

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

佳作、最佳(鄉土)教材獎

080821

魔法速速淨--探究水生植物淨化污水的能力

高雄縣鳥松鄉大華國民小學

作者姓名：

小五 簡易緯 小五 劉俊佑 小五 林子耕

小五 劉怡佳

指導老師：

梁淑芬 廖德文

魔法速速淨---探究水生植物淨化污水的能力

壹、 摘要

我們以常見的布袋蓮、水芙蓉、槐葉蘋、香蒲、莎草和空心菜來比較淨化鳳山溪污水的能力，發現其中漂浮型的布袋蓮效果突出，挺水型是以空心菜表現最佳；漂浮型則優於挺水型植物。如果以布袋蓮、水芙蓉、槐葉蘋、滿江紅對鳳山溪污水、拖地水和雨水等不同類型污水，觀察濁度和透視度的結果，發現鳳山溪污水以布袋蓮最好，其次是槐葉蘋；拖地水仍是布袋蓮最佳，其次是水芙蓉；雨水的淨化效果則以水芙蓉最好，槐葉蘋其次。考量自然沉澱的因素，我們以墨水來測試，發現根系短的槐葉蘋淨化效果比根部發達的布袋蓮好。如果以一定重量的布袋蓮和槐葉蘋操作實驗，發現槐葉蘋淨化效能優於布袋蓮。所以，根系短槐葉蘋的淨化能力應該受到重視。

貳、 研究動機

觀察學校增置的水生植物教學區，發現有的水池比較清澈，有的比較混濁。這些水生植物都是我們在四年級上學期課程中常見的種類，難道水生植物的種類和生長型態不同，會影響水清澈的程度嗎？我們開始查閱水生植物的相關資料，瞭解水生植物不只是吸收二氧化碳放出氧氣，它還可以淨化水質的功能呢！那麼常見的水生植物中，是不是每種水生植物都有淨化的能力？哪一種水生植物的淨化能力最好呢？還是水生植物對污水類別會有特別的淨化作用？那能不能用這些水生植物去淨化我們的溪流呢？於是我們商請老師來指導我們，進行一系列淨化污水的實驗觀察。

參、 研究問題

文獻中指出，測量水質的指標包括水溫、pH、懸浮固體物、生化需氧量、化學需氧量、重金屬、揮發性有機物含量等。考慮學校現有設備的不足與儀器操作的能力，我們向正修科技大學化工所黃教授請益並接受建議，決定以透視度和濁度做為我們這次淨化水質效果的指標。我們提出以下待答的問題：

- 一、 如果植物覆蓋水面的面積相同條件下，哪種水生植物淨化鳳山溪污水的能力好？
- 二、 如果植物覆蓋水面的面積相同條件下，對於不同污水的淨化效果是否具有的一致性？
- 三、 如果以水生植物相同重量的條件下，水生植物淨化污水的能力誰比較好？
- 四、 如果以水生植物相同重量的條件下，採取固定漂浮或任意漂浮的實驗，淨化水質的效能是否一樣？

肆、 研究設備及器材

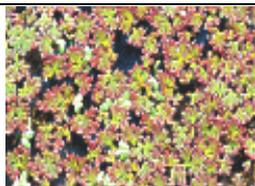
一、 器材設備

名稱	數量	名稱	數量
實驗盆（52*42*12cm）	24	觀察箱（30*20*25 cm）	15
鏟子	5	小花盆	30
透視度計	1	濁度計	1
採水器（注射筒）	6	集水瓶	20
磅秤	2	滴管	2

水桶	2	pH 偵測筆	1
濾紙	1 盒	鑷子	2
乾燥烘箱	1	分析天平	1

二、 研究對象

表一：本實驗研究對象說明

漂浮性水生植物		挺水性水生植物	
 布袋蓮	雨久花科 高可達 80 幾公分，小則近 10 公分，葉片成倒卵圓形，葉柄中有氣室，穗狀花序，花色淡紫色。	 空心菜	旋花科 匍匐性多年生草本，花冠呈漏斗狀，白色到淡紫色，莖中空，故名「空心菜」。
 水芙蓉	天南星科 多年生浮水性草本，走莖性強，全株密佈細白毛。葉叢生，倒卵形狀橢圓形。	 日本紙莎草	莎草科 在台灣全年都可生長，但要種植或是繁殖最好在春末到夏季進行，是非常好種的植物。
 槐葉蘋	槐葉蘋科 多年生漂浮草本，無根（葉子變態）。浮水葉卵狀長橢圓形，排成兩列，葉子表面有無數小突起。	 香蒲	香蒲科 俗稱「水蠟燭」，多年生的走莖性草本。高達 130 公分，葉子線形。穗狀花序。
 滿江紅	浮萍科 在春天為綠色，夏天開始轉紅，到了秋天則變得最紅、最茂盛；其繁衍能力很強。		鳳山市光遠橋下的鳳山溪

伍、 研究過程與方法

本實驗主要目的在找淨化環境污水的真正高手，閱讀文獻時，瞭解漂浮型與挺水型水生植物常被使用在淨化污水的用途上，於是我們設計三個主要實驗，從普遍地調查水生植物淨化鳳山溪污水做起，再嚴謹地進行不同污水的淨化比較，最後找尋出淨化污水的真正高手。

一、 水生植物淨化污水能力的普查實驗

實驗一：常見水生植物對鳳山溪污水淨化能力的比較實驗

- (一) 「污水淨化」的定義：在一定量的污水中放入水生植物，連續以透視度計、濁度計測量，發現濁度逐次降低或透視度逐次升高，這個過程稱之為「污水淨化」。
- (二) 實驗對象蒐集
 1. 污水採集：以鳳山溪污水(地點：鳳山市光遠橋下方約 100 公尺)為對象。
 2. 水生植物採集：在徵求同意後分別向學校、烏松濕地與洲仔濕地蒐集，選擇挺水型和漂浮型做為實驗的對象，包括布袋蓮、水芙蓉、槐葉蘋、香蒲、莎草、空心菜等等。
- (三) 佈置水生植物淨化水質觀察區
 1. 我們利用早上升旗時間和假日，到校園菜圃挖起土壤在陽光下曝曬兩天後澆濕，再將挺水性的水生植物分別植入相同大小的花盆中。
 2. 週三下午由老師們的陪同，到鳳山溪將採集到的污水，平均分配在實驗盆達 11 公分的高度，把漂浮型水生植物用吸管在實驗盆隔出同樣覆蓋表面積，挺水型水生植物放入同樣的盆數。
 3. 依照水生植物的類別，設置漂浮型的對照組(只有污水)和挺水型的對照組(在污水中置入只有土壤的花盆)。
 4. 我們用透明帆布搭起棚架，避免採集的污水受到雨水和露水的干擾。
 5. 每天早上八點、十點、十二點、下午二點採水觀察和做紀錄。
- (四) 採取樣本的方式：
 1. 濁度：在採水器標示三個刻度，依刻度分別採集污水各 20ml，共 60ml 放入集水瓶。
 2. 透視度：在採水器標示三個刻度，依刻度分別採集 60ml，直到透視度計倒滿水。
- (五) 測量水質數據

經過資料蒐集並且向正修科技大學黃教授請益，考量學校設備與操作儀器的能力，決定測量 pH 值、透視度、濁度、懸浮固體等數據作為初步判讀的依據，實際操作如下：

 1. pH 值：將 pH 偵測筆放入充分搖勻的集水瓶中，直到偵測筆上的數字完全停止，重覆三次。
 2. 透視度：將水樣倒滿透視度計中，一邊從上面觀察，一邊從底部放水，直至透視度計底部標誌板的十字能明顯地看出雙線時，讀出透視度計上之數字，重覆三次。(數字愈接近 30 公分愈清澈)
 3. 濁度：搖動水樣使固態顆粒均勻分散，待氣泡消失後，將水樣倒入樣品試管中，直接從濁度計讀取濁度值，重覆三次(數字愈小水愈清澈)
 4. 懸浮固體：將濾紙皺面朝上鋪於過濾裝置上，打開抽氣裝置，連續各以 20 ml 試劑水沖洗 3 次，繼續抽氣至除去所有之水分。將濾片取下置於圓盤上，移入乾燥烘箱中以 103~105 °C 烘乾 1 小時，再將之取出移入乾燥器中冷卻，待其恆重後加以稱重。(數字愈小懸浮物愈少)
- (六) 實驗過程照片



①光遠橋下採集鳳山溪污水



②挺水性水生植物植入花盆中



③佈置水生植物觀察區



④觀察區一角挺水型植物



⑤採集水樣並紀錄



⑥測量水樣數據

二、水生植物淨化污水的進階研究

實驗二：水生植物對不同類污水淨化能力的比較實驗

(一) 實驗對象蒐集

1. 污水採集：以鳳山溪污水、拖地的污水和雨水為對象。

(1) 鳳山溪污水：鳳山市光遠橋下方約 100 公尺。

(2) 拖地的污水：蒐集教室打掃時拖地板的污水。

(3) 雨水：趁下雨時，分三處從排水管中收集。

2. 水生植物採集：選出實驗一淨化污水能力較好的水生植物。

(二) 布置水生植物淨化水質觀察區

1. 集水桶的污水先用棍子攪拌均勻，拿 1000ml 的容器，從水面每次舀 1000ml 的水，以 s 型順序倒入觀察箱，直到 6000ml。

2. 用吸管隔出 1/3 的面積，放進實驗一淨化較好的水生植物。

3. 觀察期間每天早上八點，採水樣紀錄透視度和濁度的數據。

(三) 採水方式：同實驗一

(四) 測量水質的數據

經過實驗一的修正，只測量水的透視度與濁度，操作方式與實驗一相同。

(五) 實驗過程照片



①蒐集雨水



②將污水倒入集水區



③布置水質淨化觀察區



④觀察區一角布袋蓮



⑤觀察區一角



⑥採水樣



⑦墨汁取代污水實驗



⑧採墨水水樣



⑨水樣分析

實驗三：水生植物在相同重量條件下，淨化污水效能的實驗

(一) 植物稱重

1. 將取得淨化污水能力較好的水生植物用衛生紙把水分吸乾。
2. 並且平鋪於吸水面紙上 2 分鐘後，分別秤 70 克的植物體進行實驗。

(二) 製造污水

1. 取一大型塑膠桶注入清水後倒入墨水，攪拌。
2. 取觀察箱 13 個，分別注入污水 6000ml。
3. 測量濁度與透視度。

(三) 布置水生植物固定區域或任意漂浮

1. 將觀察箱分類，其中一種隔出三分之二的面積，另一個不區隔。
2. 把水生植物分別放入上述的觀察箱中，並且標示固定漂浮與任意漂浮字樣
3. 採水樣測量水的透視度與濁度。

