

重金屬毒性對草魚鯉魚的半致死濃度

白隆慧·黃連泰

The Toxicity study of Heavy Metals on Sublethal Effect of Grass carp and Common carp

Lung-hui Pai and Lien-tai Huang

1. The sublethal effects of toxic chemicals on aquatic animals may be represented as median tolerance limit (TLM). To common carp, the toxicities of six heavy metals have the descending order: Zinc > Aluminum > Arsenic > Nickel > Iron > Tin. As to the grass carp, the toxicities of six heavy metals have the descending order: Arsenic > Aluminum > Zinc > Nickel > Iron > Tin.
2. The toxicity of heavy metal is related to pH and hardness. Different pH and hardness, heavy metals would exhibit different toxicity.
3. The gill of treated fish would turn pale, when the concentration of heavy metals is high.
4. The toxicity of Zinc to common carp and to grass carp is 63 times and 8 times as high as Tin, respectively.

前 言

近年來由於工業發展迅速，重金屬使用量亦相對地增多，而含有重金屬之工廠廢水大量地任意排出，再加上家庭污水、垃圾、人畜排泄物等等，使得環境的污染問題日趨嚴重。這些廢水流入河川、湖泊及養殖池中，不但造成魚貝類的大量死亡⁽¹⁾、時有所聞之漁業糾紛，而且有些重金屬亦可經由食物鏈而累積在人體內，當累積一定程度後引起中毒之現象產生。如在日本因汞所引起之水俣病、鎘所引起之痛痛病⁽²⁾，在本省地下水中含砷，經長期飲用有烏腳病之病例發生。本研究之主要目的即在探討砷、鋅等重金屬之毒性，並據以訂定各種重金屬在水中之最大容忍量，以舒緩環境生態污染，確保養殖業者之權益及維護人體之健康。

材料與方法

一、取本分所自行繁殖的鯉魚 (*Cyprinus carpio*) 平均體長在 6.2~7.0 cm、草魚 (*Tenopharyngodon idellus*) 平均體長在 5.0~6.0 cm 為試驗用魚。試驗前先在水族箱內蓄養一星期，每天投餌及換水，然後從中選擇活力佳者，在試驗前一天停止投餌。

二、本試驗選砷、鋅、錫、鋁、鎳、鐵等重金屬以 As_2O_3 、 $ZnSO_4$ 、 $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ 、 $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ 、 $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ 、 $FeCl_3$ 來配原液。

原液之配法如下：

(一) 砷：取 As_2O_3 2.6406 g 於燒杯，加 1% NaOH 20 ml 溶解後加蒸餾水至 2 l，配成 1000 ppm 之原液。

(二) 鋅：取 $ZnSO_4 \cdot 4.9385$ 於燒杯內，加蒸餾水溶解後稀釋至 2ℓ 配成 1,000 ppm 之原液。

(三) 錫：取 $SnCl_2 \cdot 2H_2O 3.8020$ g 於燒杯內，加蒸餾水溶解後，稀釋至 2ℓ 配成 1,000 ppm 之原液。

(四) 鋁：取 $AlCl_3 9.8770$ g 於燒杯內，加蒸餾水溶解後，稀釋至 2ℓ 配成 1,000 ppm 之原液。

(五) 鎳：取 $NiCl_2 \cdot 6H_2O 8.0988$ g 於燒杯內，加蒸餾水溶解後，稀釋至 2ℓ 配成 1,000 ppm 之原液。

(六) 鐵：取 $FeCl_3 5.8143$ g 於燒杯內，加蒸餾水溶解後，稀釋至 2ℓ 配成 1,000 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，以 1N HCl 及 1% NaOH 調整；並加以打氣，防止因缺氧而致死。

四預備試驗：使用 2ℓ 的燒杯，取不同濃度之一種重金屬溶液，放入燒杯內再將鯉魚、草魚各別放入，求取約略的上限即 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，可約略的推知鯉魚、草魚對該重金屬容忍度上下限，取上、下限的濃度於 20ℓ 的廣口圓筒狀玻璃缸內，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，隨時觀察魚中毒之情形，並以玻璃棒觸及魚體，若無反應則認定死亡。紀錄 24 小時、48 小時魚死亡的數目，依 Doudoff 及 Standard Method⁽⁴⁾ 求出 24 小時及 48 小時之 TLm。

結果與討論

本次試驗選用的六種重金屬對鯉魚、草魚之 24 小時、48 小時的 TLm (median tolerance limit) 值，如表一所示。TLm 數值愈小者，表示該重金屬對試驗魚之毒性愈大。而在表一以

表 1 鯉魚、草魚對重金屬半致死濃度
Table 1 TLm of Common carp & Grass carp on Heavy Metals

TLm (ppm)	魚 種 Kinds of fish 間 hr	鯉 魚 Common carp		草 魚 Grass carp	
		24 hr	48 hr	24 hr	48 hr
		子	離	子	離
Iron					
As		58	56	29	28
Zn		2.9	2.7	53	52
Sn		184	182	226	220
Al		40	38	43	39
Ni		78	77	68	65
Fe		85	84	138	137

Zn 之 TLm_{24} = 2.9 數值最小，而 Sn 之 TLm_{24} = 226 數值最大，因此我們可得知在此六種重金屬中以 Zn 所表現之毒性最強、Sn 之毒性最弱。在高濃度溶液中，中毒較深的鯉魚、草魚，先經過一陣的狂游後，靜止下來，體表黏液有脫落現象；而較低之濃度的魚苗，則還是很活潑，在外表上似乎看不出有影響。一般重金屬之毒性大小隨著水中之環境因子如水溫、pH、硬度而改變⁽⁵⁾。由於鋁、錫

