

## 重金屬對黑鯛及黃鰭鯛之急速毒性試驗

陳萬生·丁雲源

### Acute Toxicity of Heavy Metals to *Acanthopagrus schlegli* and *Acanthopagrus berda*

Wan-Sheng Chen and Yun-Yuan Ting

This paper deals with the TLM (median tolerance limit) of several heavy metals such as zinc, cadmium, mercury, copper, iron, and lead for black sea bream and yellow fin sea bream.

Bioassays of acute toxicity for black sea bream were carried out at 26.5–29.5 °C and yellow finned sea bream at 22–24°C with seawater. The results are summarized as follows:

1. Higher concentration of heavy metals killed tested fish in a shorter period of time.
2. The toxicity of these heavy metals was in the order Hg > Cu > Cd > Zn > Fe > Pb.
3. The TLM values of black sea bream for each metal was 25–23.5ppm (Zn), 15–12ppm(Cd), 0.145–0.10ppm(Hg), 2.56–1.88ppm(Cu), 51.8–51.5ppm(Fe) and 207–198 ppm(Pb) in 24hr and 48hr.
4. The Tlm values of yellow fin sea bream for each metal was 19.8–18.0ppm(Zn), 10–3.9ppm(Cd), 0.30–0.17ppm(Hg), 1.46–1.36ppm(Cu), 82–77ppm(Fe), 182–178ppm (Pb) in 24hr and 48hr.
5. The time of toxic action of cadmium on tested fish was found to be longer than other metals.

**Key words:** Heavy metals, *Acanthopagrus schlegli*, *Acanthopagrus berda*, Acute toxicity.

### 前 言

環保意識抬頭的今天，污染問題已成爲社會重要的環節，近年來台灣之魚塢、湖泊及河川沿海養殖區，頻傳養殖魚蝦貝類大量死亡<sup>(3)(4)</sup>，造成漁民與廠方糾紛事件。工業廢水之污染不僅造成養殖業上鉅大損失，且嚴重破壞生物資源<sup>(5)(6)(7)</sup>，也給工業發展帶來莫大之阻礙。因此制訂工業廢水排放水質基準，實刻不容緩。

重金屬普遍存在於自然界中，其雖對生物生長過程之新陳代謝極其重要，但生物體對重金屬之需求極低，若環境水域中，重金屬含量過高，反而會對水生生物造成不良之影響<sup>(11)</sup>，嚴重時則導致生物體急速死亡。另一方面若生物體之重金屬累積過量，並經人類食用，而蓄積於人體內，而影響人類之健康。

鯛類是高經濟魚類，人工繁殖已告成功，並列為農業重要養殖魚類之一<sup>(9)</sup>，為保障漁業資源，維護漁民之權益與大眾之健康並配合政府為防患未來，先後訂定水污染防治法與工廠排水標準<sup>(1,2)</sup>，本試驗在探討鋅、鎘、汞、銅、鐵、鉛等常見污染物對黑鯛及黃鰭鯛之急速毒性，以建立鯛類之安全養殖用水，並供制訂水產用水水質基準及工業廢水排放之參考。

## 材料與方法

### 一、試驗生物：

黑鯛 (*Acanthopagrus schlegli*, Bloch 1854)，係本分所自行繁殖之魚苗，平均體長 $3.0 \pm 0.15$ cm，平均體重 $0.76 \pm 0.05$ g。

黃鰭鯛 (*Acanthopagrus berd*, Forsskal 1775)，係購自屏東林邊民間繁殖場，平均體長 $3.0 \text{ cm} \pm 0.13$ cm，平均體重 $0.81 \pm 0.076$ g。

### 二、試驗用藥：

(1)鋅 (Zn)：取 $\text{ZnSO}_4 \cdot 0.9385$ g於燒杯內，加蒸餾水50ml，溶解後稀釋至2l，配成1,000ppm之Zn原液。

(2)鎘 (Cd)：取 $\text{CdCl}_2 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} \cdot 0.063$ g於燒杯內，加蒸餾水，溶解後稀釋至2l配成1,000ppm之Cd原液。

(3)汞 (Hg)：取 $\text{HgCl}_2 \cdot 2.707$ g於燒杯內，加蒸餾水50ml及2NHCl10ml溶解後，稀釋至2l配成1,000ppm之Hg原液。