(四) 實驗過程照片



①將布袋蓮和槐葉蘋用衛生紙吸拭



②平鋪在櫃子上



③用教學用磅秤秤重



④布袋蓮和槐葉蘋同質量的比較
(覆蓋相同)



⑤布袋蓮和槐葉蘋同質量的比較
(任意漂浮)



⑥水樣分析

陸、 研究結果

一、 水生植物淨化污水能力的普查實驗

以常見的挺水型和漂浮型水生植物分別對鳳山溪污水進行淨化能力的觀察，如果以「一天」為觀察頻率，雖然能比較其中淨化能力的差異，但也發現觀察數據有劇烈的變化，於是我們增加觀察頻率次數來記錄淨化污水的變化，下列以觀察頻率不同分成二個部分，將數據整理如下：(詳細數據請參考附錄一、二)

(一) 一天記錄一次

表二：水生植物淨化鳳山溪污水的透視度逐日記錄表(公分)

觀察日期	漂浮型水生植物				挺水型水生植物			
	布袋蓮	水芙蓉	槐葉蘋	對照組(空)	香蒲	莎草	空心菜	對照組(泥土)
11月6日	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
11月7日	21.5	20.7	21.7	17.8	14.3	16.8	14.4	13.7
11月8日	30	30	30	30	30	30	30	30
11月9日	30	30	30	30	30	30	30	30
11月10日	30	30	30	30	30	30	30	30

表三：水生植物淨化鳳山溪污水的濁度逐日記錄表(NTU)

觀察日期	漂浮型水生植物				挺水型水生植物			
	布袋蓮	水芙蓉	槐葉蘋	對照組(空)	香蒲	莎草	空心菜	對照組(泥土)
11月6日	65	65	65	65	65	65	65	65
11月7日	5.1	8.9	6.5	8.5	7.3	7.2	11.7	9.4
11月8日	2.0	1.8	1.8	3.2	2.5	2.6	2.8	3.1
11月9日	0.7	0.8	1.0	1.3	1.6	2.4	2.3	1.4
11月10日	0.4	0.7	0.9	1.4	1.6	1.2	1.2	1.4

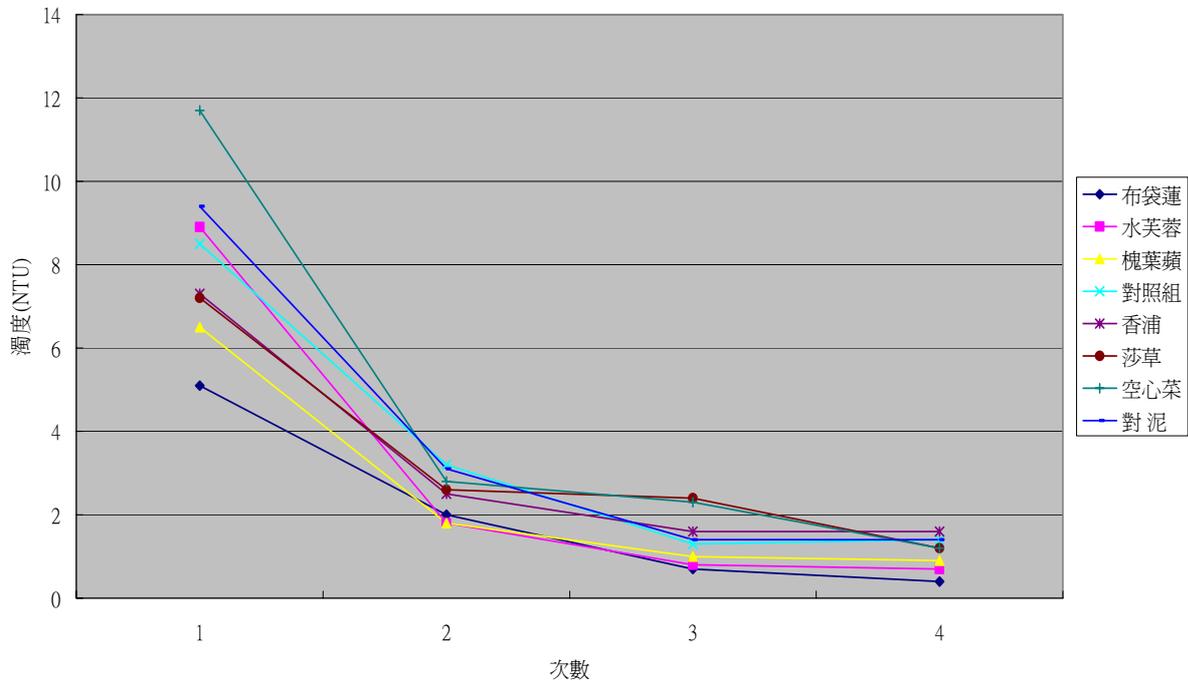
(■ 表示淨化效果最佳的植物)

表四：水生植物淨化鳳山溪污水懸浮固體測量逐日記錄表（克）

觀察日期	漂浮型水生植物				挺水型水生植物			
	布袋蓮	水芙蓉	槐葉蘋	對照值	香蒲	沙草	空心菜	泥土值
11月6日	0.0121（原水）							
11月7日	0.0006	0.0016	0.0014	0.0018	0.0015	0.0015	0.0017	0.0024
11月8日	0.0003	0.0004	0.0006	0.0009	0.0009	0.0007	0.0008	0.0009
11月9日	0.0006	0.001	0.0009	0.0008	0.0007	0.0008	0.0013	0.0005
11月10日	0.0003	0.0007	0.0009	0.0005	0.0007	0.0009	0.0012	0.0007

圖一：水生植物淨化鳳山溪污水的濁度逐日變化折線圖

每日濁度變化折線圖



說明：

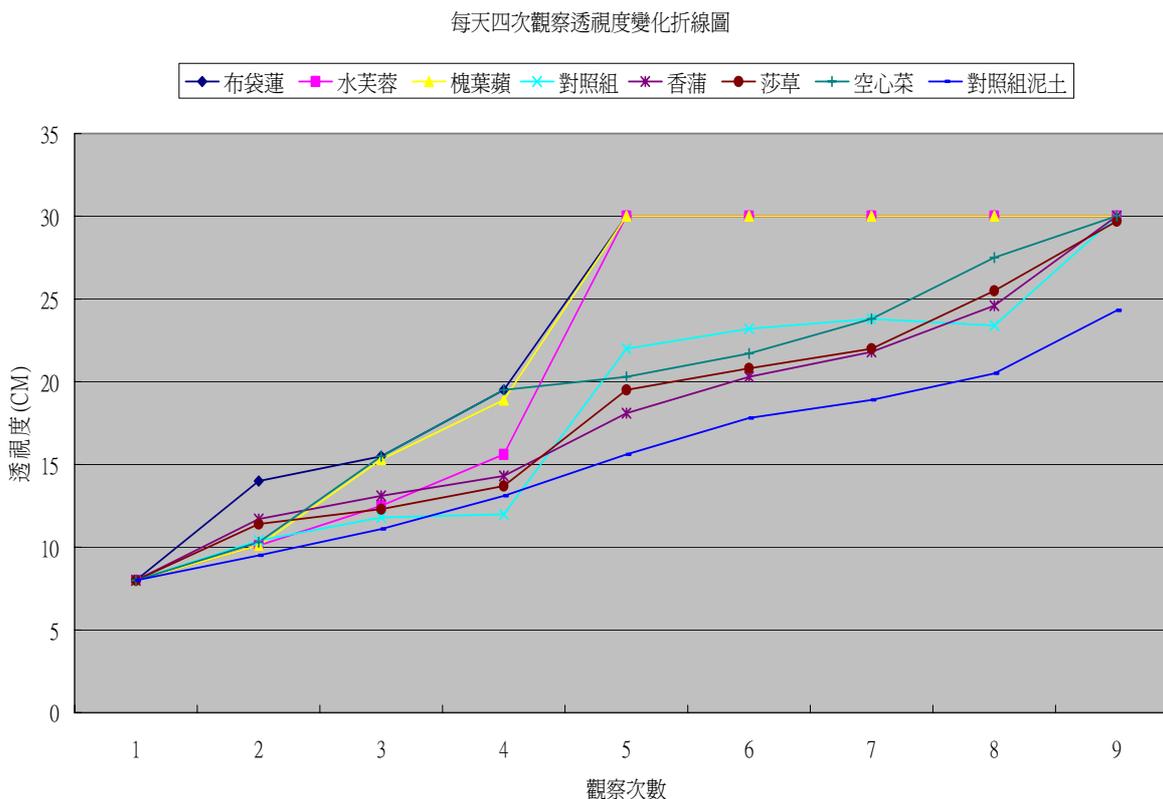
1. 分析表二、三、四的觀察記錄，認為污水中雜質沈澱的因素造成污水澄清的效果應該被重視。
2. 觀察的次數太少，認為有增加觀察頻率的必要。
3. 測量污水中懸覆固體含量的數值不甚穩定，推測是取水量不足所造成，受限於設備（必須到正修科技大作實驗），並分析表三、四認為濁度比較容易測量而且有穩定性，決定放棄懸浮固體的測量。