、鐵與 OH^- 離子易產生沈澱，而影響到水中金屬離子濃度之準確性，故不調整 pH 而直接將試驗魚置入配好之溶液中，其 pH 值在 4.5 ~ 5.5 之間，由於 pH 較大則毒性較小，pH 較小則毒性較大，所以在沒有調整 pH 之下，本試驗之結果 TLM (Al、Fe、Sn) 三種重金屬無法明瞭 pH 對 TLM 值之影響。在魏、劉 1982⁽⁶⁾之報告中指出 Al、Fe、Sn 當試液濃度達到 700 ppm 時，用 NaOH 調整 pH 到 6.0 時魚仍活著，活動力仍很強；另外 As、Zn、Ni 溶液之 pH 則在 6.0 ~ 8.0 之間。

硬度 (hardness) 亦影響重金屬在水中之毒性大小。在陳等報告中指出田端⁽⁷⁾曾用 1 cm 之鯉魚在 CdCl_2 溶液中做半致死試驗，發現當水之硬度在 25 ppm 時，其 TLM_{48} 為 2.0 ppm；水之硬度在 100 ppm 時，其 TLM_{48} 為 4.9 ppm，而在本次試驗水的硬度為 220 ppm CaCO_3 ，較陳等報告中試水之硬度為大，而我們所得之 TLM 值亦較大。

在本次選取的重金屬以錳之毒性最強，錫之毒性最小。我們可依 Anonymous⁽⁸⁾之方法，將試驗用魚所得到之 48 小時之 TLM 乘以安全係數 0.1，而可估計重金屬在水中之安全濃度，如表二所示。

表 2 重金屬在水中之安全濃度
Table 2 Safety Dose of Heavy Metals to Grass carp & Common carp

重金屬種類 Kinds of Heavy Metals	安全濃度 Safety Dose	
	草魚 Grass carp	鯉魚 Common carp
	As	2.8
Zn	5.2	0.27
Sn	22.0	18.2
Al	3.9	3.8
Ni	6.5	7.7
Fe	13.7	8.4

當水中之重金屬達到此一濃度時，即可能對養殖魚類產生急性毒之影響，此一數值可作為水中重金屬含量是否對魚類構成危害之參考。

重金屬為害水中生物，一般都認為其毒性會抑制酵素的活性，且重金屬會與生物體的蛋白質、酶、黏液等結合，破壞細胞正常之生理作用。在本試驗中，當試液濃度較高時，魚體之鰓部有變白之現象產生，引起死亡。這可能為鰓表皮組織先被破壞，阻礙氣體的交換，進而引起鰓部組織的壞死，功能喪失而死亡。

摘 要

本報告主要探討砷、鋅等六種金屬對鯉魚、草魚的半致死濃度試驗，結果摘述如下：

一、鯉魚 24 小時、48 小時的 TLM 值：As : $\text{TLM}_{24} = 58$ 、 $\text{TLM}_{48} = 56$ ，Zn : $\text{TLM}_{24} = 2.9$ 、 $\text{TLM}_{48} = 2.7$ ，Sn : $\text{TLM}_{24} = 184$ 、 $\text{TLM}_{48} = 182$ ，Al : $\text{TLM}_{24} = 40$ 、 $\text{TLM}_{48} = 38$ ，Ni : $\text{TLM}_{24} = 78$ 、 $\text{TLM}_{48} = 77$ ，Fe : $\text{TLM}_{24} = 85$ 、 $\text{TLM}_{48} = 84$ ，可知其毒性強弱順序為 $\text{Zn} > \text{Al} > \text{As} > \text{Ni} > \text{Fe} > \text{Sn}$ 。

二、草魚 24 小時、48 小時的 TLM 值：As : $\text{TLM}_{24} = 29$ 、 $\text{TLM}_{48} = 28$ ，Zn : $\text{TLM}_{24} = 53$ 、 TLM_{48}

= 220, Al : $TLm_{24} = 43$ 、 $TLm_{48} = 39$, Ni : $TLm_{24} = 68$ 、 $TLm_{48} = 65$, Fe : $TLm_{24} = 138$ 、 $TLm_{48} = 137$, 可知其毒性強弱之順序為 $As > Al > Zn > Ni > Fe > Sn$ 。

謝 辭

本試驗之順利完成，承蒙本分所全體同仁之熱心協助，謹此致謝。

參考文獻

1. 曾文陽 (1973). 台灣西南沿岸養殖貝類大量死亡原因，台灣省水產試驗所試驗報告，26.
2. 蔣萬福 (1984). 台北縣新店溪水質分析之研究，海洋彙刊，29，87 - 114.
3. Doudoroff etc (1951). Bioassay methods for the evaluation of acute toxicity of industrial wastes to fish sewage and Ind Wastes, 23, 1380 - 1397.
4. Rand, M. C., A. E. Greenberg and M. J. Taras. (1976). Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, fourteenth edition 685-731.
5. 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，pp 5 - 18.
6. 魏彰郁、劉嘉剛 (1982). 台灣省水產試驗所試驗報告，34，207 - 217.
7. 田端ら (1969). 東海水研報，58.
8. Anongmous (1955). Aquatic life water quality criteria, first progress report sewage and wastes, 27, 1.
9. 張金豐、陳弘成 (1980). 海洋污染物對鱒苗之毒性研究海洋彙刊，26，47 - 58.