(4)銅 (Cu)：取 $\text{CuSO}_4 \cdot 5.0235$ g於燒杯內，加蒸餾水50ml及2NHCl10ml溶解後，稀釋至2l配成1,000ppm之Cu原液。

(5)鐵 (Fe)：取 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \cdot 0.968$ g於燒杯內，加蒸餾水溶解後，稀釋至2l配成1,000ppm之Fe原液。

(6)鉛 (Pb)：取 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3.196$ g於燒杯內，用200ml蒸餾水與3ml之濃硝酸，溶解後用蒸餾水，稀釋至2l配成1,000ppm之Pb原液。

### 三、試驗用水：

取自本分所沈澱池之海水，PH值8.2鹽度33 ‰，水溫在22°C-29°C之間。

### 四、試驗方法：

(1)預備試驗：使用25l之塑膠桶，注水10l，每種試驗各配成0.1ppm、0.3ppm、1ppm、3ppm、10ppm、30ppm、100ppm、300ppm等8種不同濃度，每桶放養10尾，於室溫下打氣，並記錄24小時、48小時、72小時之死亡數，待求得各種重金屬對黑鯛及黃鰭鯛之毒性約略上下限（百分之百之生存率與百分之百致死濃度）後，再進行正式試驗。

(3)半致死試驗：由預備試驗結果求得各種重金屬對黑鯛及黃鰭鯛之毒性約略上下限，再將各種試劑配成6種不同濃度，每桶亦放養10尾，試驗期間充份打氣，不更換水，在不影響水質下，投少許餌料以維持其基本生命力。試驗期間隨時觀察魚中毒情形，並以玻璃棒碰觸魚體，若無反應則認為死亡，即刻取出，以防試驗用水受污染，並記錄24小時、48小時、72小時，黑鯛及黃鰭鯛之死亡數目，根據Doudorff<sup>(12,13)</sup>及Standard method<sup>(14)</sup>，求出24小時、48小時之TLM。

## 結 果

中毒的黑鯛及黃鰭鯛有失去平衡及游泳能力減退，呼吸短促的情形，並浮於水面急驟游泳。平躺於桶底的魚，以玻璃棒觸之，若無反應，則判斷該魚已死亡。本試驗黑鯛在水溫26.5°C至29.5°C之間，黃鰭鯛在22°C至24°C之間，PH值在7.8-8.2間，塩度33 ‰下進行。6種重金屬對黑鯛及黃鰭鯛之毒性試驗，其死亡情形及TLM值如表1至表13。

(1) 鋅 (Zn)：黑鯛在15ppm以下之鋅金屬溶液中，經72小時沒有死亡，在20ppm溶液中經24小時及48小時分別死亡之1尾及2尾，在30ppm溶液中經24小時全數死亡，由圖一知其24小時、48小時之TLM分別為25ppm及23.5ppm。

黃鰭鯛在10ppm以下之鋅金屬溶液中經72小時沒有死亡，在30ppm溶液中經24小時亦僅存2尾，由圖七知，其24小時及48小時之TLM值分別為19.8ppm及18.0ppm。

(2) 鎘 (Cd)：黑鯛在1ppm以下之鎘金屬溶液中，經72小時沒有死亡，在5ppm溶液中經24小時死亡之2尾，經72小時死亡之5尾，在15ppm溶液中經24小時死亡之5尾，經72小時則僅存1尾，由圖二知，其24小時、48小時、72小時之TLM值分別為15ppm、12ppm及5ppm。

黃鰭鯛在鎘金屬溶液中經24小時之觀察，1ppm以上沒有死亡，10ppm死亡5尾，經48小時，3ppm死亡4尾；10ppm全部死亡，經72小時，1ppm死亡2尾，5ppm僅存2尾。由圖8知，其24小時、48小時、72小時之TLM值分別為10ppm、3.9ppm及2.38ppm。

(3) 汞 (Hg)：汞對黑鯛及黃鰭鯛之毒性甚強，在0.5ppm汞金屬溶液中，黑鯛及黃鰭鯛未經24小時，全部死亡，在0.3ppm溶液中經48小時黑鯛僅存1尾，黃鰭鯛死亡6尾，在0.1ppm溶液中經48小時，黑鯛死亡5尾，黃鰭鯛死亡4尾，由圖3知黑鯛之24小時、48小時之TLM值分別為0.145ppm及0.10ppm，圖9知黃鰭鯛之24小時、48小時之TLM值分別為0.30ppm及0.17ppm。

