)「水棉」在 10 種不同水體中生長適應的檢測結果



【結果與討論】

- 1.由研究問題一的實驗(四)沉水型的「水棉」對於不同水體的生長適應檢測結果顯示：「水棉」在(3)山泉水、(4)礦泉水、(6)煮沸的自來水和(7)地下水中的整體長相較佳，分別得到4分；表現較差的是在(5)自來水、(9)蒸餾水和(2)RO純水中，得分只有1-2分。
- 2.由實驗(四)的檢測結果顯示：養植水棉的各水體顏色，會隨著水棉的生長適應週期而有所改變。第一階段「適應期」時，水質是透明清澈的→進入第二階段「成長期」時，水質開始變成淡金黃色→最終到達第三階段「衰退期」時，水質則呈現土褐色。顯示水棉對於水質好壞的敏感度極高，是一種良好檢測水質優劣的「指標性植物」。

實驗(五)挺水型水生植物—「大聚藻」對於不同水體的生長適應比較

【實驗過程】如本研究第伍項的實驗採樣說明，用10個燒杯(1L)各注入10種不同的水體各1000ml，分別養植1株莖長約20cm，且無分枝的大聚藻。將觀察杯放置在空氣流通，陽光照射充足的窗台，且在檢測期間不施加任何肥料，進行為期六週的觀察，並紀錄大聚藻在不同水體中生長適應的情形。

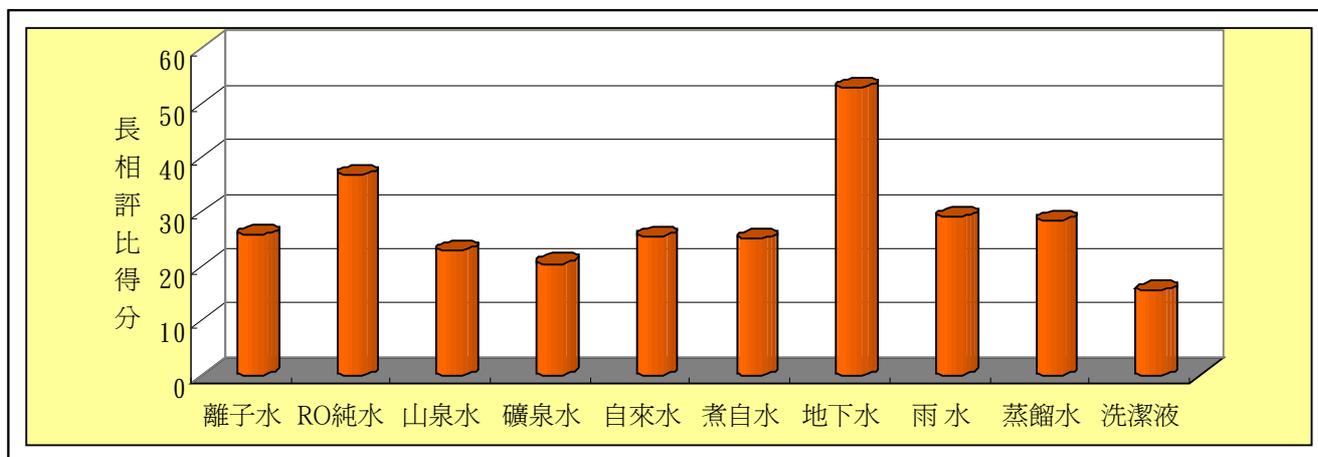
表五、實驗(五)「大聚藻」在10種不同水體中的生長適應紀錄表

(檢測日期：93年12月6日-94年1月17日)

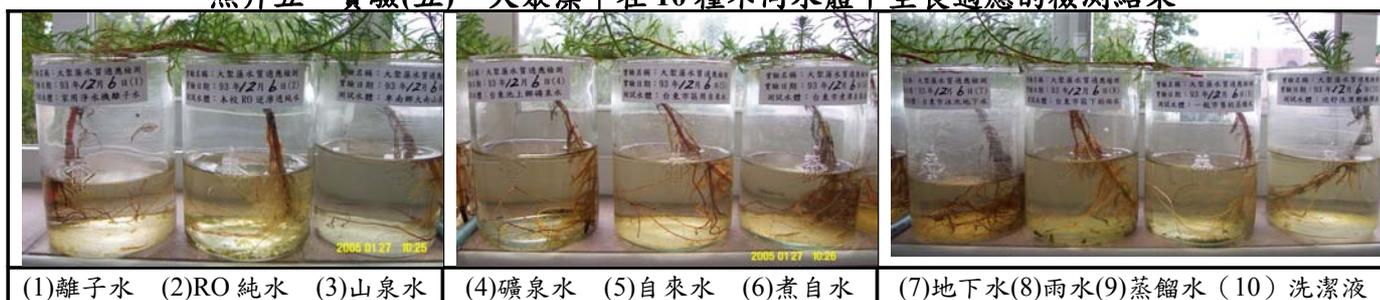
水體名稱	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
檢測項目	鹼性離子水	RO純水	大南山泉水	池上礦泉水	台東市自來水	煮沸的自來水	台東市地下水	台東市雨水	市售蒸餾水	洗潔劑稀釋液
檢測前莖長(cm)	28.3	28.1	24.5	28	26	28	27	26.5	26	20
檢測後莖長(cm)	40.5	43.5	32	36	39.5	41	46.5	37	39.5	25.5
莖長度差得分×1	12.2	15.4	7.5	8	13.5	13	19.5	10.5	13.5	5.5
檢測前/後側芽數目	0/1	0/1	0/2	0/1	0/1	0/1	0/2	0/2	0/1	0/1

新生側芽數得分×3	3	3	6	3	3	3	6	6	3	3
新側芽總長度(cm)	4.5	6.5	5.5	5.5	2	2	11.5	3.5	5	5
新側芽長度得分×1	4.5	6.5	5.5	5.5	2	2	11.5	3.5	5	5
檢測前/後根數	0/6	0/12	0/4	0/4	0/5	0/7	0/16	0/9	0/7	0/2
新生根數得分×1	6	12	4	4	5	7	16	9	7	2
得分累計	25.7	36.9	23	20.5	25.5	25	53	29	28.5	15.5
長相排名	5	2	8	9	6	7	1	3	4	10
檢測前/後PH值	8.1/8.5	7.7/4.4	8.3/8.3	7.6/8.2	8.1/8.3	8/8.2	7.8/8.5	6.2/4.1	7.2/4.2	7.2/8.2
實驗說明	<p>檢測期間的水溫：夜晚的最低溫度大約在 20℃，白天的最高溫度大約在 26℃。</p> <p>(10)洗潔劑稀釋液，大聚藻浸入水中的莖葉開始變黑，伸出水面的莖葉，雖然還是綠色，但已呈現出枯萎下垂狀。(93.12.8) 到第 21 天，伸出水面的枝葉並未再繼續枯萎，而是逐漸恢復綠色狀，開始有了生機。(93.12.27)</p>									

圖五、實驗(五)「大聚藻」在 10 種不同水體中的生長適應比較圖



照片五、實驗(五)「大聚藻」在 10 種不同水體中生長適應的檢測結果





檢測的第六週，各水體呈清澈的淡金黃色，並無綠藻的生成，21 天後「洗潔液」中的大聚藻已長出分枝。

【結果與討論】

1. 由研究問題一的實驗(五)挺水型的「大聚藻」對於不同水體的生長適應檢測結果顯示：「大聚藻」在(7)地下水中的得分最高有 53 分；其次是在(2) RO 逆滲透純水中得分是 36.9 分；表現最差的是在(10)洗潔劑稀釋液的得分只有 15.5 分。
2. 實驗(五)的結果發現：實驗的第 51 天，第(2)、(8)和(9)號水體的 pH 值從檢測前的 7.7、6.2 和 7.2 (偏中性)，分別降到檢測後的 4.4、4.1 和 4.2 (中度酸性)，但是所養植的「大聚藻」依然生長良好。「大聚藻」為何會使得偏中性的水體 pH 值下降如此之多，原因並不清楚？

