

# 我要活下去—污水危害知多少？

## 初小組應用科學科第三名

台北市興華國民小學

作 者：周俊豪、蔡宜庭、王偉懿、林頌傑

指導教師：錢翹英

### 一、研究動機

「淡水河」蜿蜒流過台北盆地，其上游與本市居民的飲用水息息相關，中、下游受它影響的生態環境亦極廣泛，居住在台北市，應該對生活周遭的事多加了解，才能更進一步幫助及愛護它！

### 二、研究器材

(一) 實驗器材：酸鹼指示試紙、中型塑膠桶、水族箱、培養皿、燒杯、照相機、放大鏡、廣口滴管、天平、鑷子、白鼠飼養箱等。

(二) 實驗生物：  
1.動物：黑尾太陽金魚、水蚤、小白鼠。  
2.植物：豌豆、空心菜、菜豆、黑玉米、綠豆、小白菜、甘藍、油菜種子等。

### 三、研究過程

(一) 實地調查了解淡水河上、中、下游污染的情形。

方法：

1. 分兩次實地赴十分寮、秀朗橋、關渡橋、萬壽橋、福和橋、華江橋觀察淡水河上、中、下游之生態環境的污染程度及採水樣。
2. 取中型塑膠桶綁上重石，沈入水中採取水樣。
3. 翻動岸邊岩石，刮取岩石上的水棲昆蟲，置於培養皿觀察，以作為簡易的污染指標。

結果：如表一、表二：

表一

結果 水樣	實驗別	酸鹼度	氣味	溪水色澤	水面所見物	岸邊所見生物	岸邊活動
十分寮		6.5	無味	透明	大量濃稠乳化泡沫，少許垃圾	雙尾小蜉蝣、水薑、錐螺	垂釣、養鴨、餐飲店、排放家庭廢水
秀朗橋		5.8	淡臭味	黃濁	少許垃圾 施工廢土	無	挖土工程、修車廠、排放家庭廢水
關渡橋		5.5	刺鼻惡臭	黑濁	浮油、垃圾 工業廢棄物	顫蚓類	風管工廠、冷凍廠、海產餐飲店
對照組		<5	無味	透明清澈	無	無	無

註：對照組水樣為曝氣去氯自來水

表二

結果 水樣	實驗別	酸鹼度	氣味	溪水色澤	水面所見物	岸邊所見生物	岸邊活動
萬壽橋		6.5	無味	透明含雜質	少許垃圾， 沖刷的樹葉、枝條	因河岸陡峭無法採集	排放家庭廢水
福和橋		6.5	淡臭味	黃	少許垃圾	河岸泥濘，落差很大，無法採集	排放家庭廢水，岸邊有菜田可能造成肥料、糞便的污染
華江橋		6	濃臭味	黃黑	少許垃圾	紅線蟲 顫蚓類	養殖家禽，造成畜牧廢水污染
對照組		<6.5	無	透明	無	無	無

### 討論：

1. 下游關渡橋附近的水質黑濁惡臭，水面漂浮不少垃圾和油污，兩岸邊污泥成墨黑色，岸邊岩石上只有極度污染水域的生物指標—顫蚓類存活，岸邊有不少垃圾堆積，另有風管工廠，冷凍廠等是造成河川污染的重要禍首之一。
2. 中游秀朗橋河段，由於挖土工程，泥濁不堪猶如黃河，岩石上未見任何指標生物，可能是河水中懸浮顆粒太多，不利生物呼吸存活所致，岸邊的垃圾堆棄、修車廠的廢水、廢油也是造成污染的原因之一。

3.上游十分寮，岸邊岩石背面可見蜉蝣，蜑螺等清潔水域的生物指標，不過也並非完全沒有污染的情形：①遊客常在此烤肉、造成油污、垃圾的污染②瀑布落差的下方，有大量濃稠乳化的泡沫，隨河水漫延數百公尺③河水中有人養鴨，造成糞便污染④岸邊之小吃、餐飲店，其廢水直接排入河中，亦為污染源之一。

4.依據行政院環保署公布之「水質分類等級、特性及指標生物」，我們判定十分寮及萬盛橋為未（稍）受污染或輕度污染之水域；秀朗橋、福和橋為中度污染水域，而華江橋及關渡橋為嚴重污染水域。