(4) 銅 (Cu)：銅對於黑鯛及黃鰭鯛之毒性僅次於汞，黑鯛在1.5ppm以下之銅金屬溶液中經48小時沒有死亡在3ppm溶液中經24小時則死亡6尾，由圖4知黑鯛之24小時、48小時之TLM值分別為2.56ppm及1.88ppm。黃鰭鯛在2ppm之銅金屬中，未經24小時則全部死亡，在1ppm溶液中經48小時僅死亡1尾，由圖10中，知其24小時、48小時之TLM值分別為1.64ppm及1.36ppm。

(5) 鐵 (Fe)：黑鯛在45ppm以下之鐵金屬溶液中經72小時沒有死亡，但在55ppm以下之鐵金屬溶液中，經30分鐘，全告死亡，由圖5知，其24小時、48小時之TLM值分別為51.8ppm及51.5ppm。

黃鰭鯛在50ppm以下之鐵金屬溶液中，經24小時均無死亡，在100ppm溶液中則全部死亡，在90ppm溶液中經48小時死亡8尾，由圖11知其24小時、48小時之TLM值分別為82ppm及77ppm。

(6) 鉛 (Pb)：鉛金屬溶液對於黑鯛及黃鰭鯛之毒性最小，黑鯛在170ppm鉛金屬溶液中經72小時，僅死亡1尾，在210ppm溶液中經24小時、48小時分別死亡之6尾及7尾，由圖6知其24小時、48小時之TLM值分別為207ppm及198ppm。

黃鰭鯛在130ppm以下之鉛金屬溶液中，經72小時均無死亡，在250ppm溶液中，經24小時全告死亡，由圖12知，其24小時、48小時之TLM值分別為182ppm及178ppm。

