

重金屬、氰化物及氟化物對泥鰍、香魚之急性毒試驗

林天生·湯弘吉

Studies on Acute Toxicities of Heavy Metals, Cyanide, and Fluoride to *Misgurnus anguillicaudatus* and *Plecoglossus altivelis*

Tain-sheng Lin and Hung-Chi Tang

Acute toxicities of the following reagent was examined: eight heavy metals, and two cyanide, and two fluoride. The studies are test with Loaches (*Misgurnus anguillicaudatus*) and Ayu (*Plecoglossus altivelis*).

The results were as follows:

1. Acute toxicities of eight heavy metals to the Loaches have the descending order: Copper > Mercury > Arsenic > Zinc > Iron > Cadmium > Chromium > Lead. Like wise, metal toxicities to the Ayu have the descending order: Copper > Mercury > Zinc > Arsenic > Cadmium > Iron > Chromium > Lead. The TL_{m48} of Copper on Loaches and Ayu was 0.204ppm and 0.102ppm, respectively.
2. Acute toxicities of cyanide and fluoride to the Loaches and Ayu have the descending order: kaliumcyanid > Natriumcyanid > Kaliumfluorid > Natriumfluorid. The TL_{m48} of Kaliumcyanid on Loaches and Ayu was 2.949ppm and 0.04ppm, respectively.

前 言

近年來由於工業的快速成長，工廠廢水排放量大為增加，尤其在廢酸的排放中常含有大量重金屬⁽²⁾，以及在河川地燃燒廢五金，導致生態環境的污染問題日趨嚴重。污染物可直接由飲水或間接由食物進入人體，造成生理上的障礙或中毒，如鎘中毒之痛痛病⁽⁴⁾⁽⁶⁾。重金屬及化學鹽類的污染為目前環境保護及生態保育工作極為重要問題。為了維護國民健康，確保生態資源，建立水產用水水質基準已是刻不容緩的課題。本試驗係探討泥鰍、香魚對重金屬、氰化物、氟化物之毒性忍受，以供制定水質基準之參考。

材料與方法

一本試驗使用之泥鰍為真泥鰍 (*Misgurnus anguillicaudatus*) 平均體長 4 ~ 5.5 公分；香魚 (*Plecoglossus altivelis*) 平均體長 3.9 ~ 4.7 公分。試驗前先在實驗室蓄養一星期以上。試驗開始前之四天內，其死亡率在 10 % 以內，每天投餌及換水，然後選取活力正常者，於試驗前一天停

止投餌。

二本試驗選用八種重金屬及氰化物、氟化物分別為汞(Hg)、銅(Cu)、砷(As)、鎘(Cd)、鋅(Zn)、鐵(Fe)、鉛(Pb)、鉻(Cr)、氰化鉀(KCN)、氰化鈉(NaCN)、氟化鉀(KF)、氟化鈉(NaF)，各以 HgCl_2 、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 As_2O_3 、 $\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 PbCl_2 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、KCN、NaCN、KF、NaF來配製原液。

原液之配製如下：

(一)汞：取 HgCl_2 1.3534 g於燒杯內，加蒸餾水溶解後，稀釋至1ℓ配成1000 ppm之原液。

(二)銅：取 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 3.9270 g於燒杯內，加蒸餾水溶解後，稀釋至1ℓ配成1000 ppm之原液。

(三)砷：取 As_2O_3 2.6406 g於燒杯內，加1% NaOH 20 ml及蒸餾水溶解後，稀釋至2ℓ配成1000 ppm之原液。

(四)鎘：取 $\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 3.5817 g於燒杯內，加蒸餾水溶解後，稀釋至2ℓ配成1000 ppm之原液。

(五)鋅：取 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 8.7910 g於燒杯內，加蒸餾水溶解後，稀釋至2ℓ配成1000 ppm之原液。

(六)鐵：取 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 9.6763 g於燒杯內，加蒸餾水溶解後，稀釋至2ℓ配成1000 ppm之原液。