實驗(六)挺水型水生植物—「紫蘇草」對於不同水體的生長適應比較

【實驗過程】 如本研究第五項的實驗採樣說明，用 10 個燒杯 (1L) 各注入 10 種不同的水體各 1000ml，分別養植 1 株莖長約 21-25cm，且每一植株約有 14-22 個葉片的紫蘇草。將觀察杯放置在空氣流通，陽光照射充足的窗台，在檢測期間並不施於任何肥料，進行為期六週的觀察，並紀錄紫蘇草在不同水體中生長適應的情形。

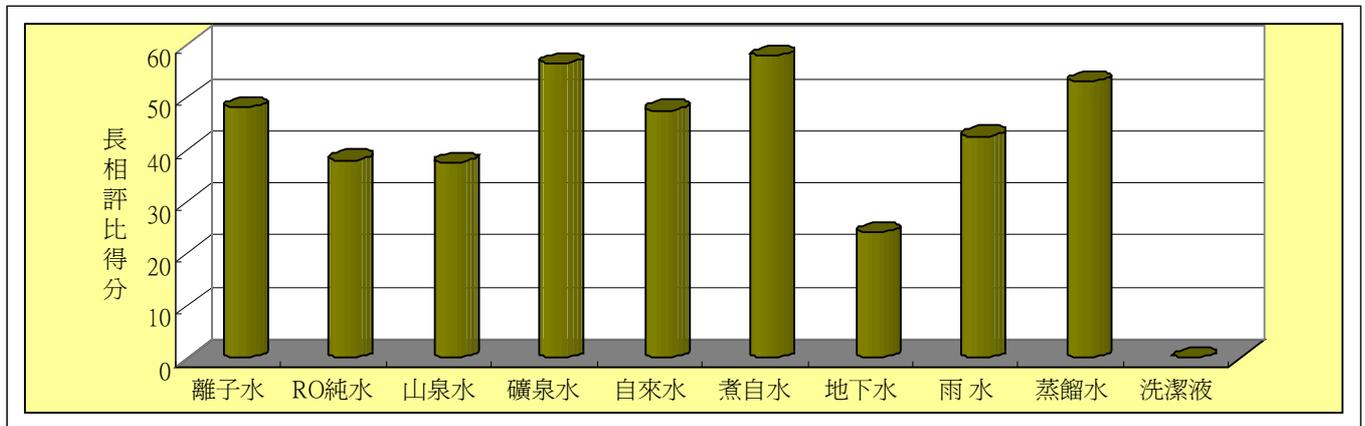
表六、實驗(六)「紫蘇草」在 10 種不同水體中的生長適應紀錄表

(檢測日期：94 年 1 月 17 日 - 94 年 2 月 28 日)

水體名稱	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
鹼性離子水	RO 純水	大南山泉水	池上礦泉水	台東市自來水	煮沸的自來水	台東市地下水	台東市雨水	市售蒸餾水	洗潔劑稀釋液	
檢測前/後葉數	22/26	22/26	18/22	20/28	22/28	22/31	19/22	18/24	20/24	14/0
檢測前/後的葉數差	+4	+4	+4	+8	+6	+9	+3	+6	+4	枯死
新生葉數	4	4	4	8	6	9	3	6	4	0
得分×1										
檢測前/後莖長(cm)	25/30	24.5/27.5	23/26.5	23/27.5	24.5/29	24.5/29.5	22/24	22.5/26	23/27	21.5/0
檢測前/後莖長度差	+5	+3	+3.5	+4.5	+4.5	+5	+2	+3.5	+4	枯死
新生莖長	5	3	3.5	4.5	4.5	5	2	3.5	4	0
得分×1										
檢測前/後側芽數	8/14	9/14	6/15	9/16	9/19	12/20	6/8	7/13	6/15	4/0

檢測前/後側芽數差	+6	+5	+9	+7	+10	+8	+2	+6	+9	枯死
新生側芽數得分×1	6	5	9	7	10	8	2	6	9	0
檢測前/後根數目	0/33	0/26	0/21	0/37	0/27	0/36	0/17	0/27	0/36	0/0
新生根數得分×1	33	26	21	37	27	36	17	27	36	0
得分累計	48	38	37.5	56.5	47.5	58	24	42.5	53	0
長相排名	4	7	8	2	5	1	9	6	3	10
檢測前/後PH值	8.1/8.4	7.7/8.4	8.3/8.3	7.6/8.5	8.1/8.3	8.0/8.2	7.8/8.2	6.2/7.6	7.2/7.6	7.2/8.6
實驗說明	檢測期間的水溫：夜晚的最低溫度大約在19°C，白天的最高溫度大約在24°C。									

圖六、實驗(六)「紫蘇草」在10種不同水體中的生長適應比較圖



照片六、實驗(六)「紫蘇草」在10種不同水體中生長適應的檢測結果



檢測的第7天，洗潔液中的紫蘇草已腐敗死去，再養植第2株繼續觀察「洗潔液的毒性反應」。





【結果與討論】

1. 由研究問題一的實驗(七)挺水型的「紫蘇草」對於不同水體的生長適應檢測結果顯示：「紫蘇草」在(6)煮沸的自來水、(4)礦泉水和(9)蒸餾水中的得分最高，分別是58分、56.5分和53分；其次是在(1)離子水和(5)自來水中的得分是48分和47.5分；表現最差的是(7)地下水得分只有24分。
2. 實驗結果顯示，浸泡在(10)洗潔液中紫蘇草的葉子在第2天就呈現黑色萎縮狀。第7天在洗潔液中補種另一株紫蘇草，相隔7天後新種的紫蘇草相繼的枯萎死去，可見到了檢測的第14天，洗潔液中的毒性物質仍然存在。

問題二、探討家庭用洗潔劑稀釋液，對於「水生植物」生長適應的影響？

實驗(一) 置放天數不等的「洗潔劑稀釋液」對大萍生長適應的比較

【實驗過程】

1. 從本研究問題一的實驗(一)至(七)結果顯示：濃度0.05%的泡舒洗潔劑稀釋液，非常不利於各類型水生植物的生長適應。針對此一問題，我們設計了下列三個實驗做進一步的探討。
2. 本實驗是在六個燒杯中，分別注入同一天取樣濃度0.05%的泡舒洗潔劑稀釋液1000ml，再將觀察杯放置在空氣流通，陽光照射充足的窗台。第1天在第一個觀察杯中養植1株有3-4個葉片的大萍；第8天在第二個觀察杯中養植1株有3-4個葉片的大萍；第15天在第三個觀察杯中養植1株有3-4個葉片的大萍，如下表所示依此類推。在檢測期間並不施於任何肥料，進行為期六週的觀察，並紀錄大萍在洗潔劑稀釋液中，生長適應的情形。