5.水樣在採集、運送過程中，不讓它曝氣，以免揮發性物質流失，造成水樣毒性改變，採集後保存於暗處，儘速送回實驗室。

## (二) 實驗研究污染的河水對動、植物生存及成長有何影響？

動物類：

### 1. 水蚤

自生技中心取得純種水蚤 (*Daphnia pulex*) 為測試生物，利用靜水式生物毒性試驗法，監測水樣。

方法：

1.水蚤自飼養單位收回後，置於內盛經激烈曝氣去氯自來水的3公升燒杯中培養，每一燒杯內水蚤數不得超過300隻，以免繁殖太快，造成擁擠，光照維持16小時／天，以球藻餵食，馴養3~7天，期間每天清除杯底沉積之食物殘渣及水蚤排泄物，並每2天更換50%的水。

### 2. 製備24小時時齡內之小水蚤：

(1)測試水樣前24小時，從馴養燒杯內以廣口滴管，挑選成熟、腹部膨大之水蚤約20隻，放入內裝400毫升水之500毫升燒杯中。

(2)光照時間、餵食條件與馴養時期同。

(3)培養一天即得毒性試驗所需之24小時時齡內的小水蚤。

3.以廣口滴管吸取製備好的小水蚤，移入置有不同水樣的燒杯中，每個燒杯內各放5隻，另以馴養用水為水樣，製備對照組。

4.觀察水蚤死亡情形並記錄之，若24小時內對照組死亡率小於10%，實驗組死亡率大於10%，則表示水樣可能有急毒性。

結果：

表三

水樣\天數	1天	2~5天	5~12天
水蚤存活數			
關渡橋	0	0	0
秀朗橋	1	0	0
十分寮	5	3	2
對照組	5	0	0

表四

水樣\天數	1天	2~8天
水蚤存活數		
華江橋	0	0
福和橋	1	0
萬壽橋	2	1
對照組	5	0

討論：

1. 下游：靈敏的水蚤在關渡橋、華江橋的水中，24小時內即死亡，表示水中有急毒性物質。中游：水蚤在秀朗橋、福和橋的水中，24小時內的死亡率大於10%，表示水中也有急毒性物質。上游：水蚤在萬壽橋的水中，24小時內的死亡率亦高於10%，表示水質遭受污染。水蚤唯獨在十分寮的水中，24小時的死亡率小於10%，表示該水的污染程度較輕，由此可見，淡水河從上游較乾淨的水源，隨著河流而下至中、下游，污染程度確實漸次嚴重。
2. 水蚤在對照組的水中，第2天便死亡，但在十分寮的水中卻可存活多天，猜想是因為十分寮的水中存有極小的浮游生物，可供作食物藉以存活；而對照組純為曝氣去氯的清水，故小水蚤飢餓而死。
3. 有的水樣因含大量泥沙、雜質，恐將水蚤鰓部堵塞導致窒息而死，而非水中毒性物質致死，造成實驗誤差，所以水樣均預先予以過濾，且毒性試驗須於水樣採集後36小時內進行。

## 2. 金魚

方法：

1. 自魚商處購回黑尾太陽魚，於激烈曝氣、去氯的自來水中馴養3天，餵以藍綠藻顆粒魚餌。
2. 各採集水樣倒入水族箱內，置入馴養過的金魚5條，觀察其生活情形並記錄之，另以馴養用水製備對照組。

結果：

表五

觀察天數 情形 水樣	一 天	二 天 ( 餵食 )	三 天 ( 餵食 )	四 ~ 十二天 ( 餵食，並於第七天換 $\frac{2}{3}$ 的水 )
關渡橋	1小時活動力變差，24小時內翻白肚死亡			
秀朗橋	二小時左右活動力變差	排泄物多，活動力差對外界刺激反應遲頓。	同昨，食慾不佳，未進食	排泄物多，不活潑
十分寮	活 潑	活 潑	活動力稍差，進食正常	活動力中等
對照組	活 潑	活 潑	活動力稍差，進食正常	活動力中等