(七)鉛：取 PbCl_2 3.0265 g於燒杯內，加蒸餾水及加溫溶解後，稀釋至2ℓ配成1000 ppm之原液。

(八)鉻：取 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 5.6575 g於燒杯內，加蒸餾水溶解後，稀釋至2ℓ配成1000 ppm之原液。

(九)氰化鉀、氰化鈉、氟化鉀、氟化鈉於每一燒杯內各加2 g，以蒸餾水溶解並稀釋至2ℓ配成1000 ppm之原液。

三試驗前測定每一溶液之pH值，如果不在6.0~8.0之範圍內，以1N HCl或1% NaOH調整。

四預備試驗：使用2ℓ的燒杯，取不同濃度之一種溶液放入燒杯內，再放入2尾之泥鰍或香魚，求取約略的上下限，即100%的致死濃度與下限，即100%的生存濃度。

五半致死試驗：由預備試驗的結果，約略推知泥鰍、香魚對重金屬、氰化物及氟化物等容忍度上下限，於20ℓ的試驗槽內，按固定比率稀釋成各種不同濃度，以尋求其半致死濃度(TLm)。

六試驗期間不換水、不投餌，隨時觀察魚中毒情形，並以玻璃棒觸及魚體，若無反應則認定死亡、撈起，記錄24小時、48小時魚死亡數目，計算TLm。

結 果

一、本試驗使用之八種重金屬對泥鰍之毒性試驗，其不同濃度之24、48小時致死濃度如表1~8。經求出其24、48小時之TLm如表9。TLm 24值：銅=0.446 ppm、汞=0.997 ppm、砷=23.983 ppm、鋅=46.035 ppm、鐵=68.966 ppm、鎘=76.118 ppm、鉻=243.409 ppm、鉛=342.42 ppm。TLm 48值：銅=0.204 ppm、汞=0.813 ppm、砷=21.964 ppm、鋅=43.886 ppm、鐵=67.250 ppm、鎘=71.297 ppm、鉻=228.296 ppm、鉛=338.420 ppm。TLm數值愈小者，表示該重金屬對試驗魚之毒性愈大。在使用之八種重金屬，對泥鰍之毒性依次為銅>汞>砷>鋅>鐵>鎘>鉻>鉛，以銅之毒性最強，預備試驗於濃度3.0 ppm時，放入3小時半後即全部死亡。

二、八種重金屬對香魚之毒性試驗，其不同濃度之24、48小時致死濃度如表10~17。經求出其24

表1 銅對泥鰍之毒性

Table 1 The toxicity of Copper to Loaches.

| Conc. of Cu | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 0.127ppm | 10 | 10 | 8 |
| 0.255ppm | 10 | 8 | 3 |
| 0.510ppm | 10 | 4 | 1 |
| 0.765ppm | 10 | 3 | 1 |
| 1.020ppm | 10 | 1 | 0 |

表2 汞對泥鰍之毒性

Table 2 The toxicity of Mercury to Loaches.

| Conc. of Hg | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 0.813ppm | 10 | 8 | 5 |
| 0.960ppm | 10 | 6 | 2 |
| 1.108ppm | 10 | 2 | 0 |
| 1.256ppm | 10 | 1 | 0 |
| 1.403ppm | 10 | 1 | 0 |

表3 砷對泥鰍之毒性

Table 3 The toxicity of Arsenic to Loaches.

| Conc. of As | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 18.934ppm | 10 | 10 | 10 |
| 21.964ppm | 10 | 7 | 5 |
| 24.993ppm | 10 | 4 | 3 |
| 28.023ppm | 10 | 2 | 1 |
| 31.053ppm | 10 | 1 | 0 |

表 4 鋅對泥鰍之毒性

Table 4 The toxicity of Zinc to Loaches.

| Conc. of Zn | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 40.868ppm | 10 | 10 | 9 |
| 43.134ppm | 10 | 10 | 6 |
| 45.400ppm | 10 | 9 | 3 |
| 47.665ppm | 10 | 1 | 0 |
| 49.930ppm | 10 | 1 | 0 |