(二) 一天記錄四次

表五：每天四次觀察水生植物淨化鳳山溪的透視度(公分)紀錄

觀察次數	漂浮型				挺水型			
	布袋蓮	水芙蓉	槐葉蘋	對照組	香蒲	莎草	空心菜	對照組泥土
1	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
2	14.0	10.1	10.1	10.4	11.7	11.4	10.3	9.5
3	15.5	12.5	15.3	11.8	13.1	12.3	15.5	11.1
4	19.5	15.6	18.9	12.0	14.3	13.7	19.5	13.1
5	30.0	30.0	30.0	22.0	18.1	19.5	20.3	15.6
6	30.0	30.0	30.0	23.2	20.3	20.8	21.7	17.8
7	30.0	30.0	30.0	23.8	21.8	22.0	23.8	18.9
8	30.0	30.0	30.0	23.4	24.6	25.5	27.5	20.5
9	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.7	30.0	24.3

圖二：每天四次觀察水生植物淨化鳳山溪的透視度(公分)變化折線圖

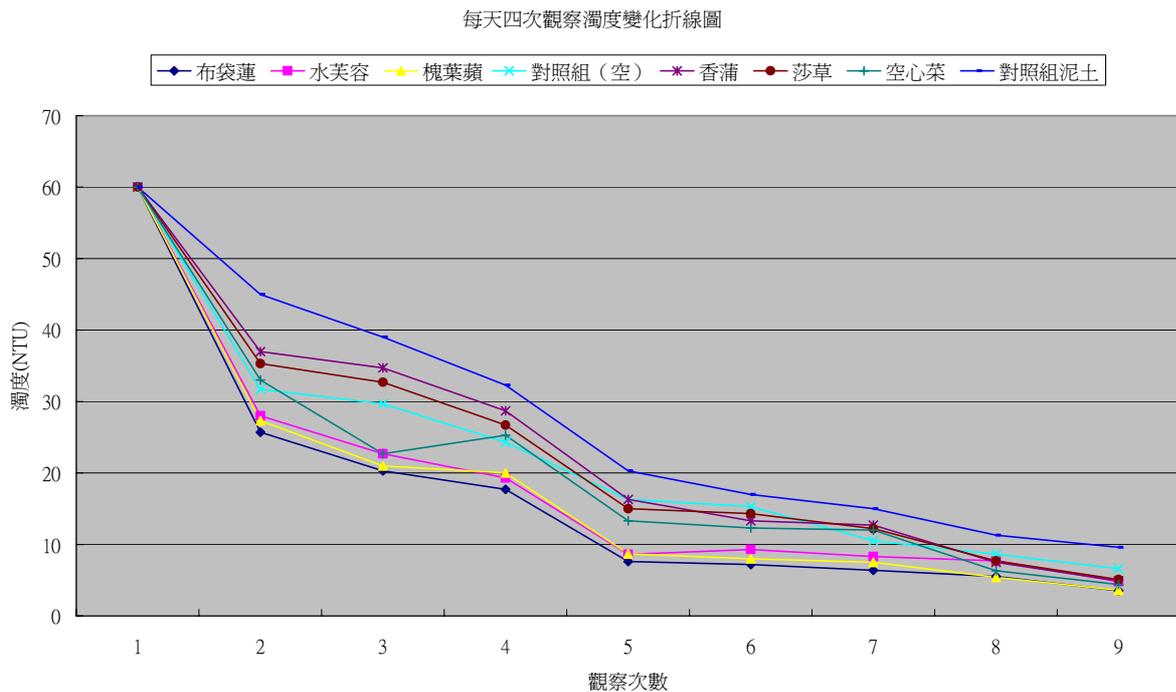


表六：每天四次觀察水生植物淨化鳳山溪的濁度(NTU)紀錄

觀察次數	漂浮型				挺水型			
	布袋蓮	水芙蓉	槐葉蘋	對照組 (空)	香蒲	莎草	空心菜	對照組 泥土
1	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
2	25.7	28.0	27.3	31.7	37.0	35.3	33.0	45.0
3	20.3	22.7	21.0	29.7	34.7	32.7	22.7	39.0
4	17.7	19.3	20.0	24.3	28.7	26.7	25.3	32.3
5	7.6	8.6	8.7	16.3	16.3	15.0	13.3	20.3
6	7.2	9.3	8.0	15.3	13.3	14.3	12.3	17.0
7	6.4	8.3	7.5	10.5	12.7	12.2	12.0	15.0
8	5.5	7.7	5.4	8.6	7.5	7.7	6.3	11.3
9	3.5	4.8	3.6	6.6	4.9	5.1	4.4	9.6

(■ 表示淨化效果最佳的植物)

圖三：每天四次觀察水生植物淨化鳳山溪的濁度變化折線圖



說明：

1. 從觀察紀錄中發現，對鳳山溪水質淨化的速度，無論在透視度或濁度的指標都趨於一致性，顯示水生植物具有淨化污水的能力；並且漂浮型水生植物整體上比挺水型好，而漂浮型水生植物以布袋蓮最優、挺水性水生植物則以空心菜的效果最棒。
2. 分析圖二和三發現第四和第五次的觀察記錄明顯差異，推測是觀察的間隔時間不同所致，因此認為「時間」也是淨化的重要因素。

二、 漂浮性水生植物進階實驗研究

在實驗一我們發現，漂浮型水生植物淨化情形較挺水型好，因此我們在實驗二中將常見的漂浮性水生植物，找出根系較長、葉片較大的布袋蓮、水芙蓉和根系較短、葉片較小的滿江紅、槐葉蘋，對鳳山溪污水、拖地水和雨水做水質淨化的比較，並拉長觀察的週期，看看布袋蓮是否能蟬聯寶座呢？

(一) 漂浮型水生植物對不同污水的淨化能力實驗

我們將四種漂浮性水生植物分別對溪水、拖地水和雨水進行水質透視度和濁度的分析，表七、表八是我們的數據整理，如下：(詳細數據請參考附錄三)

表七：漂浮型水生植物對三種污水的透視度(公分)變化的觀察記錄

觀察天數	溪水					拖地水					雨水				
	對照組	滿江紅	槐葉蘋	水芙蓉	布袋蓮	對照組	滿江紅	槐葉蘋	水芙蓉	布袋蓮	對照組	滿江紅	槐葉蘋	水芙蓉	布袋蓮
1	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	30	30	30	30	30
2	10.3	11.1	13.5	12.8	13.9	14.4	16.1	17.3	20.7	22.5	30	30	30	30	30
3	12.1	13.1	14.3	14.4	14.6	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30
4	16.0	16.4	18.6	17.6	20.3	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
5	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
6	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
7	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
8	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
9	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
10	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

表八：漂浮型水生植物對三種污水濁度(NTU)變化的觀察紀錄

觀察天數	溪水					拖地水					雨水				
	對照組	滿江紅	槐葉蘋	水芙蓉	布袋蓮	對照組	滿江紅	槐葉蘋	水芙蓉	布袋蓮	對照組	滿江紅	槐葉蘋	水芙蓉	布袋蓮
1	100	100	100	100	100	190	190	190	190	190	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
2	34	35	29	26	27	31	26	25	21	19	6.1	6.4	6.1	6.7	6.3
3	24	24	17	23	19	13	11	10	7.8	7.4	5.0	4.9	4.0	4.4	4.3
4	12	16	9.1	16	9.7	8.2	5.6	5.4	3.1	3.1	4.6	4.5	3.1	3.8	3.8
5	4.6	8.3	3.0	8.5	3.3	5.9	3.6	3.2	1.5	1.5	4.8	4.2	3.0	3.6	3.4
6	5.2	6.3	2.6	3.3	2.7	5.9	3.6	2.6	1.4	1.3	4.0	4.0	2.7	3.1	3.7
7	3.1	3.8	3.9	2.7	2.7	4.0	1.6	1.5	0.6	0.3	3.0	4.2	2.9	3.1	3.5
8	5.1	3.4	3.2	2.8	2.4	4.4	1.1	0.9	0.6	0.3	2.7	3.4	2.5	2.5	4.4
9	4.3	3.2	2.5	2.6	1.9	6.6	1.4	0.6	0.5	0.2	2.4	3.7	2.5	2.3	2.6
10	3.7	2.5	2.1	2.4	1.6	3.4	1.4	0.65	0.51	0.29	2.3	3.8	2.2	2.1	2.5

(■ 表示淨化效果最佳的植物)

說明：

1. 從表七、表八數據的交叉比較發現，我們濁度愈高雜質多的溪水和拖地水，根系長的布袋蓮、水芙蓉淨化速度較快，但在觀察十天後的淨化效果，根系長的水芙蓉沒有比根系短的槐葉蘋好。
2. 四種漂浮型的水生植物淨化不同污水的結果，溪水以布袋蓮最好，其次是槐葉蘋；拖地水仍是布袋蓮，其次是水芙蓉，雨水則是水芙蓉，其次是槐葉蘋。

(二) 槐葉蘋與布袋蓮對墨汁淨化的實驗

最初，我們以為根系長的漂浮型水生植物淨化水質的能力，會比根系短的漂浮型水生植物好，我們卻發現槐葉蘋淨化的效果也不差。由於布袋蓮在雨水部份沒有蟬聯寶座，拖地水和鳳山溪的污水帶有大量的雜質與雨水不同，我們推論：水生植物對水中某種成份的吸收有特別的偏好，為了排除泥沙快速沉澱，我們用墨汁的水溶液代替污水，進一步設計了下面的實驗。

表九：槐葉蘋、布袋蓮對墨水水質淨化透視度(公分)和濁度(NTU)的紀錄

觀察項目	透視度			濁度		
	槐葉蘋	布袋蓮	對照組	槐葉蘋	布袋蓮	對照組
4月1日	2.3	2.3	2.3	67	67	67
4月2日	6.8	6.0	5.8	56	61.0	69
4月3日	8.0	7.2	5.2	46	58.7	71
4月4日	11.9	8.1	5.2	37	55.7	67
4月5日	14.1	8.9	5.4	30	51.0	68
4月6日	19.3	10.5	6.0	24	47.7	69
4月7日	23.8	11.2	5.8	18	41.7	68
4月8日	28.4	12.4	6.2	11	35.3	67
4月9日	29.3	14.9	5.2	8.0	31.3	67
4月10日	30.0	17.1	5.2	6.0	27.3	67