表六

觀察天數 情形 水樣	一 天	二天 ( 餵食 )	三 ~ 十 天 ( 餵食，並於第七天換 $\frac{2}{3}$ 的水 )
華江橋	1小時活動力變差，魚群聚於箱底，對外界刺激反應遲頓。	同昨，食慾不佳，但排泄物多	活動力與對外界刺激之反應回復，唯食慾不佳，排泄物多
福和橋	活動力略差	活動力略差，進食正常	活動力略差，進食正常
萬壽橋	活 潑	活 潑	活動力中等
對照組	活 潑	活 潑	活動力中等

## 討論：

1. 上游：十分寮、萬壽橋處的水，污染程度輕，魚兒生活自如。中游：秀朗橋、福和橋水質混濁，金魚初期適應困難，活動量減少，不活潑，對外界刺激較無反應，但多天後勉強適應，惟活動力一直不好。下游：華江橋的水亦混濁，魚兒勉強存活，不過5天後有1條魚腹部兩側產生白斑，至於關渡橋水質惡臭，魚兒受不了，一天內就死了，可見下游河段，自華江橋至關渡出海口的河水，除了一般的家庭廢水外，定有不少工業污水大量排放，導致嚴重且急劇的污染。
2. 本實驗選擇黑尾太陽魚，而未採用環保署建議的羅漢魚和神仙魚，是因為它是水族館內對水質較敏感而又最便宜的魚。

### 3. 小白鼠

方法：

1. 自台大醫院動物中心，購得五週（約為壯年期）及三週（約為青少年期）大的小白鼠。
2. 利用木屑、日光燈予以保溫，餵以老鼠飼料。
3. 各組置三隻五週大的，三隻三週大的小白鼠，每2天餵以120毫升採集水。
4. 每2天利用砝碼、天平測量小白鼠的平均體重並記錄之。

結果：

表七 (對照組為飲用乾淨自來水)

平均體重(克) 天數 水樣	0	2	4	6	8	10	12	14
(五週) 對照組	26.2	26.8	26.3	27.8	28.7	29.0	28.5	30.7
(三週)	11.2	13.7	15.5	17.7	20.5	25.7	26.5	27.2
(五週) 十分寮	28.5	29.2	28.8	29.5	30.5	31.0	30.0	31.5
(三週)	11.8	14.2	15.7	16.8	20.7	23.3	22.2	25.0
(五週) 秀朗橋	26.5	27.5	27.2	27.3	28.5	29.5	28.5	30.2
(三週)	12.3	15.0	17.2	18.8	22.5	24.8	23.0	25.5
(五週) 關渡橋	26.2	26.5	27.6	26.5	27.2	27.5	26.5	28.0
(三週)	12.8	15.7	17.8	18.7	23.2	25.2	24.5	25.2

表八

平均體重(克) 天數 水樣	0	2	4	6	8	10
(七週) 萬壽橋	30.1	28.3	30.8	32.3	33.0	33.3
(五週)	23.0	23.3	27.3	30.2	30.5	31.3
(七週) 福和橋	28.8	27.3	30.0	30.0	31.4	31.8
(五週)	21.5	23.8	28.3	28.8	28.3	29.3
(七週) 華江橋	29.5	28.0	31.2	30.8	31.0	31.2
(五週)	19.8	20.3	24.7	27.0	27.5	27.2

討論：

- 實驗之初，購買3週及5週大的小白鼠，其目的是希望了解污水對不同年齡層動物的生長發育是否都有影響。依據本研究的數據顯示，在實驗組與對照組小白鼠的飲水量無太大差異的情況下，二種年齡層的小白鼠在飲用污水後，體重增加的情形確實都不甚理想，尤其飲用關渡橋水的小白鼠，平均體重增加量約為對照組的40%（5週）及77%（3週）而已，似乎污水對已成年動物的影響要來得更大些。
- 依據觀察，飲用極度污染水的小白鼠，飼養期間時有軟便、畏寒等情形，食欲雖無明顯降低，但體重的增加緩慢，證明污水確實會影響動物的代謝反應，造成立即或慢性，巨觀或微視上的生理變化。

植物類：

方法：

- 自木棚農會，購得植物種子（小白菜、甘藍、豌豆、菜豆、空心菜、黑玉米、綠豆、油菜）。
- 取數個培養皿，內舖一層棉花，用各水樣把棉花弄溼，每一培養皿置入不同的植物種子，每天補充水分，使棉花層常保潮溼。
- 每天觀察並記錄種子發芽及生長的情形。