## 討 論

本試驗對黑鯛及黃鰭鯛之毒性試驗結果，濃度愈高，其毒性愈強，鋅、鎘、汞、銅、鐵、鉛等6

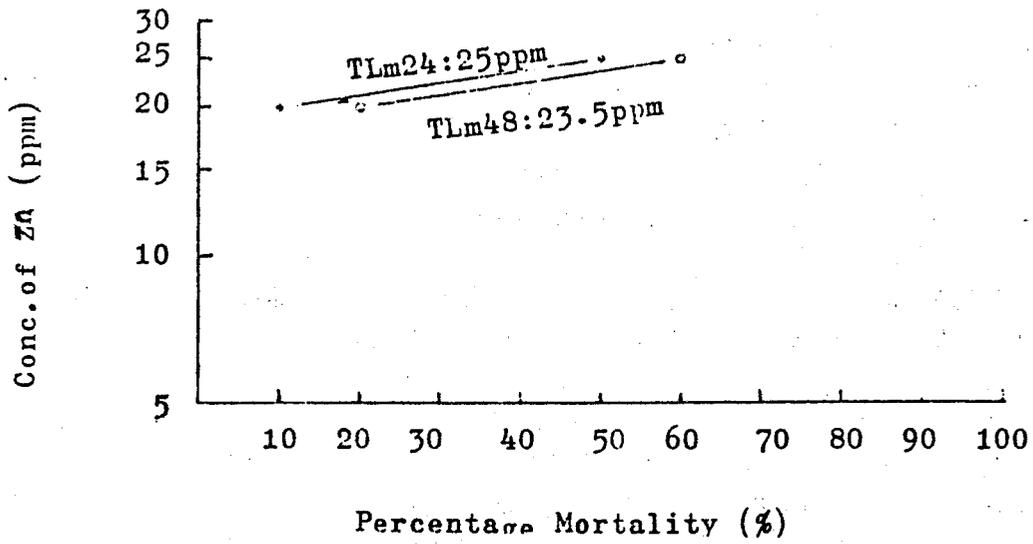


圖1 鋅對黑鯛之半致死濃度

Fig.1 The TLM of Zn to black sea bream

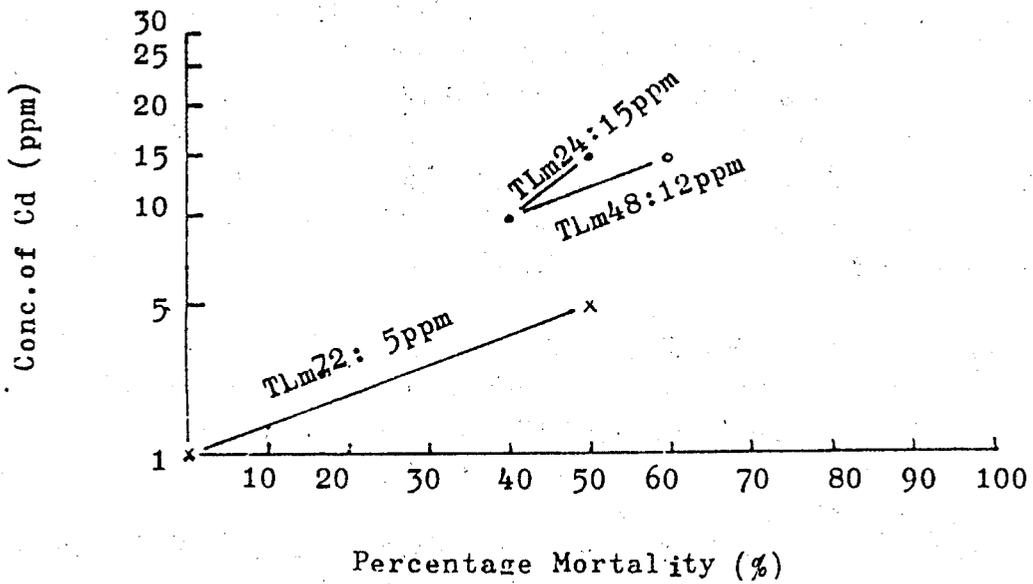


圖2 鎘對黑鯛之半致死濃度

Fig.2 The TLM of Cd to black sea bream

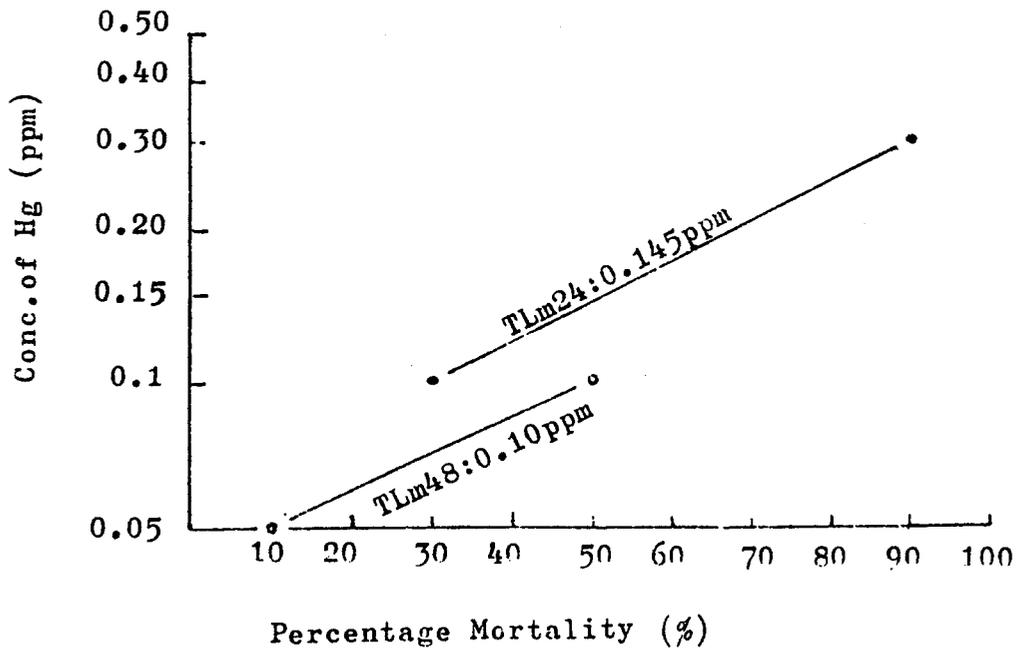


圖 3 汞對黑鯛之半致死濃度  