(表示淨化效果最佳的植物)

說明：

1. 排除自然沉澱的泥沙，槐葉蘋和布袋蓮在淨化速度是漸進的，沒有之前幾次實驗第一天與第二天明顯的差異。
2. 分析數據不難發現，槐葉蘋在透視度和濁度的變化明顯優於布袋蓮。
3. 墨汁的主要是炭煙、膠料、添加劑和溶液組成，雨水溶有空氣中的污染物與鳳山溪污水成份不同，根據實驗二的結果，漂浮型的水生植物淨化能力與根系長短沒有絕對的關係，不同的水生植物的根對污水的吸收有特別的偏好。

(三) 水生植物在相同重量條件下，觀察任意漂浮與固定漂浮的淨化效能的實驗

我們操作漂浮性的水生植物布袋蓮在同樣重量的條件下，並且布置成固定與非固定的水面覆蓋方式，觀察濁度與透視度的變化來比較他們淨化效能的情形，我們

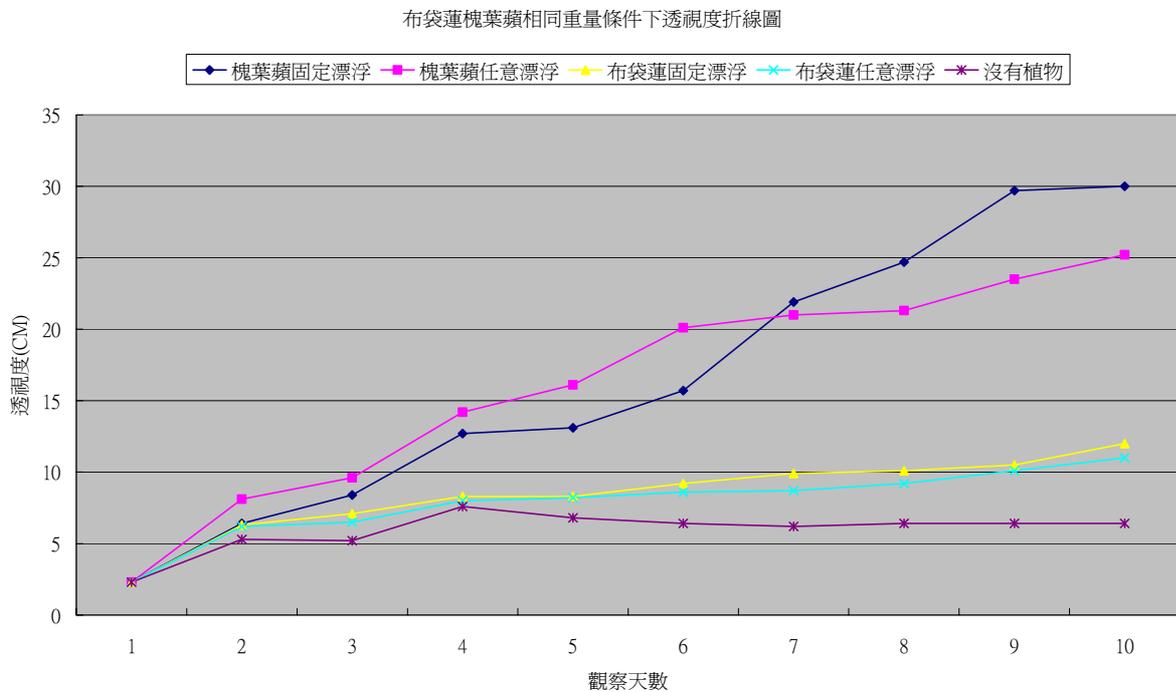
將觀察數據整理成表十，如下：(詳細數據請參考附錄四)

表十：槐葉蘋、布袋蓮相同重量時觀察透視度(公分)和濁度(NTU)的觀察紀錄

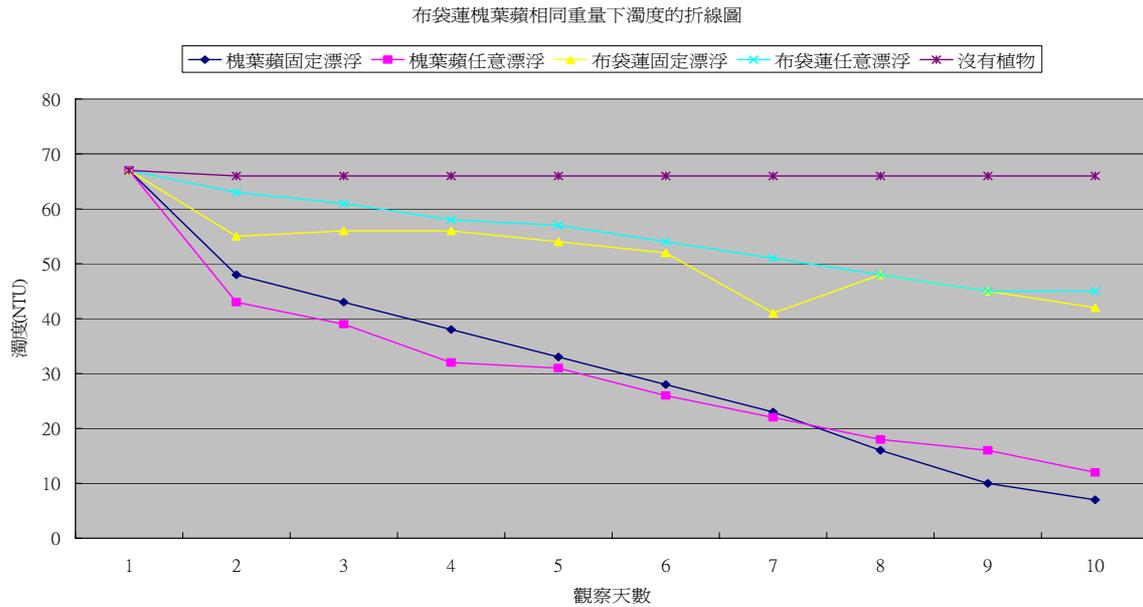
觀察日期	透視度					濁度				
	槐葉蘋		布袋蓮		對照組	槐葉蘋		布袋蓮		對照組
	固定漂浮	任意漂浮	固定漂浮	任意漂浮	沒有植物	固定漂浮	任意漂浮	固定漂浮	任意漂浮	沒有植物
4月15日	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	67	67	67	67	67
4月16日	6.4	8.1	6.3	6.2	5.3	48	43	55	63	66
4月17日	8.4	9.6	7.1	6.5	5.2	43	39	56	61	66
4月18日	12.7	14.2	8.3	8.0	7.6	38	32	56	58	66
4月19日	13.1	16.1	8.3	8.2	6.8	33	31	54	57	66
4月20日	15.7	20.1	9.2	8.6	6.4	28	26	52	54	66
4月21日	21.9	21.0	9.9	8.7	6.2	23	22	41	51	66
4月22日	24.7	21.3	10.1	9.2	6.4	16	18	48	48	66
4月23日	29.7	23.5	10.5	10.1	6.4	10	16	45	45	66
4月24日	30.0	25.2	12	11	6.4	7	12	42	45	66

(表示淨化效果最佳的植物)

圖四：相同重量的條件下觀察透視度變化的折線圖



圖五：相同重量的條件下觀察濁度變化的折線圖



說明： 從上述圖表數值的變化我們發現

1. 以墨水模擬污水時，對照組沒有任何水生植物，他的濁度幾乎維持不變，換句話說，污水中的雜質除了自然沈澱之外，文獻中水生植物有淨化水質的能力，在這裡得到驗證。
2. 同重量的槐葉蘋和布袋蓮的條件下，槐葉蘋體積雖比布袋蓮體積小，但是淨化污水的能力卻比較好。
3. 無論是槐葉蘋或布袋蓮，在觀察的第十天後，固定覆蓋比任意漂浮的淨化效果好。

(四) 槐葉蘋和布袋蓮相同重量下淨化鳳山溪的效能實驗

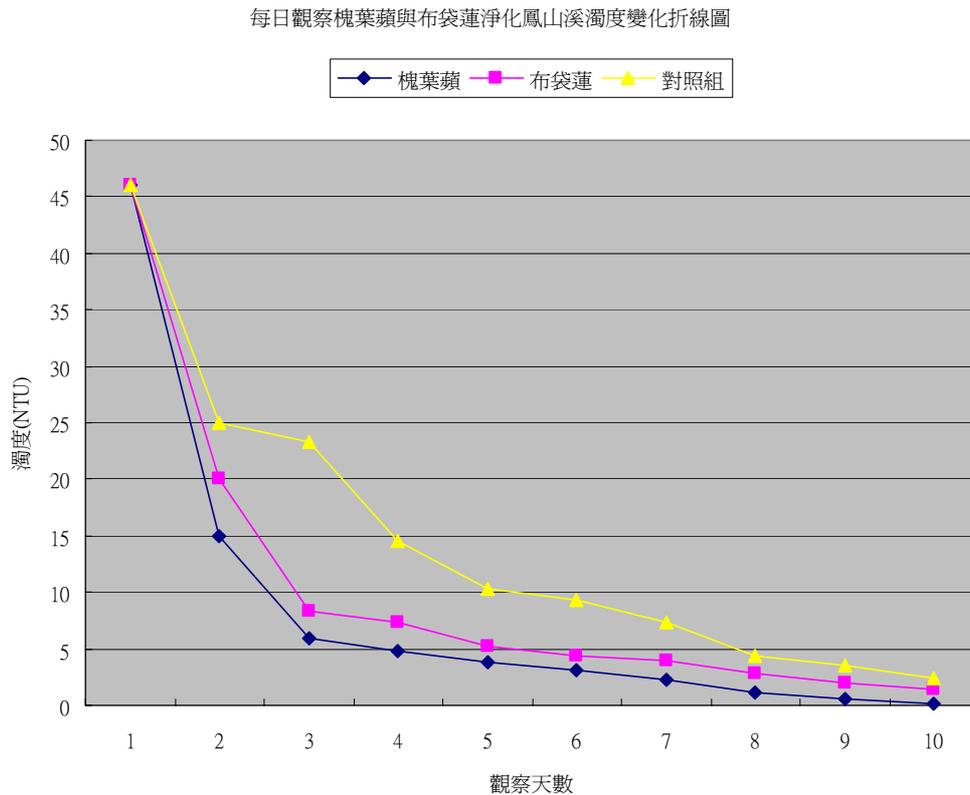
爲了排除槐葉蘋對墨水有特殊的吸收偏好，我們再一次取鳳山溪的水進行淨化效能的實驗，我們將觀察數據整理如表十一：(詳細數據請參考附錄五)