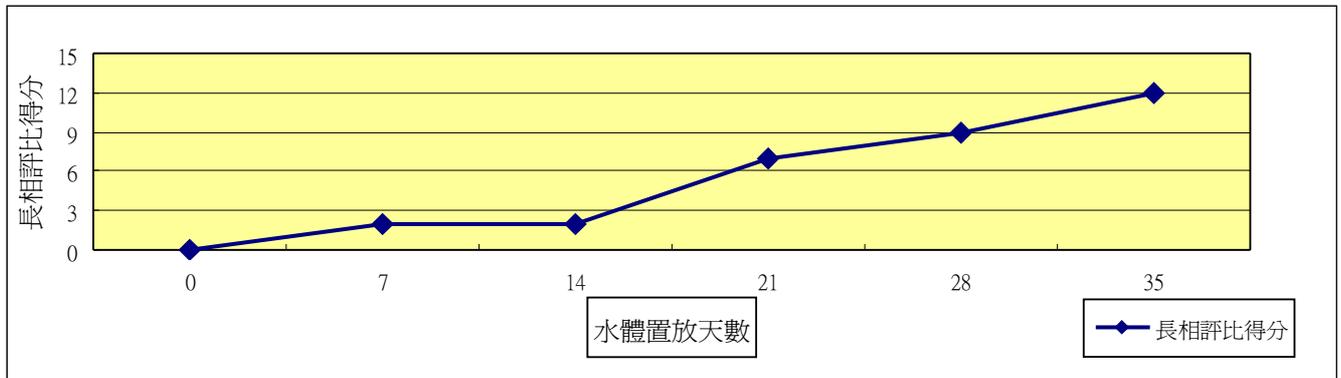
表七、實驗(一)置放天數不等的「洗潔劑稀釋液」對於大萍生長適應紀錄表

(檢測日期：93年12月23日- 94年2月14日)

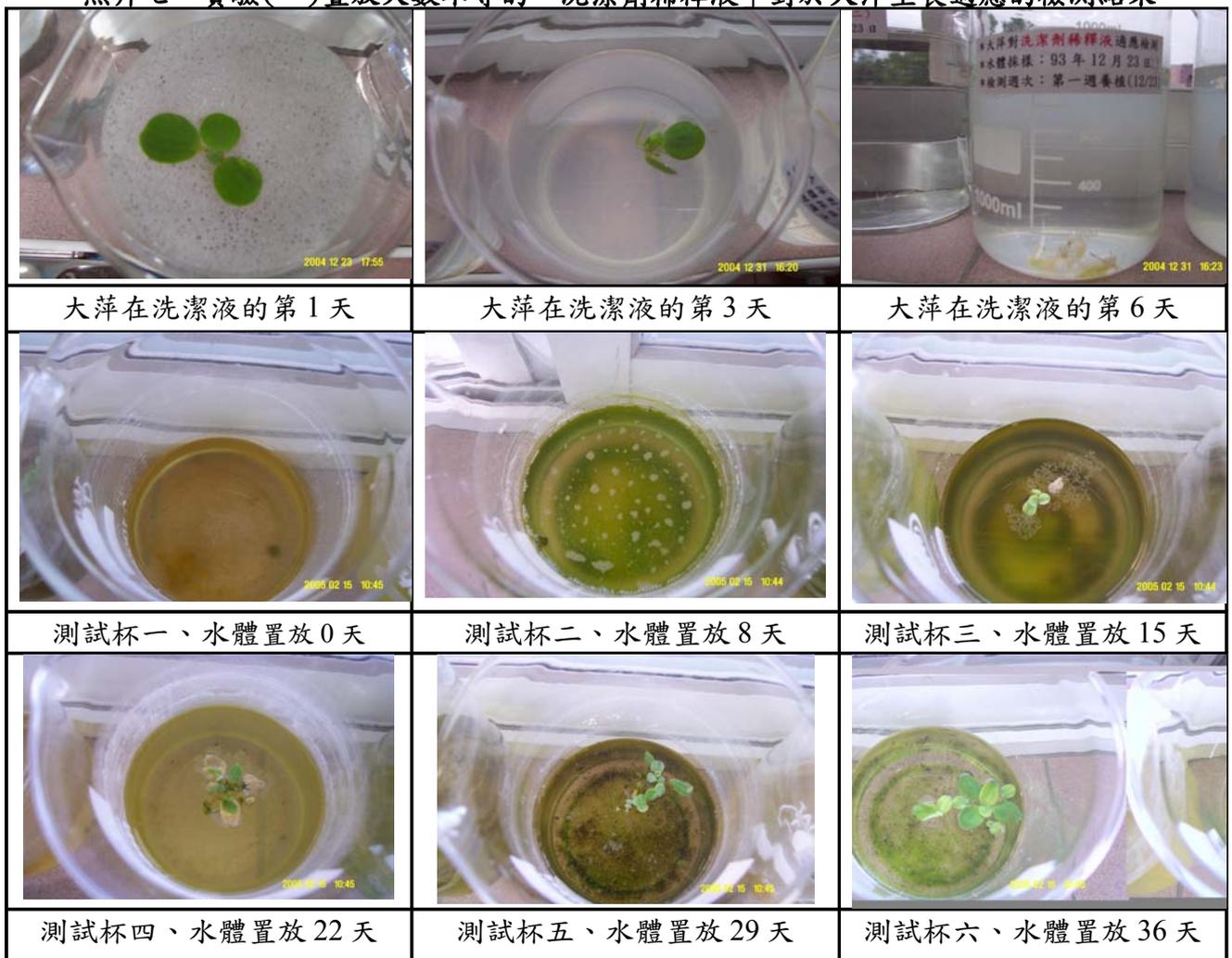
檢測日期	測試杯一	測試杯二	測試杯三	測試杯四	測試杯五	測試杯六
檢測項目	置放0天	置放7天	置放14天	置放21天	置放28天	置放35天
檢測前/後葉數	4/0	4/0	4/0	4/0	4/2	4/4
新葉數得分×1	0	0	0	0	2	4
新生分株數	0	1	1	5	5	4
新分株得分×1	0	1	1	5	5	4
檢測後 軸根數目	0	1	1	2	2	4
新軸根數 得分×1	0	1	1	2	2	4
原植株現況	已死去	已死去	已死去	已死去	仍存活	仍存活
得分累計	0	2	2	7	9	12

長相排名	5	4	4	3	2	1
檢測前/後	7.3/8.9	7.3/9.0	7.3/8.6	7.3/8.3	7.3/8.4	7.3/8.7
PH 值						
實驗說明	檢測期間水溫：夜晚的最低溫度大約在 19°C，白天的最高溫度大約在 24°C。					

圖七、實驗(一)置放天數不等的「洗潔劑稀釋液」對於大萍生長適應比較圖



照片七、實驗(一)置放天數不等的「洗潔劑稀釋液」對於大萍生長適應的檢測結果



【結果與討論】

1. 由實驗（一）的結果發現：「洗潔劑稀釋液」置放到第15天後（測試杯三），水體中的毒性已逐漸的在減退中；置放到第29天後（測試杯五），可以使得「大萍」安全的存活下來；到了第35天後（測試杯六），所養植的大萍長相更為良好。可見，洗潔劑稀釋液中的毒性，已明顯的降低或消失。
2. 檢測的第28天後，養植在「泡舒洗潔劑稀釋液」中的大萍已開始長出新的枝葉，也使得原先混濁的水質逐漸變為透明清澈。「洗潔液的毒性」在自然的環境下，可能被微生物所分解，或是被「大萍」給吸收、淨化了。
3. 我們發現在第五、六號觀察杯的底部生出許多的青苔，並從青苔中不斷冒出一顆顆的氣泡，可能是青苔行光合作用時所產生。可見到了第五週以後，「洗潔液」裡已經有了生命的存在，而不再只是一灘有毒的死水罷了！