 Fig.3 The TLM of Hg to black sea bream

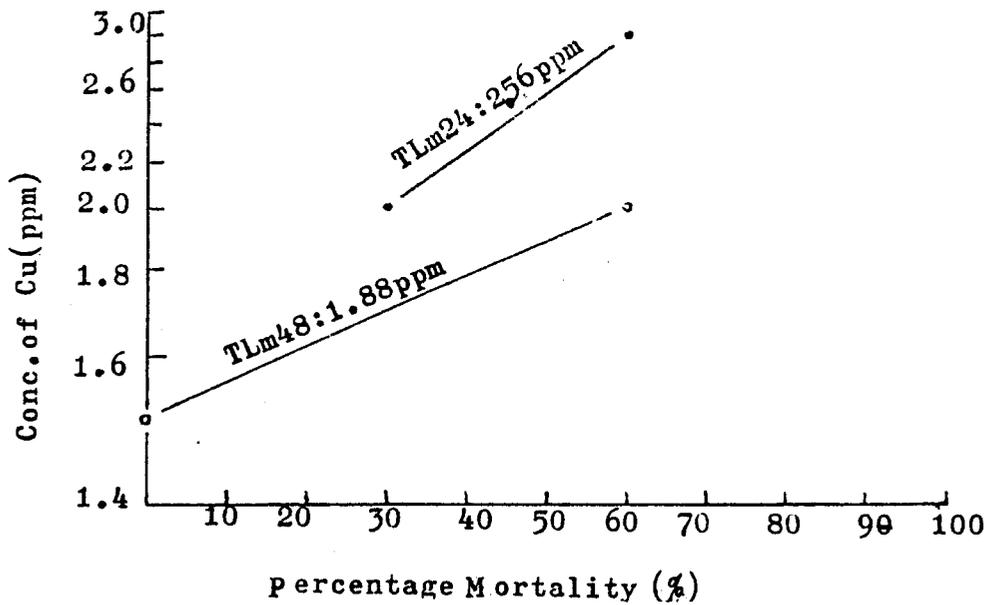


圖 4 銅對黑鯛之半致死濃度  
 Fig.4 The TLM of Cu to black sea bream

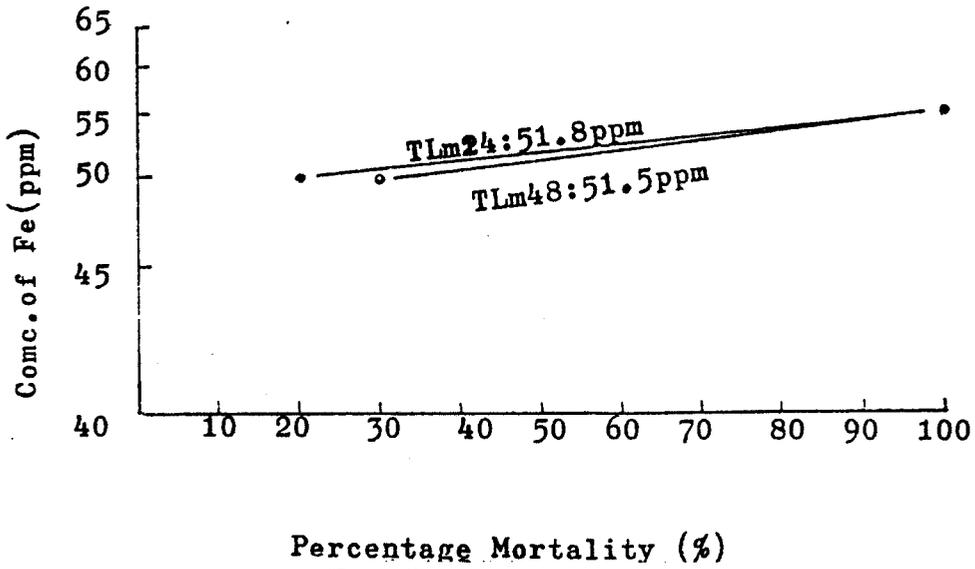


圖 5 鐵對黑鯛之半致死濃度  
Fig.5 The TLM of Fe to black sea bream

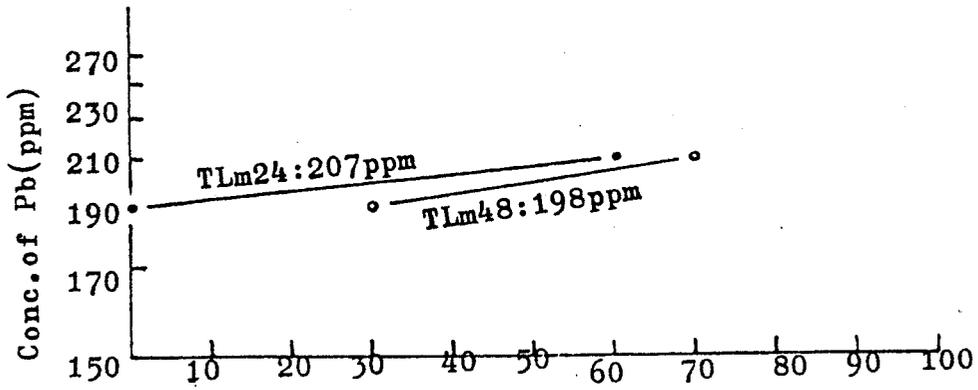