表十一：槐葉蘋、布袋蓮對鳳山溪水淨化透視度(公分)和濁度(NTU)的觀察紀錄

觀察天數	透視度			濁度		
	槐葉蘋	布袋蓮	對照組	槐葉蘋	布袋蓮	對照組
1	7.2	7.2	7.2	46.0	46.0	46.0
2	16.9	13.4	12.2	15.0	20.0	25.0
3	30	29.7	19	6.0	8.3	23.3
4	30	30	25	4.8	7.3	14.6
5	30	30	30	3.8	5.2	10.3
6	30	30	30	3.1	4.4	9.3
7	30	30	30	2.3	3.9	7.4
8	30	30	30	1.1	8.4	4.4
9	30	30	30	0.6	2.0	3.5
10	30	30	30	0.2	1.4	2.4

(0.2 表示淨化效果最佳的植物)

圖六：每日觀察槐葉蘋與布袋蓮淨化鳳山溪濁度變化折線圖



說明：

從圖六觀察到，在槐葉蘋和布袋蓮相同重量下，我們將墨水換回鳳山溪水，在觀察十天後發現，槐葉蘋淨化污水的能力依然比布袋蓮好，結果可以呼應上個實驗。

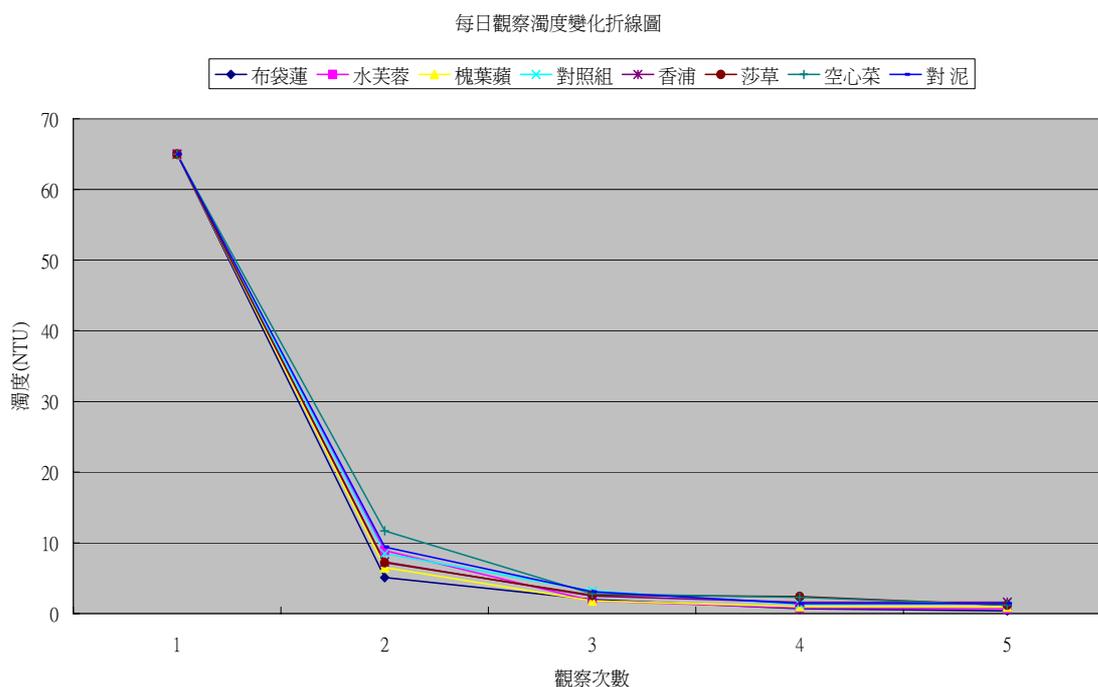
柒、 討論

根據實驗觀察得到的資料，比較文獻與實驗反省，進行以下議題的討論：

一、常見的水生植物淨化鳳山溪能力的普查實驗中，經過討論做了以下修改和推論：

- (一) 水質觀察的指標：懸浮固體測量的操作程序必須嚴謹，如果取水的動作有偏差，是會影響測量數值，根據表三、四可以推論懸浮固體測量的數值不如濁度、透視度來得穩定，換句話說，濁度與透視度在本實驗中較適合做為觀察指標。
- (二) 水中懸浮固體的自然沈澱也是淨化水質的方式：(如圖七：依據表三並且將第一天觀察數值列入計算所得的折線圖)，許多人工濕地能處理污水，就是利用「自然沉澱」讓水流減緩下來達到效果，例如：高屏溪濕地、洲仔濕地、鳥松濕地等，因此淨化鳳山溪污水建議設置人工濕地區。

圖七：每日觀察水生植物淨化鳳山溪濁度變化折線圖



二、水生植物對不同類型污水淨化實驗的討論

表十二：漂浮性水生植物對於不同污水淨化能力之整理表

污水種類	溪水	拖地水	雨水
研究對象	布袋蓮、水芙蓉、槐葉蘋、滿江紅	布袋蓮、水芙蓉、槐葉蘋、滿江紅	布袋蓮、水芙蓉、槐葉蘋、滿江紅
觀察指標	透視度、濁度	透視度、濁度	透視度、濁度
比較淨化結果	布袋蓮 > 槐葉蘋 > 水芙蓉 > 滿江紅	布袋蓮 > 水芙蓉 > 槐葉蘋 > 滿江紅	水芙蓉 > 槐葉蘋 > 布袋蓮 > 滿江紅

- (一) 懸浮雜質較多的污水、拖地水以布袋蓮的淨化最顯著。
- (二) 從不同污水中，發現根系長的水生植物在淨化上沒有絕對的優勢。
- (三) 滿江紅淨化鳳山溪時逐漸變黑而死亡，滿江紅是否能列為水污染的指標植物，可進一步的探討。
- (四) 對於不同污水的淨化結果，不同類型的水生植物會有不同的效果。

三、水生植物淨化效能實驗的討論

表十三：水生植物淨化效能與相關研究文獻的比較：

相關研究文獻	許文明的研究	本研究
研究對象	布袋蓮、水芙蓉、浮萍	布袋蓮、槐葉蘋
污水種類	養豬廢水	墨水
觀察指標	懸浮固體、生物和化學需氧量、氮、磷含量、溶氧量	透視度、濁度
主要變因	一定面積	一定重量
研究結果	布袋蓮 > 水芙蓉 > 浮萍	槐葉蘋 > 布袋蓮

註：(許文明，民 91)/以現地及小型人工溼地探討數種水生植淨化養豬廢水之效能比較

- (一) 爲了嚴謹的控制變因，我們用墨水取代污水，藉以克服雜質沉澱的干擾，比較同量水生植物根系長與根系短的淨化效能。
- (二) 一般淨化水質的相關實驗，是一定面積平均去除率比較，本實驗是以一定重量，比較植物體體積大小的淨化情形。發現相同重量下，槐葉蘋淨化效能優於布袋蓮。
- (三) 許多相關文獻中，布袋蓮是淨化污水的高手，與我們的結果不同，由於操作儀器的能力與實驗器材設備不足，往後可以再多一些觀察指標，進一步的延伸探討槐葉蘋的淨化效能。

四、從實驗三中觀察，布袋蓮和槐葉蘋固定漂浮不比任意漂浮的淨化效能差。我們想，在鳳山溪水的河床上考量設置固定區塊的設計，不讓植物任意漂流阻礙溪水，配合定期清理防止優養化，讓布袋蓮和槐葉蘋能破除鳳山溪是「濁」水溪的魔咒。

捌、結論

從濁度與透視度的指標來觀察水質淨化的效能，本研究提出以下結論：

- 一、水生植物具有淨化的功能，我們實驗發現：布袋蓮、水芙蓉、槐葉蘋、香蒲、莎草和空心菜對鳳山溪的污水都有淨化的作用，其中在濁度和透視度的檢測指標中，漂浮型的布袋蓮效果最好，挺水型是以空心菜表現最佳。
- 二、漂浮型植物淨化不同污水的實驗結果，鳳山溪水的是布袋蓮 > 槐葉蘋 > 水芙蓉 > 滿江紅，拖地水的是布袋蓮 > 水芙蓉 > 槐葉蘋 > 滿江紅，雨水的是水芙蓉 > 槐葉蘋 > 布袋蓮 > 滿江紅；換句話說，不同類型水生植物適應不同類型污水。
- 三、考慮鳳山溪污水中雜質自然沉澱因素，以墨水代替污水進行實驗，發現根系短的槐葉蘋，在透視度和濁度上比根系長的布袋蓮淨化效果好。布袋蓮是鳳山溪的淨化高手，槐葉蘋的淨化能力也應受到重視。
- 四、在布袋蓮和槐葉蘋相同重量的條件下，槐葉蘋的淨化比布袋蓮優。
- 五、相同重量的條件下，以漂浮型的水生植物實驗，固定漂浮在污水上的淨化效果比任意漂浮的好，可以做爲人工濕地淨化污水的參考，一方面淨化效能最優、也可以避免任意漂流造成河道阻塞。