實驗(二) 第一組：「洗潔劑稀釋液」對於各類型「水生植物」生長適應的影響

【實驗過程】

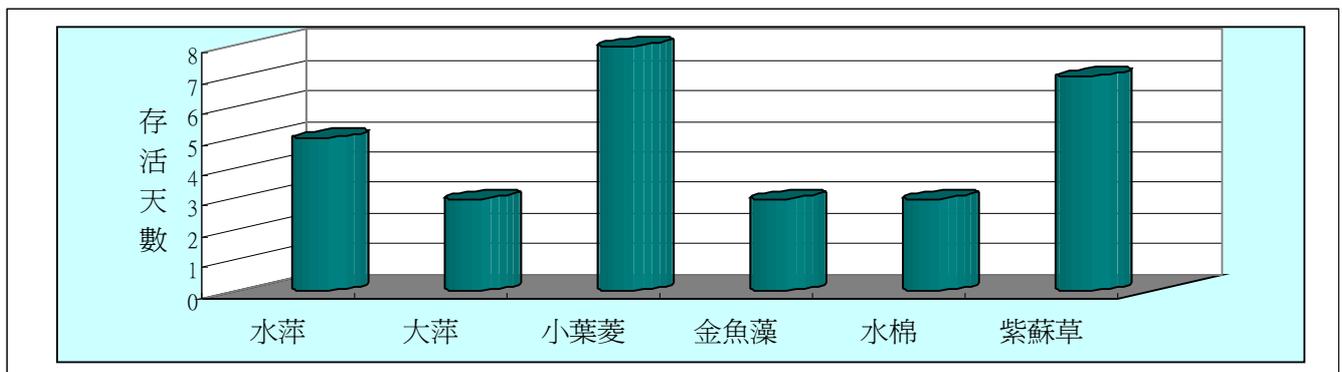
本實驗是在七個觀察杯中，分別注入同一天取樣濃度0.05%的泡舒洗潔劑稀釋液各1000ml，然後在第一個觀察杯中養植5株水萍；第二個觀察杯中養植1株有5個葉片的大萍；第三個觀察杯中養植1株莖長15cm的小葉菱，如下表所示依此類推。並將觀察杯放置在空氣流通，陽光照射充足的窗台。在檢測的期間，所有受測試的植物並不施於任何肥料，進行為期六週的觀察，並紀錄各類型水生植物在洗潔劑稀釋液中生長適應的情形。

表八、實驗(二)第一組：「洗潔劑稀釋液」對於「水生植物」的生長適應紀錄表

植物名稱	檢測日期	存活天數	實驗過程的觀察紀錄
漂浮型 -水萍	 (93) 9 .20	5	<ul style="list-style-type: none">• 所檢測的5株水萍第5天就呈現枯萎狀，除少數葉子還有點翠綠外，大部分的葉子都已變成乳白色。(93.09.24)• 因第一次所測試的5株水萍都已枯死，所以7天後，重新養植第2次的5株水萍，再做觀察。(93.09.27)• 第二次所養植的5株水萍經過5天之後，又呈現出枯萎狀，並沒有新的分株長出，可能是稀釋液中的毒性尚未被微生物分解的緣故。(93.10.02)• 雖然還有部分綠色的葉子存在，並沒完全枯萎，但也沒有再生的跡象，可見經過25天後稀釋液中的毒性依然存在。(93.10.17)
漂浮型 -大萍	 10.14	3	<ul style="list-style-type: none">• 大萍到了第2天就已呈現枯萎半沉狀態，第3天整株沉入杯底死去。15日再養植第2株大萍，第2天發現大萍又呈半枯萎狀。第3天發現大萍又半沉入水中，部分葉子已萎縮褪色成死白狀，不再有生命力。18日重新再養植第3株的大萍，繼續觀察大萍的反應。(93.10.18)• 第3株大萍並未腐爛而死，經過30天之後，從原植株上共長出8片的小葉子，6片呈翠綠色，1片枯黃，無分株生成。(93.11.12)

浮葉型 -小葉菱	 12.16	8	<ul style="list-style-type: none"> 小葉菱的葉子第2天就埋入稀釋液中，且浸泡在液中的植莖部分有枯萎，變成黑褐色的現象。(93.12.19) 小葉菱在第8天時，整株就變成黑褐色沉入水中，已無生命跡象。第9天重新再養植的另一株小葉菱，也是慢慢呈現枯萎狀，生命跡象並不顯著。(93.12.31)
沉水型 -金魚藻	 11.04	3	<ul style="list-style-type: none"> 植入稀釋液中的金魚藻，在第3天時枝葉就變成死白的顏色，所有的枝葉分散解體的沉入杯底，了無生機。(93.11.06) 並沒有再行補種第2株的金魚藻。
沉水型 -水棉	 11.18	3	<ul style="list-style-type: none"> 水棉在植入稀釋液中的第3天開始，水質從透明清澈，慢慢轉變成黃褐色，植株體則從翠綠色漸漸轉變為土褐色團狀沉到杯底，不見生機。 並沒有再行補種第2株的水棉。(93.12.3)
挺水型 -大聚藻	 12.06	第21天開始存活	<ul style="list-style-type: none"> 養植的第3天開始，我們發現浸入水中的大聚藻葉子開始變黑，而伸出水面的葉子，雖然還是綠色，但已呈現出萎縮下垂狀。(93.12.8) 到了第21天，伸出水面的枝葉，並未再繼續的萎縮，而是慢慢的恢復綠色狀，似乎開始有了一點生命的跡象。(93.12.27) 到第40天，大聚藻已長出1株3cm長的分枝，展現出新的生命力。
挺水型 -紫蘇草	 (94) 1.17	7	<ul style="list-style-type: none"> 浸泡在洗潔劑稀釋液中的紫蘇草莖，第3天呈現出腐爛的半透明狀，葉子則漸漸變成黑色萎縮狀，到了第7天就萎縮(曬乾狀)死去。 第二週在稀釋液中補種另一株紫蘇草，到7天之後，整個植株也呈現凋萎、枯乾相繼的死去，可見到了第三週，洗潔液中的毒性仍然存在著。
平均存活天數		4.8	
檢測說明	<p>檢測期間水溫：最低溫度大約在19°C，最高溫度大約在24°C左右。</p> <p>「大聚藻」由於在實驗檢測過程中並未死亡，而是在第21天後開始存活，所以沒有列入長條圖的比較對象中。</p>		

圖八、實驗(二)第一組：「洗潔劑稀釋液」對於「水生植物」的生長適應比較圖



照片八、實驗(二) 第一組：「洗潔劑稀釋液」對於「水生植物」生長適應的檢測結果

		
漂浮型—水萍 (存活5天)	漂浮型—大萍 (存活3天)	浮葉型—小葉菱 (存活8天)
		
沉水型—金魚藻 (存活3天)	沉水型—水棉 (存活3天)	挺水型—大聚藻 (第21天狀)
		