表 5 鐵對泥鰍之毒性

Table 5 The toxicity of Iron to Loaches.

| Conc. of Fe | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 61.759ppm | 10 | 10 | 10 |
| 63.819ppm | 10 | 10 | 10 |
| 65.878ppm | 10 | 10 | 7 |
| 67.936ppm | 10 | 8 | 4 |
| 69.995ppm | 10 | 2 | 0 |

表 6 鎘對泥鰍之毒性

Table 6 The toxicity of Cadmium to Loaches.

| Conc. of Cd | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 61.282ppm | 10 | 10 | 10 |
| 66.847ppm | 10 | 9 | 9 |
| 72.410ppm | 10 | 7 | 4 |
| 77.972ppm | 10 | 4 | 2 |
| 83.533ppm | 10 | 0 | 0 |

表7 鉻對泥鰍之毒性

Table 7 The toxicity of Chromium to Loaches.

| Conc. of Cr | No. of test fish | No. of survival | |
|-------------|------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 228.296ppm | 10 | 6 | 5 |
| 238.761ppm | 10 | 6 | 4 |
| 252.705ppm | 10 | 3 | 2 |
| 266.744ppm | 10 | 3 | 1 |
| 280.562ppm | 10 | 3 | 1 |

表8 鉛對泥鰍之毒性

Table 8 The toxicity of Lead to Loaches.

| Conc. of Pb | No. of test fish | No. of survival | |
|-------------|------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 330.410ppm | 10 | 10 | 7 |
| 336.417ppm | 10 | 8 | 6 |
| 342.425ppm | 10 | 5 | 3 |
| 348.432ppm | 10 | 1 | 0 |
| 354.440ppm | 10 | 1 | 0 |

表9 泥鰍、香魚對重金屬半致死濃度

Table 9 TLm of Loaches and Ayu of Metals.

| 濃度 (ppm) 離子 | 魚種 | | | |
|----------------|---------|---------|---------|---------|
| | 泥鰍 | 鰍 | 香魚 | 魚 |
| | 24 | 48 | 24 | 48 |
| Cu | 0.446 | 0.204 | 0.136 | 0.102 |
| Hg | 0.997 | 0.813 | 0.185 | 0.148 |
| As | 23.983 | 21.964 | 18.906 | 13.230 |
| Zn | 46.035 | 43.886 | 4.545 | 4.091 |
| Fe | 68.966 | 67.250 | 39.916 | 38.901 |
| Cd | 76.118 | 71.297 | 16.031 | 13.943 |
| Cr | 243.409 | 228.296 | 93.606 | 91.273 |
| Pb | 342.425 | 338.420 | 251.741 | 251.741 |

表 10 銅對香魚之毒性

Table 10 The toxicity of Copper to Ayu.

| Conc. of Cu | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 0.102ppm | 10 | 7 | 5 |
| 0.153ppm | 10 | 4 | 3 |
| 0.204ppm | 10 | 1 | 0 |
| 0.255ppm | 10 | 1 | 0 |
| 0.306ppm | 10 | 0 | 0 |

表 11 汞對香魚之毒性

Table 11 The toxicity of Mercury to Ayu.

| Conc. of Hg | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 0.148ppm | 10 | 7 | 5 |
| 0.185ppm | 10 | 5 | 4 |
| 0.220ppm | 10 | 4 | 2 |
| 0.259ppm | 10 | 0 | 0 |
| 0.296ppm | 10 | 0 | 0 |

表 12 砷對香魚之毒性

Table 12 The toxicity of Arsenic to Ayu.

| Conc. of As | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 11.341ppm | 10 | 6 | 6 |
| 15.118ppm | 10 | 6 | 4 |
| 18.906ppm | 10 | 5 | 2 |
| 22.687ppm | 10 | 2 | 1 |
| 26.462ppm | 10 | 0 | 0 |

表 13 鋅對香魚之毒性
Table 13 The toxicity of Zinc to Ayu.