玖、 參考資料

- 一、 林春吉(民 89) 什麼是水生植物 台灣濕地 17 期。
[http://www.wetland.org.tw/about/hope/hope17/hope17.htm\(2000.02.05\)](http://www.wetland.org.tw/about/hope/hope17/hope17.htm(2000.02.05))
- 二、 楊磊(民 90) 人工濕地應用於海岸及離島型工業區 台灣濕地 26 期。
水污染防治可行性之評估
<http://www.wetland.org.tw/about/hope/hope26/26-9.htm>
- 三、 洪欽勳—環境綠化系列—水生植物 高雄都會公園簡訊第 26 期。
<http://w3.cpami.gov.tw/khmp/newsletter/26.htm>
- 四、 侯英物—養漁池水質管理 漁業週訊第 657 期
<http://www.fa.gov.tw/tfb5/w657/w657gc.htm>
- 五、 行政院農委會-- 特有生物研究保育中心
http://www.tesri.gov.tw/content/planet/pla_aquatic_1.asp
- 六、 許文明(91) 以現地及小型人工溼地探討數種水生植淨化養豬廢水之效能比較

壹拾：附件 各項實驗數據

附錄一：實驗一漂浮型與挺水型水生植物淨化鳳山溪的初步實驗數據紀錄

(一) 觀察週期：每天早上八點

(二) 取水：11月6日

觀察日期：11月7日

原水	6.2	65	7.6	1.6957	1.7078
	透視度	濁度	Ph	懸浮前	懸浮後
對照 1	18	8.7	7.6	1.6636	1.6654
對照 2	17	8.4	7.7	1.6587	1.6608
對照 3	18.4	8.4	7.7	1.6629	1.6644
平均	17.8	8.5	7.7	1.6617	1.6635
泥土 1	13.8	8.6	7.8	1.6568	1.6734
泥土 2	14.8	9.8	7.8	1.6332	1.6354
泥土 3	12.6	9.7	7.7	1.6492	1.6517
平均	13.7	9.4	7.8	1.6464	1.6535
大萍 1	20.2	9.5	7.6	1.6584	1.6601
大萍 2	20.2	8.3	7.6	1.6633	1.6646
大萍 3	21.6	6.2	7.6	1.6732	1.6749
平均	20.7	8	7.6	1.6650	1.6665
槐葉蘋 1	23.2	6.3	7.6	1.6595	1.661
槐葉蘋 2	19.8	6.6	7.6	1.6728	1.6744
槐葉蘋 3	22.2	6.6	7.7	1.6624	1.6635
平均	21.7	6.5	7.6	1.6649	1.6663
布袋蓮 1	19.8	5.5	7.6	1.6634	1.6641
布袋蓮 2	21	5	7.6	1.6657	1.6662
布袋蓮 3	23.6	4.9	7.6	1.6354	1.6361
平均	21.5	5.1	7.6	1.6548	1.6555
香蒲 1	14	6.6	7.8	1.6613	1.6629
香蒲 2	13.6	7.9	7.8	1.6719	1.6732
香蒲 3	13.6	9.6	7.8	1.6567	1.6584
平均	13.7	8.0	7.8	1.6633	1.6648
莎草 1	13.8	6.9	7.7	1.6733	1.6748
莎草 2	15	7.4	7.8	1.6655	1.6671
莎草 3	14.2	9	7.8	1.6678	1.6691
平均	14.3	7.8	7.8	1.6689	1.6703
空心菜 1	19.2	14	7.8	1.6805	1.6821
空心菜 2	14.8	20	7.8	1.696	1.6996
空心菜 3	16.4	9.3	7.7	1.6641	1.6658
平均	16.8	14.4	7.8	1.6689	1.6703

漂浮型與挺水型水生植物淨化鳳山溪的初步實驗

觀察日期：11月8日

	透視度	濁度	Ph	懸浮前	懸浮後
對照 1	30	3.1	7.4	1.6852	1.686
對照 2	30	3	7.6	1.6653	1.6662
對照 3	30	3.4	7.5	1.6744	1.6754
平均	30	3.2	7.5	1.6750	1.6759
泥土 1	30	2.8	7.7	1.678	1.6782
泥土 2	30	3.2	7.8	1.6771	1.678
泥土 3	30	3.4	7.8	1.6934	1.6942
平均	30	3.1	7.8	1.6828	1.6835
大萍 1	30	2	7.5	1.6648	1.6652
大萍 2	30	2	7.5	1.6913	1.6916
大萍 3	30	1.5	7.5	1.6659	1.6665
平均	30	1.8	7.5	1.6740	1.6744
槐葉蘋 1	30	1.8	7.6	1.7054	1.7059
槐葉蘋 2	30	1.5	7.6	1.6817	1.6823
槐葉蘋 3	30	2.1	7.7	1.6692	1.6699
平均	30	1.8	7.6	1.6854	1.6860
布袋蓮 1	30	3	7.5	1.6902	1.6905
布袋蓮 2	30	1.7	7.5	1.6641	1.6644
布袋蓮 3	30	1.2	7.4	1.6732	1.6735
平均	30	2.0	7.5	1.6758	1.6761
香蒲 1	30	2.6	7.8	1.6725	1.6735
香蒲 2	30	2.5	7.9	1.6603	1.6611
香蒲 3	30	2.4	7.8	1.6648	1.6657
平均	30	2.5	7.8	1.6659	1.6668
莎草 1	30	2.4	7.8	1.6754	1.6761
莎草 2	30	2.5	7.8	1.6632	1.6639
莎草 3	30	3	7.8	1.6903	1.691
平均	30	2.6	7.8	1.6763	1.677
空心菜 1	30	2.8	7.8	1.6754	1.6763
空心菜 2	30	2.9	7.8	1.7012	1.7021
空心菜 3	30	2.6	7.8	1.6809	1.6815
平均	30	2.8	7.8	1.6858	1.6866

漂浮型與挺水型水生植物淨化鳳山溪的初步實驗

觀察日期：11月9日

	透視度	濁度	Ph	懸浮前	懸浮後
對照 1	30	2.6	7.5	1.662	1.6628
對照 2	30	1.3	7.6	1.6716	1.6723
對照 3	30	1.2	7.6	1.6563	1.6574
平均	30	1.7	7.6	1.6633	1.664
泥土 1	30	1.4	7.8	1.672	1.6725
泥土 2	30	1.3	7.9	1.6639	1.6644
泥土 3	30	1.5	7.8	1.6808	1.6914
平均	30	1.4	7.8	1.6722	1.6761
大萍 1	30	1.4	7.7	1.691	1.6919
大萍 2	30	0.9	7.7	1.6843	1.6853
大萍 3	30	0.7	7.7	1.6594	1.6612
平均	30	1	7.7	1.6782	1.6795
槐葉蘋 1	30	1.5	7.9	1.6607	1.6616
槐葉蘋 2	30	1	7.9	1.6342	1.6349
槐葉蘋 3	30	0.4	7.8	1.6638	1.6648
平均	30	1.0	7.9	1.6529	1.6538
布袋蓮 1	30	1	7.6	1.6432	1.6438
布袋蓮 2	30	0.8	7.6	1.6772	1.6778
布袋蓮 3	30	0.4	7.6	1.6543	1.655
平均	30	0.7	7.6	1.6582	1.6589
香蒲 1	30	1.8	7.9	1.6545	1.6553
香蒲 2	30	1.5	7.8	1.6509	1.6513
香蒲 3	30	1.6	7.6	1.661	1.662
平均	30	1.6	7.8	1.6555	1.6562
莎草 1	30	2.9	7.9	1.659	1.6597
莎草 2	30	2.4	7.8	1.6804	1.6818
莎草 3	30	2	7.8	1.6694	1.6702
平均	30	2.4	8	1.6696	1.6706
空心菜 1	30	2	7.9	1.6564	1.6567
空心菜 2	30	2.9	7.9	1.6561	1.6574
空心菜 3	30	1.9	7.9	1.6911	1.6924
平均	30	2.3	7.9	1.6679	1.6688

漂浮型與挺水型水生植物淨化鳳山溪的初步實驗

觀察日期：11月10日

	透視度	濁度	Ph	懸浮前	懸浮後
對照 1	30	1.6	7.9	1.662	1.6628
對照 2	30	1.3	8.1	1.6744	1.6747
對照 3	30	1.2	7.6	1.6565	1.657
平均	30	1.4	7.9	1.6643	1.665
泥土 1	30	1.6	8.1	1.66	1.6606
泥土 2	30	1.5	7.9	1.7071	1.6989
泥土 3	30	1.2	7.8	1.6707	1.6714
平均	30	1.4	7.9	1.6793	1.6770
大萍 1	30	0.8	7.9	1.6691	1.6698
大萍 2	30	0.9	7.9	1.6543	1.6554
大萍 3	30	0.7	8.1	1.6694	1.6701
平均	30	0.8	8.0	1.6643	1.6651
槐葉蘋 1	30	0.3	7.9	1.6644	1.6653
槐葉蘋 2	30	0.8	8	1.6731	1.674
槐葉蘋 3	30	0.9	7.9	1.6622	1.663
平均	30	0.7	7.9	1.6666	1.6674
布袋蓮 1	30	0.6	7.8	1.6445	1.6448
布袋蓮 2	30	0.2	7.9	1.6881	1.6883
布袋蓮 3	30	0.4	7.9	1.6743	1.6746
平均	30	0.4	7.9	1.6690	1.6692
香蒲 1	30	1.8	7.8	1.6545	1.6553
香蒲 2	30	1.3	7.7	1.6305	1.6309
香蒲 3	30	1.7	7.6	1.6551	1.656
平均	30	1.6	7.7	1.6467	1.6474
莎草 1	30	2.9	7.9	1.659	1.6597
莎草 2	30	1.1	7.9	1.678	1.6789
莎草 3	30	1.3	7.8	1.6654	1.6665
平均	30	1.8	8	1.6675	1.6684
空心菜 1	30	1.3	7.8	1.6565	1.6567
空心菜 2	30	1.1	7.9	1.6638	1.6649
空心菜 3	30	1.2	7.9	1.6912	1.6924
平均	30	1.2	7.9	1.6705	1.6713