挺水型—紫蘇草 (存活7天)	大萍的水體適應觀察	大聚藻的水體適應觀察

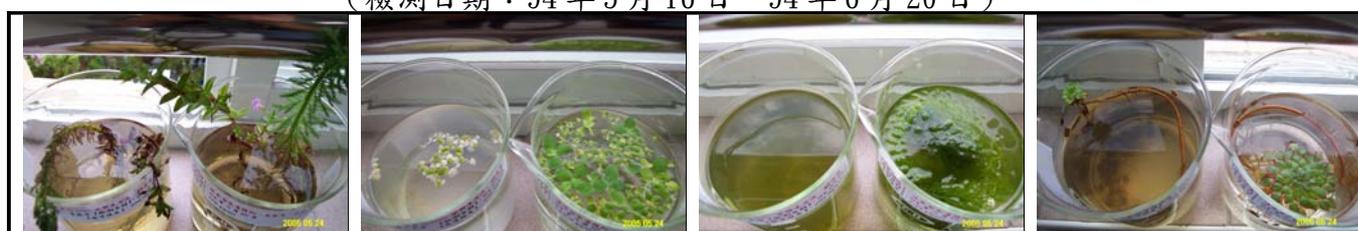
實驗(二) 第二組：「洗潔劑稀釋液」對於各類型「水生植物」生長適應的影響

【實驗過程】

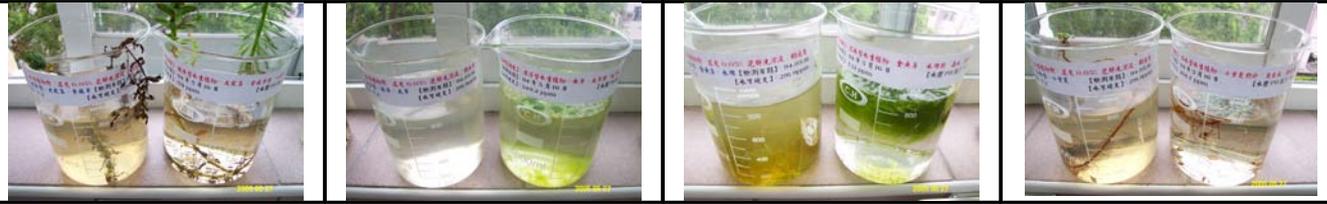
本實驗一共有八個觀察杯，每兩個為一組，每組的左邊為「實驗組」，右邊為「對照組」。各個實驗組分別注入1000ml，濃度為0.05%的泡舒洗潔劑稀釋液（用地下水稀釋）。各個對照組則注入1000ml的地下水。各組所檢測的植物，第一組是「挺水型的大聚藻和紫蘇草」；第二組是「漂浮型的水萍和大萍」；第三組是「沉水型的金魚藻和水棉」；第四組是「浮葉型的小葉菱」。將四個組的觀察杯放置在空氣流通，陽光照射充足的窗台。檢測期間所有受測試的植物均不施於任何肥料，進行為期五週的觀察，並紀錄各類型水生植物在洗潔劑稀釋液中生長適應的情形。

照片九、實驗(二) 第二組：「洗潔劑稀釋液」對於「水生植物」生長適應的檢測結果

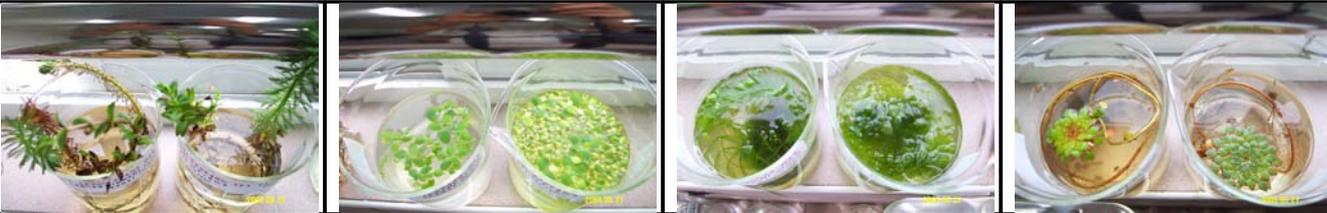
(檢測日期：94年5月16日- 94年6月20日)



↑一、5月24日：第8天，每個實驗組（左邊）所檢測的植物，都呈現枯萎、腐爛、或沉入水中枝葉解體狀；而對照組（右邊）已開始適應各種的水體，逐漸展現出生機。



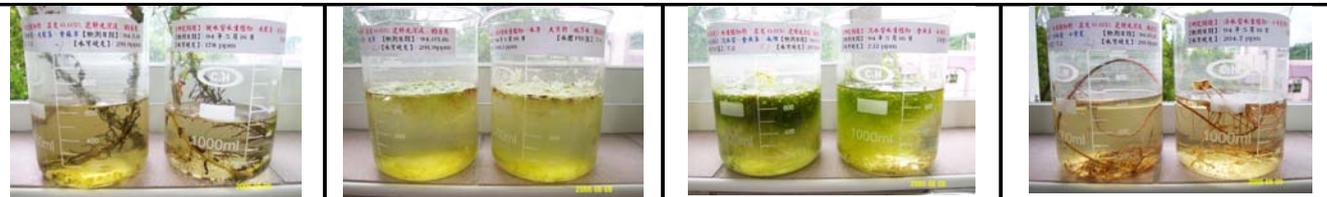
↑二、5月27日：第11天，從照片中可以清楚的發現，實驗組（左邊）的水體顏色是混濁不清，植株已呈現死亡狀態；而對照組（右邊）的水質是清澈透明的，各植株生命力旺盛。



↑三、5月27日：第11天，各實驗組（左邊）所測試的植物都枯死了。所以，5月27日各實驗組重新再養植另一株同種的植物，繼續觀察洗潔液的毒性反應。



↑四、6月3日：第17天，從照片中可以清楚的發現，各實驗組（左邊）在5月27日第二次檢測的植物（再次補種的植株）都已可以安全存活下來，特別是第2、3組（大萍和水棉）生長的狀況最為良好，洗潔液的毒性可能在逐漸消失中。



↑五、6月9日：第23天，各實驗組（左邊）的水體顏色從原先的混濁逐漸轉成清澈；同時，各實驗組的杯底有不少的青苔生成，可能是泡舒洗潔液所提供的養分所致。



↑六、6月16日：第30天，我們觀察發現實驗組（左邊）的第2、3組，其植物的生長狀況比對照組（右邊）還要好，可能是泡舒洗潔液提供了一些養分。而實驗組的第1、4組中植物的生長狀況較差，也許是原先檢測時植物體枯萎折損的太嚴重，短時間內無法做正常的修復。



↑七 6月16日：第30天，各實驗組（左邊）的杯底已經有明顯的「青苔」生成，水體的顏色也逐漸由混濁變為清澈透明，可以驗證洗潔液中的毒性已不復存在。

【結果與討論】

1. 可能是洗潔劑稀釋液中的「介面活性劑」破壞了漂浮型水生植物葉面的角質層或茸毛組織，使得水萍和大萍到了第2天就開始呈現半沉狀態，逐漸褪色成灰白色腐敗而死。
2. 由實驗（一）的結果顯示，各類型水生植物在第一次檢測時，都很難在濃度0.05%的洗潔劑稀釋液中存活下來。除了挺水型的大聚藻在枯萎了21天之後存活下來之外，其它類型的水生植物，平均存活天數為4.8天。但是，如果進行「再次測試養植」的話，存活的天數就會一次比一次長，證明洗潔液中的毒性物質會隨著時間慢慢的淡化或消失。
3. 由實驗（二）的結果顯示，「漂浮型的大萍」和「沉水型的水棉」對於洗潔劑稀釋液的適應能力，在做第二次養植時，會顯著的優於「挺水型的大聚藻、紫蘇草」和「浮葉型的小葉菱」。
4. 約在第三週開始，洗潔劑中的毒性就會逐漸的消失，沒有毒性的泡舒洗潔液會提供水體一些養料，使得水生植物（含綠藻和青苔）長得更好，這可能是造成一般受污染水源「優養化」的重要因素。

問題三、比較各種不同來源的水體，對於「綠藻植物」生長適應的影響？

實驗(一) 比較各種水體對於「綠藻植物」生長適應的影響

【實驗過程】

如本研究第伍項的實驗採樣說明，用10種不同來源的水體各500ml，分別注入10個觀察杯中，在杯裡並不養植任何動植物，且不施加任何肥料。將觀察杯放置在空氣流通，陽光照射充足的窗台，觀察並比較「綠藻植物」在各種水體中生長繁殖的情形，以探討各種不同來源的水體，對於綠藻植物生長適應的影響。