| Conc. of Zn | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 3.637ppm | 10 | 8 | 6 |
| 4.091ppm | 10 | 6 | 5 |
| 4.545ppm | 10 | 5 | 2 |
| 4.999ppm | 10 | 3 | 0 |
| 5.453ppm | 10 | 3 | 0 |

表 14 鐵對香魚之毒性
Table 14 The toxicity of Iron to Ayu.

| Conc. of Fe | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 36.872ppm | 10 | 10 | 8 |
| 37.888ppm | 10 | 7 | 6 |
| 38.901ppm | 10 | 7 | 5 |
| 39.916ppm | 10 | 5 | 4 |
| 40.929ppm | 10 | 2 | 2 |

表 15 鎘對香魚之毒性
Table 15 The toxicity of Cadmium to Ayu.

| Conc. of Cd | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 13.943ppm | 10 | 7 | 5 |
| 14.777ppm | 10 | 6 | 2 |
| 15.613ppm | 10 | 6 | 2 |
| 16.449ppm | 10 | 4 | 1 |
| 17.283ppm | 10 | 4 | 1 |

表 16 鉻對香魚之毒性

Table 16 The toxicity of Chromium to Ayu.

| Conc. of Cr | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 91.273ppm | 10 | 7 | 5 |
| 94.772ppm | 10 | 4 | 4 |
| 98.270ppm | 10 | 3 | 2 |
| 101.766ppm | 10 | 2 | 2 |
| 105.263ppm | 10 | 2 | 2 |

表 17 鉛對香魚之毒性

Table 17 The toxicity of Lead to Ayu.

| Conc. of Pb | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 203.329ppm | 10 | 10 | 10 |
| 227.651ppm | 10 | 8 | 8 |
| 239.724ppm | 10 | 6 | 6 |
| 251.741ppm | 10 | 5 | 5 |
| 263.699ppm | 10 | 4 | 3 |

、48小時之TLm如表9。TLm 24值：銅=0.136 ppm、汞=0.185 ppm、砷=18.906 ppm、鋅=4.545 ppm、鐵=39.916 ppm、鎳=16.031 ppm、鉻=93.606 ppm、鉛=251.741 ppm。TLm 48值：銅=0.102 ppm、汞=0.148 ppm、砷=13.230 ppm、鋅=4.091 ppm、鐵=38.901 ppm、鎳=13.943 ppm、鉻=91.273 ppm、鉛=251.741 ppm。其對香魚之毒性為銅>汞>鋅>砷>鎳>鐵>鉻>鉛。八種重金屬之毒性亦以銅之毒性最強，預備試驗於濃度2.0 ppm時，放入2小時後即全部死亡。

三氟化物、氟化物對泥鰍之毒性試驗：其不同濃度之24、48小時致死濃度如表18~21。經求出其24、48小時之TLm如表22。TLm 24值：氰化鉀=3.099 ppm、氰化鈉=3.624 ppm、氟化鉀=516.065 ppm、氟化鈉=594.236 ppm。TLm 48值：氰化鉀=2.949 ppm、氰化鈉=3.124 ppm、氟化鉀=489.762 ppm、氟化鈉=571.338 ppm。其對泥鰍之毒性為氰化鉀>氰化鈉>氟化鉀>氟化鈉。以氰化鉀毒性最強，預備試驗於濃度10 ppm時，放入5小時即全部死亡。

四氟化物、氟化物對香魚之毒性試驗：其不同濃度之24、48小時致死濃度如表23~26。經求出其24、48小時之TLm如表22。TLm 24值：氰化鉀=0.05 ppm、氰化鈉=0.40 ppm、氟化鉀=396.962 ppm、氟化鈉=394.811 ppm。TLm 48值：氰化鉀=0.04 ppm、氰化鈉=0.282 ppm、氟化鉀=387.350 ppm、氟化鈉=391.584 ppm。其對香魚之毒性為氰化鉀>氰化鈉>氟化鉀>氟化鈉。亦以氰化鉀毒性最強，預備試驗於濃度2 ppm時，放入半小時即全部死亡。