結果：如（表九至十三）

表九

(一)豌豆 天數 水樣	1	2	4	6	10	13
十分瀑布	0/9	2/9	8/9	5株長葉片 8/9 2株根抽長 1株發霉	6株枝條抽高、1發霉（2高1中等3矮） 表現向光性	6株抽高向光 2腐爛1只發芽 不抽高
秀朗橋	0/10	2/10	8/10	8/10 6株長葉片	8株枝條抽高表現向光性（4高2中等2矮）	6株抽長向光 2株較短向光 2腐爛
關渡橋	0/9	1/9	4/9 根較短	6/9 均未長葉片 根細長	3株長葉片抽高2株 腐爛（2短）	3株長葉但矮 2腐爛2不發芽 無向光性
對照組	0/10	2/10	8/10	9/10 7株長葉片	8株枝條抽高1株腐爛（3高4中等1矮） 表現向光性	7株抽高表現向光性 2腐爛

（分數代表出芽率）

(二)空心菜

表十

天數 水樣	1	2	4	6	10	13
十分瀑布	3/20	5/20	15/20 生長快	15/20 2株長葉片	10株長葉片 16/20 色黃綠向光性	11株長葉片 其中3株挺高色黃綠向光性
秀朗橋	3/20	5/20	14/20 根長	16/20 1株長葉片	10株長葉片 18/20 色黃向光性	14株長葉片 其中1株挺高色黃綠向光性差
關渡橋	1/20	3/20	15/20	16/20 均未長葉片 根較細短	13株長葉片 17/20 色黃向光性	15株長葉片 其中均無挺高色黃無向光性
對照組	3/20	5/20	18/20	18/20 2株長葉片	14株長葉片 色較翠綠無向光性	18株長葉片 其中4株挺高色綠向光性

(分數代表出芽率)

(三)小白菜

表十一

天數 水樣	1	2	4	6	10	13
十分瀑布	20/30	23/30	24 株 抽 高 色 黃	19株長葉片 5株有褐斑 色黃綠	5株有褐斑 色黃綠向光性	19株長葉片 其中6株長斑向光性
秀朗橋	27/30	27/30	27 株 抽 高 色 黃	25株長葉片 5株有褐斑 色黃	4株有褐斑 1株爛 色黃綠向光性	26株長葉片 其中1株腐爛 5株長莖向光性
關渡橋	23/30	24/30	19 株 抽 高 色 黃 葉 大	23株長葉片 2株有枯萎 色黃	3株有褐斑歪倒 色黃向光性不明顯	24株長葉片 1枯萎8長斑 莖彎無向光性
對照組	24/30	25/30	23 株 抽 高 色 黃 綠	24株抽高且 長葉片 1株有褐斑	5株有褐斑 色黃綠向光性	25株長葉片 其中2株腐爛 7長斑向光性

(分數代表出芽率)

(四)甘藍

表十二

天數 水樣	1	2	4	6	10	13
十分瀑布	6/30	29/30	28株抽高	28株葉片色澤綠	植株長高向光性.色綠	25株高向光1只發芽
秀朗橋	6/30	24/30	28株抽高但較矮1爛	21株長葉片包綠.1株爛	植株長高葉片大.色較黃.向光	22株長向光向光短向光黃綠
關渡橋	3/30	3/30	23株抽高但較短.色較黃	23株葉片短小.莖彎曲	植株矮小：歪倒向光性不明顯	22株葉但矮曲較2不發芽性
對照組	4/30	26/30	26株抽高	26株長葉片色翠綠	植株長高向光性.色綠	29株高表現向翠綠腐爛

(分數代表出芽率)

(五)油菜

表十三

天數 水樣	1	2	4	10	13
十分瀑布	26/70	53/70	68/70	植株較高色黃綠	植株次高.葉片較小.翠綠.有向光性
秀朗橋	25/70	49/70	64/70	植株最高色黃綠	植株最高.葉片較大黃綠.有向光性
關渡橋	12/70	49/70	59/70	植株最矮色黃綠	植株彎曲.葉片較大.黃綠.弱向光性
對照組	30/70	50/70	67/70	植株較高色綠	植株次高.葉片較少.翠綠有向光性

(分數代表出芽率)