表九、實驗(一) 「綠藻植物」對於各種水體的生長適應紀錄表

(檢測日期：93年12月13日-94年4月22日)

水體名稱	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
檢測週別	鹼性 離子水	RO 純水	卑南鄉 山泉水	池上鄉 礦泉水	台東市 自來水	煮沸的 自來水	台東市 地下水	台東市 雨水	市售 蒸餾水	洗潔劑 稀釋液
水體原色	透明 無色	透明 無色	透明 無色	透明 無色	透明 無色	透明 無色	透明 無色	透明 無色	透明 無色	透明 無色
第18週 水體顏色	透明 微黃	透明 微黃	透明 微黃	透明 微黃	透明 微黃	透明 微黃	透明 微黃	透明 微黃	透明 微黃	透明 微黃
檢測前/後 PH值	8.1/8.4	7.7/8.3	8.3/8.3	7.6/8.5	8.1/8.3	8.0/8.4	7.8/8.4	6.2/7.8	7.2/8.1	7.2/8.5

照片九、實驗(一) 「綠藻植物」對於各種水體生長適應的檢測結果



檢測前的 10 種水體透明無色

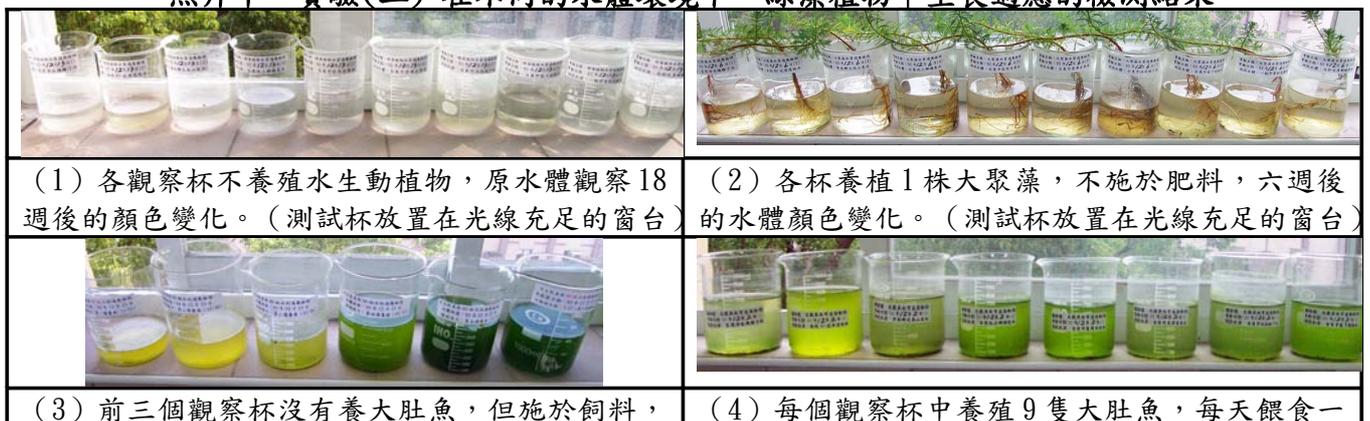
18 週之後水體的顏色並無明顯的變化

【結果與討論】本實驗採用 10 種不同來源的水體，一共進行了 18 週的觀察，到第 18 週時各種水體呈現微微的淡金黃色，但是，依然是透明清澈，也就是近乎原有水體的顏色，表示各水體中並無綠藻植物的生成。可見，雖然室內的空氣流通，陽光照射量充足，平均溫度約 24-28°C 之間，但是若無足夠的養分供給，依然是無助於「綠藻植物」在各種水體中的生長與繁衍。

表十、實驗(二) 在不同的水體環境下「綠藻植物」的生長適應紀錄表

檢測環境	水體	(1) 原有水體 PH 值 (不做處理， 光照充足。)	(2) 養植水草 (不施肥料， 光照充足。)	(3) 養殖與不 養殖大肚魚 (餵食，光照 充足。)	(4) 養殖大肚 魚 (餵食飼料 光照充足。)	(5) 養殖大肚 魚 (餵食飼料， 光照不足。)
水體名稱		12.13-4.22	01.17-4.11	9.20-10.10	11.15-12.5	11.15-12.5
(1)離子水	8.1	透明微黃色	清澈淡金黃		淺綠混濁	清澈淡黃色
(2)RO 純 水	7.7	透明微黃色	清澈淡金黃	黃綠混濁	淺綠混濁	清澈淡黃色
(3)山泉水	8.3	透明微黃色	清澈淡金黃	黃綠混濁	綠色混濁	清澈淡黃色
(4)礦泉水	7.6	透明微黃色	清澈淡金黃	黃綠混濁	綠色混濁	清澈淡黃色
(5)自來水	8.1	透明微黃色	清澈淡金黃	深綠混濁	綠色混濁	清澈淡黃色
(6)煮自水	8.0	透明微黃色	清澈淡金黃		綠色混濁	清澈淡黃色
(7)地下水	7.8	透明微黃色	清澈淡金黃	深綠混濁	綠色混濁	清澈淡黃色
(8)雨 水	6.2	透明微黃色	清澈淡金黃	深綠混濁	綠色混濁	清澈淡黃色
(9)蒸餾水	7.2	透明微黃色	清澈淡金黃		綠色混濁	清澈淡黃色
檢測觀察	*各種水體會依其水質中所含「綠藻植物」的數量多寡，而呈現出不同的顏色：深綠色、綠色、黃綠色、淡黃綠、淡黃色、透明無色等多種不同的顏色變化。					

照片十、實驗(二) 在不同的水體環境下「綠藻植物」生長適應的檢測結果



(1) 各觀察杯不養殖水生動植物，原水體觀察 18 週後的顏色變化。(測試杯放置在光線充足的窗台)

(2) 各杯養植 1 株大聚藻，不施於肥料，六週後的水體顏色變化。(測試杯放置在光線充足的窗台)

(3) 前三個觀察杯沒有養大肚魚，但施於飼料，

(4) 每個觀察杯中養殖 9 隻大肚魚，每天餵食一

六週後水體呈金黃色。後三杯各養9隻大肚魚，每天餵食一次，三週後各水體呈深綠色，綠藻繁殖量眾多，水質優養化。（測試杯放置光線充足的窗台）

次，三週後的水體變成黃綠或綠色，綠藻大量的生成，水質開始優養化。（測試杯放置光線充足的窗台）



(5) 各個觀察杯養殖9隻大肚魚，每天餵食一次。三週後的水體呈透明的淡金黃色，並無明顯的綠藻生成。（測試杯放置在光照量較少的洗手台下方）

(6) 甲、乙兩組各養9隻大肚魚，每天餵食一次。甲組放置光照較多的洗手台外側，乙組放置光照不足的洗手台內側。三週後，甲組呈深綠色，綠藻的生成量多；乙組呈清澈的淡金黃色，並無綠藻生成。

【結果與討論】

- 1.由實驗（一）的結果顯示：各種水體中如果沒有足夠的養料（有機物），縱然光照量充足，也無法使得各水體繁衍出大量的「綠藻植物」。
- 2.由實驗（二）的交互檢測結果：在「光照量」與「水體中的養料供給」兩者交互實驗比對的結果發現，想要在各水體中，繁衍出大量的「綠藻植物」必須是上述兩個條件的相互配合，始能促使各水體繁衍出大量的綠藻植物。而且養料的供應，尤其以魚的排泄物之類的有機物為佳。實驗顯示，綠藻的繁衍與水體的種類並無必然的關係。