附錄二：漂浮型和挺水型水生植物淨化鳳山溪的透視度(公分)原始數據

(一)觀察週期：取水後上下午各觀察 2 次

(二)取水：11 月 15 日

透視度

	原水	1	2	3	4	5	6	7	8
對照 1	8	10.4	11.8	12	22	23.2	23.8	23.4	30
對照 2	8	9.6	10.4	11.2	20	21	21.8	24.4	30
對照 3	8	9.4	10.6	11.4	21	21.4	22	23	30
平均	8.0	9.8	10.9	11.5	21.0	21.9	22.5	23.6	30.0
泥土 1	8	9.8	12.6	14	17	19	20.6	20.8	24.4
泥土 2	8	9.2	10.5	12.6	15	17.6	18.4	20.4	24.8
泥土 3	8	9.6	10.2	12.6	14.8	16.8	17.6	20.3	23.8
平均	8.0	9.5	11.1	13.1	15.6	17.8	18.9	20.5	24.3
大萍 1	8	11	11.4	15	30	30	30	30	30
大萍 2	8	9.8	13	15.4	30	30	30	30	30
大萍 3	8	9.6	13	16.4	30	30	30	30	30
平均	8.0	10.1	12.5	15.6	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
槐葉蘋 1	8	10.8	15.6	18.8	30	30	30	30	30
槐葉蘋 2	8	9.8	15.8	19.2	30	30	30	30	30
槐葉蘋 3	8	9.8	14.6	18.6	30	30	30	30	30
平均	8.0	10.1	15.3	18.9	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
布袋蓮 1	8	14	16	19	30	30	30	30	30
布袋蓮 2	8	14.2	15.2	20	30	30	30	30	30
布袋蓮 3	8	13.8	15.4	19.6	30	30	30	30	30
平均	8.0	14.0	15.5	19.5	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
香蒲 1	8	13	13.2	14.2	18.2	21.6	24.4	18.4	30
香蒲 2	8	11	13	14.2	17	18.4	16	27.4	30
香蒲 3	8	11	13.2	14.6	19	21	25	28	30
平均	8.0	11.7	13.1	14.3	18.1	20.3	21.8	24.6	30.0
莎草 1	8	8.6	9.8	12.2	18.8	21.1	22	23.4	29
莎草 2	8	13.8	14	15	20.2	20.2	21	26.2	30
莎草 3	8	11.8	13.2	14	19.4	21	23	27	30
平均	8.0	11.4	12.3	13.7	19.5	20.8	22.0	25.5	29.7
空心菜 1	8	10.2	16	19	21	19.8	22.2	25.4	30
空心菜 2	8	10.4	15.2	20	19.6	22.4	23.2	27.2	30
空心菜 3	8	10.4	15.4	19.6	20.2	23	26	30	30
平均	8.0	10.3	15.5	19.5	20.3	21.7	23.8	27.5	30.0

漂浮型和挺水型水生植物淨化鳳山溪的濁度(NTU)原始數據

濁度	原水	1	2	3	4	5	6	7
對照 1	60.0	31.0	33.0	22.0	14.0	15.0	9.5	7.6
對照 2	60.0	31.0	26.0	24.0	15.0	14.0	10.0	8.4
對照 3	60.0	33.0	30.0	27.0	20.0	17.0	12.0	9.8
平均	60.0	31.7	29.7	24.3	16.3	15.3	10.5	8.6
泥土 1	60.0	45.0	40.0	29.0	21.0	18.0	15.0	10.0
泥土 2	60.0	34.0	33.0	27.0	18.0	14.0	13.0	11.0
泥土 3	60.0	56.0	44.0	30.0	22.0	19.0	17.0	13.0
平均	60.0	45.0	39.0	28.7	20.3	17.0	15.0	11.3
大萍 1	60.0	28.0	26.0	22.0	8.4	9.5	14.0	6.1
大萍 2	60.0	27.0	21.0	18.0	9.6	12.0	5.0	6.0
大萍 3	60.0	29.0	21.0	18.0	7.8	6.4	5.9	11.0
平均	60.0	28.0	22.7	19.3	8.6	9.3	8.3	7.7
槐葉蘋 1	60.0	25.0	20.0	18.0	8.3	7.8	7.0	5.7
槐葉蘋 2	60.0	27.0	21.0	22.0	8.4	7.4	6.4	4.5
槐葉蘋 3	60.0	30.0	22.0	20.0	9.4	8.7	9.1	6.0
平均	60.0	27.3	21.0	20.0	8.7	8.0	7.5	5.4
布袋蓮 1	60.0	25.0	21.0	18.0	7.3	7.6	6.0	5.2
布袋蓮 2	60.0	26.0	20.0	17.0	7.0	6.6	6.4	5.0
布袋蓮 3	60.0	26.0	20.0	18.0	8.4	7.5	6.8	6.2
平均	60.0	25.7	20.3	17.7	7.6	7.2	6.4	5.5
香蒲 1	60.0	34.0	35.0	34.0	17.0	13.0	15.0	8.3
香蒲 2	60.0	45.0	40.0	36.0	18.0	16.0	13.0	8.7
香蒲 3	60.0	27.0	29.0	27.0	14.0	11.0	10.0	5.6
平均	60.0	35.3	34.7	32.3	16.3	13.3	12.7	7.5
莎草 1	60.0	45.0	36.0	31.0	16.0	14.0	13.0	10.0
莎草 2	60.0	31.0	30.0	24.0	17.0	16.0	15.0	7.6
莎草 3	60.0	35.0	32.0	25.0	12.0	13.0	8.5	5.4
平均	60.0	37.0	32.7	26.7	15.0	14.3	12.2	7.7
空心菜 1	60.0	32.0	26.0	25.0	12.0	12.0	15.0	7.2
空心菜 2	60.0	31.0	21.0	27.0	15.0	14.0	13.0	6.7
空心菜 3	60.0	36.0	21.0	24.0	13.0	11.0	8.1	5.0
平均	60.0	33.0	22.7	25.3	13.3	12.3	12.0	6.3

附錄三

實驗二：漂浮型水生植物淨化不同水的濁度與透視度原始觀察紀錄

拖地水透視度

觀察日期	對照組			滿江紅			槐葉蘋			水芙蓉			布袋蓮		
3月1日	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
3月2日	14.2	14.6	14.4	16	16.1	16.2	17.2	17.3	17.4	20.7	20.4	21	22	22.5	23
3月3日	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月4日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月5日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月6日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月7日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月8日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月9日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月10日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

拖地水濁度

觀察日期	對照組			滿江紅			槐葉蘋			水芙蓉			布袋蓮		
3月1日	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
3月2日	31	30	32	26	26	26	24	25	26	20	21	22	18	19	20
3月3日	14	13	12	11	11	11	10	11	9	7.6	7.8	8	6.8	7.6	7.8
3月4日	8.3	7.9	8.4	5.5	5.6	5.7	5.2	5.7	5.3	3.1	3.1	3.1	3	3.2	3.1
3月5日	6.1	5.8	5.8	3.6	3.5	3.7	3	3.4	3.2	1.4	1.6	1.5	1.2	2	1.3
3月6日	5.2	6.6	5.9	4.4	2.8	3.6	2.7	2.5	2.6	1.1	1.4	1.7	1.2	1.8	0.9
3月7日	4	4	4	1.6	1.6	1.6	1.3	1.6	1.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.2	0.2
3月8日	3.3	5.6	4.3	1.1	1	1.2	0.8	1.1	0.8	0.5	0.6	0.7	0.4	0.2	0.3
3月9日	4.4	2.9	12.5	1.6	1.2	1.4	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.1	0.3
3月10日	3.1	2.9	4.2	1	1.4	1.8	0.7	0.5	0.75	0.5	0.5	0.53	0.3	0.2	0.37

漂浮型水生植物淨化的濁度與透視度紀錄

雨水透視度

觀察日期	對照組			滿江紅			槐葉蘋			水芙蓉			布袋蓮		
3月19日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月20日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月21日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月22日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月23日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月24日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月25日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月26日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月27日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3月28日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

雨水濁度

觀察日期	對照組			滿江紅			槐葉蘋			水芙蓉			布袋蓮		
3月19日	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
3月20日	6.1	6.0	6.2	6.4	6.6	6.4	6.2	6.0	6.1	6.9	6.6	6.6	6.2	6.3	6.4
3月21日	5.0	4.6	5.4	4.9	4.2	5.6	4.0	3.8	4.2	4.8	4	4.4	4.4	4.3	4.2
3月22日	4.6	4.1	4.1	4.5	3.7	5.3	3.1	3.0	3.2	4	3.6	3.8	3.9	3.9	3.6
3月23日	4.9	4.6	4.8	4.4	3.6	4.6	3.0	3.0	3.0	3.8	3.4	3.6	3.4	3.7	3.1
3月24日	4.0	4.0	4.0	4.0	3.5	4.5	2.9	2.4	2.8	3.1	3.1	3.1	3.7	3.7	3.7
3月25日	3.0	3.0	3.0	4.2	4.2	4.2	2.9	2.9	2.9	3.0	3.2	3.1	3.6	3.4	3.5
3月26日	2.7	2.7	2.7	3.5	3.4	3.4	2.5	2.4	2.6	2.7	2.3	2.5	3.2	3.2	3.0
3月27日	2.5	2.6	2.1	3.7	3.2	4.2	2.5	2.5	2.5	2.4	2.2	2.3	2.6	2.5	2.6
3月28日	2.3	2.4	2.3	3.8	3.8	3.8	2.3	2.2	2.1	2.2	2.0	2.1	2.5	2.5	2.5

漂浮型水生植物淨化的濁度與透視度紀錄

溪水透視度

觀察日期	對照組			滿江紅			槐葉蘋			水芙蓉			布袋蓮		
4月1日	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
4月2日	10.4	10.2	10.3	11	11.2	11.1	13.8	13.5	13.2	12.4	13.2	12.2	13.8	14.1	13.8
4月3日	12	12.1	12.2	13	13.2	13.1	14	14.6	14.3	14.3	14.4	14.5	14.6	14.4	14.8
4月4日	16	15	17	16.2	16.4	16.6	18.2	19.4	18.2	17.8	17.2	17.8	19.2	21.2	20.5
4月5日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
4月6日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
4月7日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
4月8日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
4月9日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
4月10日	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