## 討論：

- 1.第一次採集的水樣，使用了許多細小的種子如：小白菜、甘藍等，在觀察及記錄上很不容易，所以第二次採集的水樣，我們選用外形較大的如：菜豆、綠豆、黑玉米等。
- 2.大致說來，極污染水中的種子發芽率及發芽速度，會比對照組略差，但無極明顯的差異，種子似乎只要有足夠的水份就可以發芽，惟污染水中的種子發霉、腐爛率較高。
- 3.長成的植株在外形上有極大的不同，污染水中長成的植株通常①根較細長、固著力差②莖短且彎曲較無法直立，因此③較無法表現向光性④葉片較黃，由此可見，污染水中的毒性物質確實會影響植物葉綠素、生長激素及其他細

胞內成分的合成與代謝。

## 五、綜合結論與文獻探討

- (一)本研究獲得環保署、生技中心、北市衛工處等單位之學者專家們的專業知識及技術指導，在此感謝他們的支援。
- (二)本研究中水樣之取得，係將淡水河分上、中、下游三段，各選二點隨機採集，採水範圍廣泛，水樣較具客觀性及代表性；而探討污水對生物之生長發育及活動的影響時，廣泛選用多種動、植物，且「實驗組」與「對照組」間除「水樣」為可操縱變因外，其餘主、客觀條件，均儘量控制固定，因而所獲致結果應較客觀且具再現性。
- (三)近年來，台灣人口的增加及集中，大量生活廢水的排放，使淡水河陷入完全無法自淨的窘境，從本研究中我們確實得知污染水源對動、植物均可能造成立即或慢性的不良影響，難怪歷年來綠牡蠣、錫米、紅潮西施舌等公害事件也就層出不窮。污染的河川近則直接影響沿岸的生態環境，河水入海後，其間的垃圾及毒性物質隨著潮汐、洋流逐漸遠播，造成海域的污染，一些不易分解的毒性物質，長久留在食物鏈中，使得位於食物鏈頂端的人類及動物體內，毒性物質越積越多，而其間製造污染、扼殺生態的禍首正是萬物之靈的人類。台灣四周環海，海洋環境品質對台灣地區是相當重要的，因此我們應即時覺醒，努力做好河川污染防治，解決台灣本土生態失衡的窘境，進而能充分利用海域資源，促進海洋活動，身為地球村的一份子，對全球水域的生態保育也應有「世界觀」的遠見和胸懷。

## 六、建議

為徹底解決淡水河系的水污染，我們覺得政府及一般百姓應努力的方向有：1.加強河川地管理；2.加速興建都市污水下水道，將家庭污水及工業廢水二大河川污染源，全面納入污水下水道；3.對垃圾滲透水施以截流處理；4.河道定期疏通整理；5.社會大眾對垃圾水肥、廢土、有毒物質等污染物應妥為處理；6.我們小學生可以做到的，包括①不任意到溪流邊烤肉、嬉戲，製造油污垃圾棄置河中②上自然課時，使用完的化學藥品溶液不任意排放而集中處理③與家人一同努力，儘量減少使用清潔劑，而使用如黃豆水、洗米水等代用品。相信在舉國上下一致的努力與共識下，使淡水河流水淙淙，台灣近海重現碧波萬頃，應是指日可待的。

## 七、參考資料

- (一)兒童環保圖書（海洋污染） 智茂文化事業出版
- (二)環保特別專輯 行政院環保署出版
- (三)讓濁流再澄清（談水污染防治） 幼獅文化事業出版
- (四)水樣急毒性試驗方法（水蚤靜水式法） 生技中心提供
- (五)水樣急毒性試驗方法（羅漢魚靜水式法） 環保署提供
- (六)台灣河川底棲生物手冊（水棲昆蟲） 行政院環保署環境檢驗所印行
- (七)台灣河川污染生物指標（底棲小動物類） 行政院環保署環境檢驗所印行
- (八)淡水河系水污染調查討論報告（台北市政府工務局衛生下水道工程處出版）

## 評 語

- 1.以動物及植物當實驗材料來顯示污水對生物之影響，表現方式正確。
- 2.能以實際之調查及實驗方式，來瞭解居住環境中河川污染之程度及為害程度，對於環境保護能更深一層之瞭解，實驗動機正確。
- 3.對於實驗材料之準備工作頗能掌握，使實驗進行順利，結論可為大眾接受。