問題四、探討各類型「水生植物」的養植，對於各種不同來源水體 pH 值的影響？

實驗（一）「水生植物」的養植，對於各種水體 pH 值影響的比較

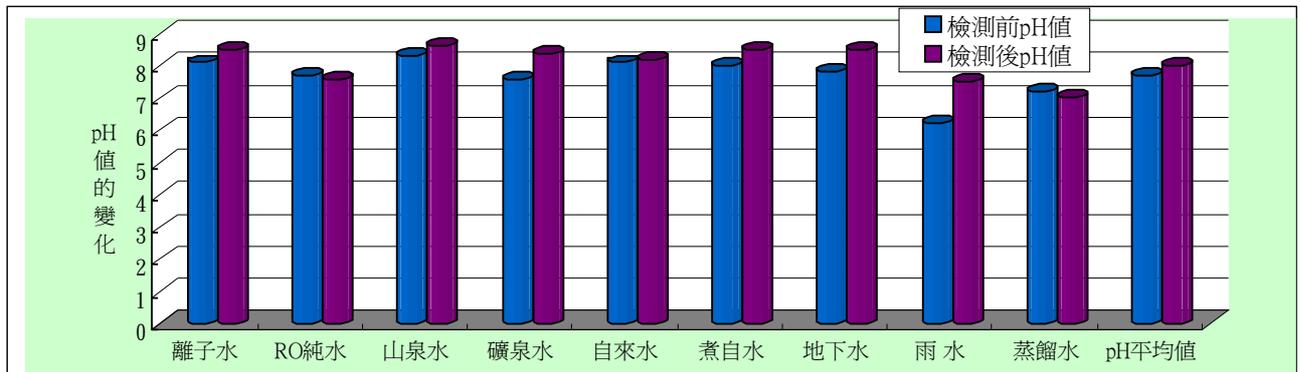
【實驗過程】如本研究第五項的實驗採樣說明，用九種不同來源的水體各 1000ml，分別注入九個觀察杯中，在每個杯中分別養植大萍、小葉菱、金魚藻、水棉、大聚藻和紫蘇草等六種不同的水生植物，如下表十一所示，一共進行了六組的實驗檢測。在每個實驗的觀察期間，並不施加任何肥料。將觀察杯放置在空氣流通，陽光照射充足的窗台，觀察並比較各水體 pH 值的變化情形，以探討水生植物的養植，是否對不同水體的 pH 值產生影響。

表十一、各類型「水生植物」的養植對於各種水體 pH 值影響比較表

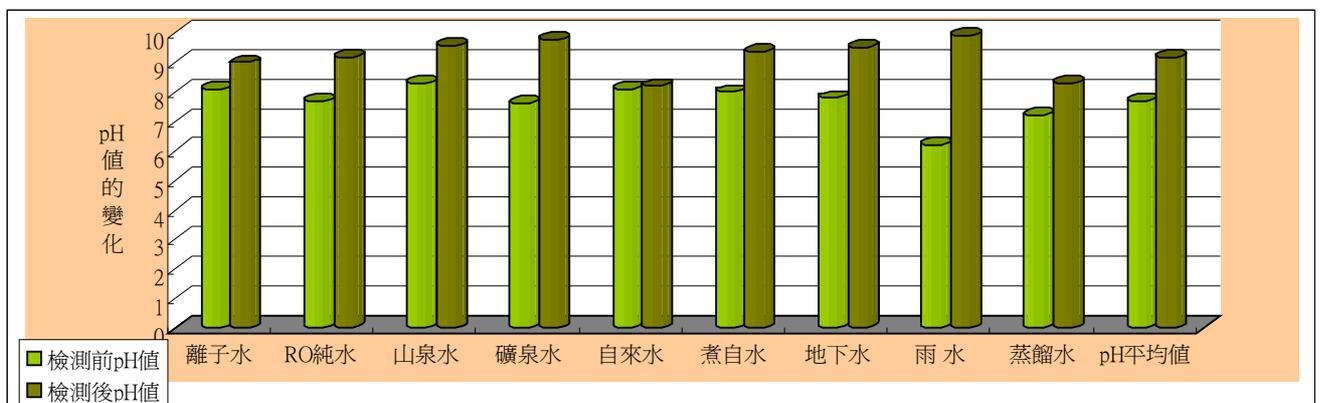
水體名稱	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	PH
鹼性離子水		RO 純水	大南山泉水	池上礦泉水	台東市自來水	煮沸的自來水	台東市地下水	台東市雨水	市售蒸餾水	平均
檢測前 pH 值	8.1	7.7	8.3	7.6	8.1	8.0	7.8	6.2	7.2	7.7
大萍	8.4	7.9	8.4	7.6	8.4	8.4	8.6	7.1	6.0	7.7
小葉菱	8.5	7.8	8.4	8.1	8.1	8.4	8.4	7.4	7.4	8.1
金魚藻	8.0	7.8	8.5	8.4	8.0	8.1	7.9	8.9	8.3	8.2
水棉	9.0	9.2	9.6	9.8	8.2	9.4	9.5	9.9	8.3	9.2
大聚藻	8.5	4.4	8.3	8.2	8.3	8.2	8.5	4.1	4.2	7.0

紫蘇草	8.4	8.4	8.3	8.5	8.3	8.2	8.2	7.6	7.6	7.9
檢測後 pH 平均值	8.5	7.6	8.6	8.4	8.2	8.5	8.5	7.5	7.0	8.0
檢測前/後 pH 值差	+0.4	-0.1	+0.3	+0.8	+0.1	+0.5	+0.7	+1.3	-0.2	+0.3