溪水濁度

觀察日期	對照組			滿江紅			槐葉蘋			水芙蓉			布袋蓮		
4月1日	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4月2日	37	36	33	36	31	38	30	29	28	24	29	25	28	27	26
4月3日	25	23	24	23	25	24	18	17	16	24	23	22	19	19	19
4月4日	12	10	14	16	16	16	8.7	9.4	9.2	16	16	16	9.6	9.9	9.6
4月5日	4.8	4.5	4.5	7.8	8.6	8.5	2.6	3.4	3.0	8.2	8.3	9	3.7	3.2	3.
4月6日	5.0	5.4	5.2	6.7	6.0	6.2	3.0	2.2	2.6	3.2	3.3	3.4	2.7	2.8	2.7
4月7日	2.8	3.3	3.2	5.1	2.6	3.7	5.6	2.3	3.9	2.5	2.8	2.8	3.6	1.9	2.6
4月8日	5.2	5.3	5.1	4.2	2.6	3.4	4.6	1.8	3.3	2.8	3.0	2.6	3.0	1.8	2.4
4月9日	4.4	4.2	4.3	3.4	3.1	3.1	3.2	1.6	2.7	2.8	2.8	2.4	3.4	1.6	0.7
4月10日	3.8	3.7	3.6	2.5	2.5	2.5	2.6	1.5	2.2	2.6	2.5	2.0	2.9	1.9	1.6

附錄四

實驗三：槐葉蘋和布袋蓮同重量淨化墨水的觀察紀錄

槐葉蘋與布袋蓮同重量 70 公克淨化的比較 (固定覆蓋)

透視度(公分)

觀察日期	槐葉蘋 1	槐葉蘋 2	槐葉蘋 3	槐平均	布袋蓮 1	布袋蓮 2	布袋蓮 3	布平均	對照組
4 月 15 日	2.3								
4 月 16 日	6.6	7.2	5.4	6.4	6.8	5	7	6.3	6.4
4 月 17 日	7	9	9.2	8.4	7.2	7	7.2	7.1	6.8
4 月 18 日	10	14	14.2	12.7	9.4	7.8	7.8	8.3	7
4 月 19 日	12	14	13.2	13.1	8.4	8	8.6	8.3	7.2
4 月 20 日	13.2	18.6	15.2	15.7	8.4	9.8	9.4	9.2	7
4 月 21 日	17.8	30	17.8	21.9	11.2	9.4	9.2	9.9	7.2
4 月 22 日	24.6	30	19.6	24.7	11.2	9.4	9.6	10.1	7.4
4 月 23 日	30	30	29	29.7	11.2	10	10.3	10.5	7
4 月 24 日	30	30	30	30.0	13.2	11.2	11.6	12	7.4

濁度

觀察天數	槐葉蘋 1	槐葉蘋 2	槐葉蘋 3	槐平均	布袋蓮 1	布袋蓮 2	布袋蓮 3	布平均	對照組
4 月 15 日	67								
4 月 16 日	51	43	50	48	57	50	59	55	67
4 月 17 日	46	44	40	43	60	50	59	56	62
4 月 18 日	41	32	40	38	51	59	57	56	57
4 月 19 日	36	27	37	33	47	57	57	54	56
4 月 20 日	32	22	31	28	45	57	55	52	56
4 月 21 日	26	17	26	23	26	53	43	41	57
4 月 22 日	18	11	18.5	16	39	52	52	48	56
4 月 23 日	12	5.9	11	10	36	50	50	45	56
4 月 24 日	8.7	4.2	7.8	7	48	35	50	44	56

槐葉蘋與布袋蓮同重量 70 公克淨化的比較 (任意漂浮)

透視度(公分)

觀察日期	槐葉蘋 1	槐葉蘋 2	槐葉蘋 3	槐平均	布袋蓮 1	布袋蓮 2	布袋蓮 3	布平均	對照組
4 月 15 日	2.3								
4 月 16 日	12	4.3	8	8.1	6.0	6.2	6.4	6.2	5.3
4 月 17 日	12	7.1	9.7	9.6	7.0	6.2	6.3	6.5	5.2
4 月 18 日	18.2	10.2	14.2	14.2	7.8	7.8	8.4	8.0	7.6
4 月 19 日	20.4	11.6	16.3	16.1	8.6	8.0	8.0	8.2	6.8
4 月 20 日	30	10.4	19.8	20.1	9.2	8.2	8.4	8.6	6.4
4 月 21 日	30	12.8	20.2	21	9.4	8.3	8.4	8.7	6.2
4 月 22 日	30	12.5	21.4	21.3	10.0	8.6	9.0	9.2	6.4
4 月 23 日	30	17	23.5	23.5	10.2	9.0	11.1	10.1	6.4
4 月 24 日	30	20.2	25.4	25.2	10.4	9.2	13.4	11	6.4

濁度

觀察天數	槐葉蘋 1	槐葉蘋 2	槐葉蘋 3	槐平均	布袋蓮 1	布袋蓮 2	布袋蓮 3	布平均	對照組
4 月 15 日	67								
4 月 16 日	34	51	44	43	51	74	64	63	66
4 月 17 日	29	48	40	39	50	71	62	61	66
4 月 18 日	22	42	32	32	48	68	58	58	66
4 月 19 日	18	39	36	31	47	66	58	57	60
4 月 20 日	14	37	27	26	46	62	54	54	64
4 月 21 日	10	35	21	22	44	57	52	51	66
4 月 22 日	7	29	18	18	42	54	48	48	66
4 月 23 日	8	24	16	16	40	49	46	45	66
4 月 24 日	4	20	12	12	38	45	43	42	66

附錄五：槐葉蘋和布袋蓮同重量淨化鳳山溪實驗觀察紀錄
透視度(公分)

觀察 天數	槐葉蘋 1	槐葉蘋 2	槐葉蘋 3	槐平均	布袋蓮 1	布袋蓮 2	布袋蓮 3	布平均	對照組
1	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
2	16.2	17.2	17.4	16.9	14	13.2	13	13.4	12.2
3	30	30	30	30	30.0	29.0	30.0	29.7	19
4	30	30	30	30	30	30	30	30	25
5	30	30	30	30	30	30	30	30	30
6	30	30	30	30	30	30	30	30	30
7	30	30	30	30	30	30	30	30	30
8	30	30	30	30	30	30	30	30	30
9	30	30	30	30	30	30	30	30	30
10	30	30	30	30	30	30	30	30	30

濁度(NTU)

觀察 天數	槐葉蘋 1	槐葉蘋 2	槐葉蘋 3	槐平均	布袋蓮 1	布袋蓮 2	布袋蓮 3	布平均	對照組
1	46	46	46	46.0	46	46	46	46.0	46.0
2	16	14	15	15.0	20	20	20	20.0	25.0
3	6.5	4.1	7.5	6.0	8.1	8.6	8.2	8.3	23.3
4	5.2	3.9	5.4	4.8	7.3	7.6	7	7.3	14.6
5	4.1	3	4.2	3.8	5.6	5.1	4.9	5.2	10.3
6	3.3	2.8	3.1	3.1	4.3	4.9	4.1	4.4	9.3
7	2.3	2	2.5	2.3	3.9	4.2	3.5	3.9	7.4
8	1.4	0.9	0.9	1.1	2.5	3.3	2.6	2.8	4.4
9	0.8	0.6	0.5	0.6	1.8	2.2	2.1	2.0	3.5
10	0.2	0.2	0.3	0.2	1.7	1.2	1.3	1.4	2.4

附錄六：

流動水的測試照片和初步觀測數據，但因為流速無法控制，自然沉澱情形仍在，所以在這部份實驗取消



流動水道觀察紀錄 (2hr/次)

次	濁度	透視度
1	60	7.2
2	50	8
3	45	8.2
4	39	11.2
5	33	11.8
6	25	11
7	23	12.6
8	22	13.4
9	12	30

濁度：流動水道標示三個觀察點

分別以上中下各取 30C.C. 的水混合後測得

透視度：在三個觀察點取中段水 平均

附錄七：

文獻整理

- 一、 水生植物指的是一群「喜歡生長在有水環境中的植物」，它們的生育環境與生長形態並不相同，一般可依葉片與水面的相對位置及生活習性，分為下列四種類型：挺水型如香蒲、浮葉型如萍蓬草、漂浮型如布袋蓮、沉水型如金魚草。(民 89，林春吉)
- 二、 以現地及小型人工溼地探討數種水生植淨化養豬廢水之效能比較(91,許文明) 針對布袋蓮、水芙蓉、浮萍對養豬廢水在懸浮固體、生物化學需氧量、氮、磷含量、溶氧量的淨化上，布袋蓮最好，其次水芙蓉、最後是浮萍。
- 三、 水生植物需要在水邊濕地或水裡生長，在水域生態體系中扮演生產者角色，吸收 CO₂ 並釋放 O₂ 供水中的魚類呼吸，莖葉為魚類庇護及調節氣候，植物體可以減少水面反光並增添水中景色及可減少水面蒸散、改善水質，具有淨化之功能。(民 92 洪欽勳)
- 四、 侯英物(民 88)在漁業週訊第 657 期期刊中提出，養魚池的水質管理可利用生物淨化，其中水生植物水芙蓉、布袋蓮、浮萍、空心菜及屬於鹹水的龍鬚菜等均有吸收肥分，達到淨化效果。
- 五、 從楊磊(民 89)針對濕地處理廢水系統可分為自然濕地處理系統和人工濕地處理系統。通常人工濕地中所種植物的水生植物又以挺水型植物及漂浮性植物為主，利用附著在地下莖及根部區的微生物處理汙染物質，以達水質的淨化。
- 六、 台灣的河川汙染來源主要是家庭汙水及工廠排放廢水是造成水質惡化的主因，一旦水域遭受汙染，幾乎生物很難生存，台灣平地水域汙染嚴重，沉水性植物已經無法繁衍。

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

佳作、最佳(鄉土)教材獎

080821

魔法速速淨--探究水生植物淨化污水的能力

高雄縣烏松鄉大華國民小學

評語：

本作品取材鄉土，以多樣的水生植物來探討污水淨化的能力，成果頗令人期待應用。將來可繼續進行較系統性的較大規模實驗探討，早日實際應用在生活中。