表 18 氰化鉀對泥鰍之毒性
Table 18 The toxicity of Kaliumcyanid to Loaches.

| Conc. of KCN | No. of test fish | No. of survival | |
|--------------|------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 2.499ppm | 10 | 9 | 8 |
| 2.799ppm | 10 | 8 | 6 |
| 3.099ppm | 10 | 5 | 4 |
| 3.399ppm | 10 | 2 | 0 |
| 3.699ppm | 10 | 0 | 0 |

表 19 氰化鈉對泥鰍之毒性
Table 19 The toxicity of Natriumcyanid to Loaches.

| Conc. of NaCN | No. of test fish | No. of survival | |
|---------------|------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 2.999ppm | 10 | 9 | 6 |
| 3.499ppm | 10 | 6 | 2 |
| 3.998ppm | 10 | 2 | 0 |
| 4.498ppm | 10 | 0 | 0 |
| 4.998ppm | 10 | 0 | 0 |

表 20 氟化鉀對泥鰍之毒性
Table 20 The toxicity of Kaliumfluorid to Loaches.

| Conc. of KF | No. of test fish | No. of survival | |
|-------------|------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 486.473ppm | 10 | 10 | 6 |
| 496.340ppm | 10 | 8 | 3 |
| 506.203ppm | 10 | 6 | 0 |
| 516.065ppm | 10 | 5 | 0 |
| 525.924ppm | 10 | 3 | 0 |

表 21 氟化鈉對泥鰍之毒性

Table 21 The toxicity of Natriumfluorid to Loaches.

| Conc. of NaF | No. of test fish | No. of survival | |
|--------------|------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 554.972ppm | 10 | 10 | 8 |
| 564.793ppm | 10 | 10 | 7 |
| 574.610ppm | 10 | 8 | 4 |
| 584.425ppm | 10 | 6 | 2 |
| 594.236ppm | 10 | 5 | 1 |

表 22 泥鰍、香魚對氰化物、氟化物半致死濃度

Table 22 TLm of Loaches and Ayu of Cyanide and Fluoride.

| 濃度 (ppm) 離子 | 魚種 小時 | 泥 | 鰍 | 香 | 魚 |
|----------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| | | 24 | 48 | 24 | 48 |
| KCN | | 3.099 | 2.949 | 0.050 | 0.040 |
| NaCN | | 3.624 | 3.124 | 0.400 | 0.282 |
| KF | | 516.065 | 489.762 | 396.962 | 387.350 |
| NaF | | 594.236 | 571.338 | 394.811 | 391.584 |

表 23 氰化鉀對香魚之毒性

Table 23 The toxicity of Kaliumcyanid to Ayu.

| Conc. of KCN | No. of test fish | No. of survival | |
|--------------|------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 0.04ppm | 10 | 6 | 5 |
| 0.06ppm | 10 | 4 | 3 |
| 0.08ppm | 10 | 4 | 2 |
| 0.10ppm | 10 | 3 | 0 |
| 0.12ppm | 10 | 0 | 0 |

表 24 氰化鈉對香魚之毒性

Table 24 The toxicity of Natriumcyanid to Ayu.

| Conc. of NaCN | No. of test fish | No. of survival | |
|------------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 0.099p pm | 10 | 10 | 10 |
| 0.199p pm | 10 | 10 | 10 |
| 0.299p pm | 10 | 7 | 4 |
| 0.399p pm | 10 | 5 | 1 |
| 0.499p pm | 10 | 3 | 0 |

表 25 氟化鉀對香魚之毒性

Table 25 The toxicity of Kaliumfluorid to Ayu.

| Conc. of KF | No. of test fish | No. of survival | |
|----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 382.540p pm | 10 | 10 | 8 |
| 387.350p pm | 10 | 8 | 5 |
| 392.157p pm | 10 | 7 | 4 |
| 396.962p pm | 10 | 5 | 3 |
| 401.764p pm | 10 | 2 | 1 |