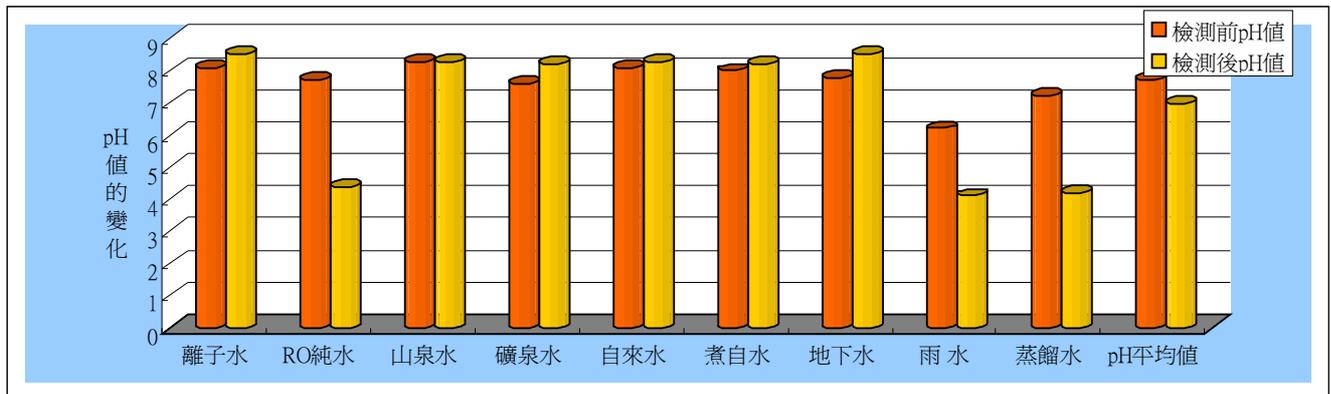
圖十一、「水生植物」的養植對於各種水體 pH 值影響比較圖



圖十二、「水棉」的養植對於各種水體 pH 值影響比較圖



圖十三、「大聚藻」的養植對於各種水體 pH 值影響比較圖



【結果與討論】

- 為了探究各類型水生植物對於不同水體 pH 值的影響，我們採用六種水生植物搭配九種不同水體，進行了六項實驗檢測，如上表十一所示。實驗結果發現：「水棉」的養植對於各水體 pH 值的影響最為顯著，檢測前各水體的 pH 平均值為 7.7，檢測後變為 9.2，增加 1.5 個 pH 值。其它類型的水生植物對各水體 pH 值的影響從 -0.2 至 +0.5 之間，增減的幅度並不大，並沒有顯著的影響。
- 各類型「水生植物」對於第 (8) 號雨水的 pH 值影響最大，檢測前是 pH 值 6.2，檢測後的 pH 平均值變為 7.5，增加 1.3 個 pH 值；第 (4) 號礦泉水和第 (7) 號地下水檢測後 pH 值分別增加 0.8 和 0.7，也有顯著的水準。可見，水生植物的養植對於「雨水」、「礦泉水」和「地下水」等水體會顯著的 pH 值提升作用，使得該些水體的水質趨於鹼性化。
- 「大聚藻」的養植會使得「RO 純水」、「雨水」和「蒸餾水」等三種水體的 pH 值從原先的 7.7、6.2 和 7.2 的弱酸或偏中性水質，在六週後的養植後逐步下降到 pH 值 4.4、4.1 和 4.2 的中度酸性水質。但我們並不清楚「大聚藻」是如何使這三種水體的 pH 值產生如此巨大的改變？

柒、研究結論

一、各類型的「水生植物」對於各種水體的適應檢測結果發現，並沒有任何一種水體是完全適合所有類型的水生植物，而是各自有其不同的適應對象。

*下表是各類型「水生植物」對於各種水體的適應檢測結果

水體名稱 植物名稱	鹼性 離子水	RO 純水	大南 山泉水	池上 礦泉水	台東市 自來水	煮沸的 自來水	台東市 地下水	台東市 雨水	市售 蒸餾水
大萍				◎	○		◎		○
小葉菱		◎	○					◎	◎
金魚藻				◎	○	○	○		◎
水棉			○	○		○	○		
大聚藻		○					◎		
紫蘇草	○			◎	○	◎		○	◎
說明	「◎」表示適應良好；「○」表示適應尚可；「 」表示適應不良。								

- 二、各項實驗結果顯示，各水體中水質硬度的高低，並不是影響「水生植物」對各種水體生長適應的主因。但是，各類型水生植物在不施於任何肥料的情況下，礦物質含量越少的水體，其植株的長相就如同縮水狀般的變小。如本研究中的「RO 純水」、「礦泉水」、「雨水」和「蒸餾水」等四種水體。
- 三、「漂浮型」和「浮葉型」水生植物，在實驗期間由於不施加任何肥料，且光照量也不如室外來得充足，以致於各植株為了因應不同的環境變化，會自行適度的調整其外表的長相，呈現出枝葉縮水或長出水面的狀態，以便適應新的環境需求，以求適應與生存。
- 四、本研究顯示，水生植物能夠適應較大幅度的酸鹼性水質變化，大致可以從 pH 值 4.1-9.9 的水質環境中安全的存活下來。例如，本研究中的「大聚藻」可以安全的生活在 pH 值 4.1-4.5 的酸性環境中；而「水棉」可以在 pH 值 9.0-9.9 的鹼性水質中生長與繁衍。
- 五、本研究所採樣的三種類型的水生植物，第一次檢測時都無法在濃度 0.05% 的洗潔劑稀釋液中安全的存活下來。「漂浮型的大萍」和「沉水型的水棉」對於洗潔劑稀釋液的適應能力，在做第二次養植時，會顯著的優於「挺水型的大聚藻、紫蘇草」和「浮葉型的小葉菱」。
- 六、本研究顯示，濃度 0.05% 泡舒洗潔劑稀釋液置放到第 29 天後，可以使得「大萍」等所有類型的水生植物能安全的存活下來，洗潔液中的毒性物質（含介面活性劑）可能已被水體中的微生物所分解，或被水生植物給吸收淨化了，使得水體逐漸進入使用的安全期。
- 七、本研究顯示，約在檢測第四週開始，洗潔劑中的毒性就會逐漸的消失，沒有毒性的泡舒洗潔液會提供水體一些養料，使得水生植物（含綠藻和青苔）長得更好，這可能是造成一般受污染水源「優養化」的重要因素。
- 八、養植在「洗潔劑稀釋液」中的各類型水生植物，約在第三週（21 天）後，開始有了生機，觀察杯的底部逐漸長出青苔，並從青苔上不斷的冒出氣泡，使得原先混濁的水質變為清澈透明。此一現象得以證明「水生植物」具有淨化污水的功能。
- 九、「綠藻植物」對於各種水體的生長適應並沒有太大的差異性。只要在「光照量」與「水體的養料供給」兩個條件的相互配合下，在任何一種水體中都能繁衍出大量的綠藻植物。實驗顯示，綠藻的繁殖與水體的種類並無必然的關係。
- 十、各類型「水生植物」的養植，對於各種水體 pH 值影響的檢測結果顯示：
- （一）「水棉」這種沉水型的水生植物，它會提升各種水體的 pH 值，使得原本是弱酸（pH=6.2）、或弱鹼（pH=7.2-8.3）的水體，逐漸轉化成中度鹼性（pH=9.0-9.9）的水質。
- （二）「大聚藻」的養植會使得「RO 純水」、「雨水」和「蒸餾水」等三種水體的 pH 值從原先的弱酸（pH=6.2），或偏中性（pH=7.2-7.7）的水質，在六週後會逐步下降到中度酸性（pH=4.1-4.4）的水質。但是，「水棉」和「大聚藻」等水生植物對於各種水體 pH 值影響的轉化機制原因並不清楚，有待進一步的釐清？

捌、心得與省思

- 一、「洗潔劑稀釋液」中「介面活性劑」的毒性是會隨著時間的延長，而逐漸的被淡化或消失。這種毒性淡化的機轉，是藉由水體中微生物的分解作用，還是另有其他的生化反應呢？是不是所有「洗潔劑的毒性物質」都可經由微生物的分解而排除呢？
- 二、本研究各項相關的實驗顯示，各類型「水生植物」的養植，對於洗潔劑稀釋液中毒性物質（介面活性劑）的吸收或分解，可能產生某種程度的淨化作用。但是，污水淨化的功能與植物的種類有關嗎？
- 三、「水棉」和「大聚藻」這兩種水生植物，對於有些水體 pH 值的變化會產生非常顯著的影響，但是，我們並不清楚其中轉化的機制是如何運作的？以上三個有趣的問題，提供給大家做進一步的思索與探究。

玖、參考資料

- 一、大衛伯尼著（民 85）新世紀生物學習百科 貓頭鷹出版社
- 二、李惠珠（民 82）自然生態實驗室—奇妙的水中生物 護幼社文化事業有限公司
- 三、黃穰（民 72）水生植物—自然圖書館 圖文出版社
- 四、牛頓出版股份有限公司編（民 84）小牛頓科學百科 1 牛頓出版股份有限公司
- 五、水裡的生物 http://www.nkps.tp.edu.tw/00032/biology/biology_water.htm
- 六、小蘋果（介面活性劑的作用原理） <http://spaces.msn.com/members/apple>
- 七、塔山自然實驗室（水生植物簡介） <http://tnl.org.tw/article/article.htm>
- 八、環境污染與生態 <http://www.bamboo.hc.edu.tw/~sts/course-2003/course/textbook/text06/index.html>

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 生活與應用科學科

080834

水生植物對水體適應之研究

國立臺東大學附屬實驗國民小學

評語：

本作品頗具鄉土特色，對於水生植物做了初步探討，將來或可深入研究水生植物之具體應用與前景。