表 26 氟化鈉對香魚之毒性

Table 26 The toxicity of Natriumfluorid to Ayu.

| Conc. of NaF | No. of test fish | No. of survival | |
|-----------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | 24hrs | 48hrs |
| 372.184p pm | 10 | 10 | 10 |
| 381.885p pm | 10 | 8 | 7 |
| 391.581p pm | 10 | 6 | 5 |
| 401.272p pm | 10 | 3 | 1 |
| 410.959p pm | 10 | 2 | 0 |

討 論

本次使用之八種重金屬對泥鰍、香魚之毒性試驗，皆以銅毒性最強，汞則次之，而鉻、鉛毒性最弱。鋅、砷、鎘、鐵之毒性高低順序，則依試驗魚種之不同而有所差異。氰化物在一般違法毒魚中經常被使用，試驗結果氰化鉀對香魚之 TLm 48 為 0.04 ppm，顯示其對魚類具有很強的毒性，試驗魚放入 2 ppm 濃度之溶液中，隨即產生急遽狂游，鰓部不斷發生收縮之現象，半小時內鰓部發白而死亡。

重金屬對於水產生物之毒害機制為與生物體內之蛋白質或鰓部之黏液結合，一般認為其毒性是抑制酵素之活性，干擾代謝之正常運作，使氣體交換功能喪失，呼吸作用受阻以致缺氧而死⁽¹⁾。一般重金屬之毒性大小隨著水中環境因子如水溫、pH、硬度而改變⁽³⁾。本次試驗水的硬度約達 215 ppm CaCO₃，所使用的重金屬中以鉛毒性最小，從觀察中發現溶液加入試驗水中，極易產生白色沉澱物，這可能因鉛易與 OH⁻ 離子結合，而影響水中鉛離子濃度的準確性。氰化物對香魚、泥鰍之 TLm 48 高達 391.584 ppm 及 571.338 ppm，其共同特點亦為極易產生白色沉澱物。

本次試驗結果，可以 Anonymous⁽⁶⁾ 之方法，將試驗魚所得 48 小時 TLm 乘以安全系數 0.1，可估計這些具毒性物質在水中之安全濃度。此數值可作為其對魚類是否構成危害之參考。

摘 要

1. 八種重金屬對泥鰍之毒性大小依次為銅 > 汞 > 砷 > 鋅 > 鐵 > 鎘 > 鉻 > 鉛。而銅之 TLm 48 = 0.204 ppm。
2. 八種重金屬對香魚之毒性大小依次為銅 > 汞 > 鋅 > 砷 > 鎘 > 鐵 > 鉻 > 鉛。而銅之 TLm 48 = 0.102 ppm。
3. 氰化物、氰化物對泥鰍之毒性大小依次為氰化鉀 > 氰化鈉 > 氰化鉀 > 氰化鈉。而氰化鉀之 TLm 48 = 2.949 ppm。
4. 氰化物、氰化物對香魚之毒性大小依次為氰化鉀 > 氰化鈉 > 氰化鉀 > 氰化鈉。而氰化鉀之 TLm 48 = 0.04 ppm。

謝 辭

本試驗之完成，承蒙本分所全體同仁之鼎力協助，謹此致謝。

參考文獻

1. 周賢鏞、江章、丁雲源 (1985)。重金屬對於草蝦幼苗急速毒性之研究。台灣省水產試驗所試驗報告, 38, 181 - 188.
2. 陳弘成、謝明慧 (1979)。重金屬對於蝦類急速毒性之研究。中國水產, 36, 3 - 7.
3. 陳建初、莊世彪、洪文慶 (1980)。重金屬對於淡水水生動物之半致死影響。中國水產, 325, 5 - 8.
4. 鄭森雄、許鐘榮 (1977)。水侯病科學月刊, 8 (13), 37 - 42.
5. Anonymous A. L. (1955). Aquatic life water quality criteria, first progress report | Sewage and Industrial wastes, 27, 1.
6. Hammond A. L. (1971). Mercury in the environment: natural and human factors, Science, 171, 788 - 789.