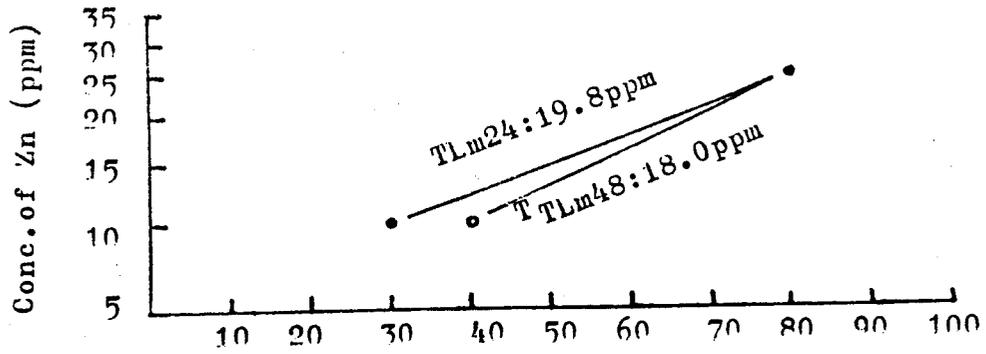


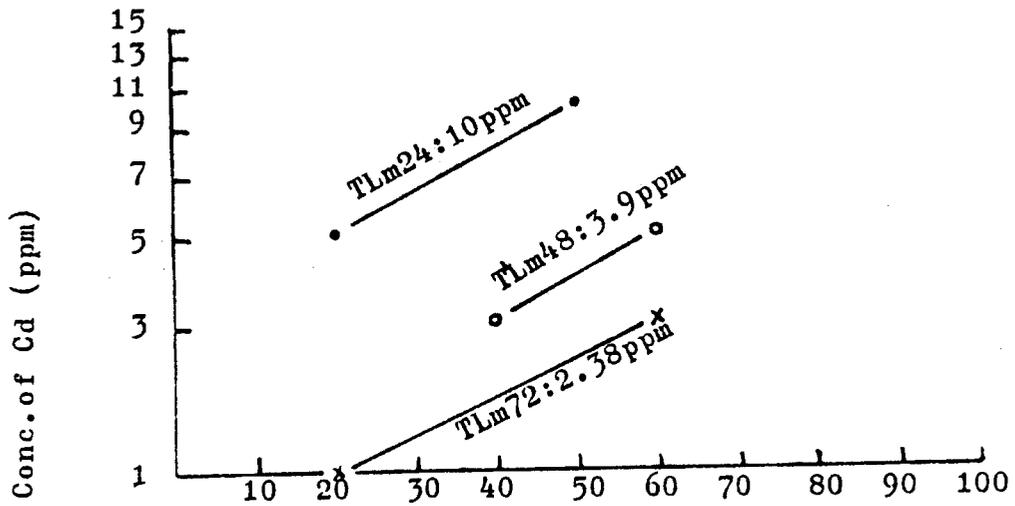
圖 6 鉛對黑鯛之半致死濃度  
Fig.6 The TLM of Pb to black bream



Percentage Mortality (%)

圖 7 鋅對黃鰭鯛之半致死濃度

Fig.7 The TLM of Zn to yellow finned sea bream



Percentage Mortality (%)

圖 8 鎘對黃鰭鯛之半致死濃度

Fig.8 The TLM of Cd to yellow finned sea bream

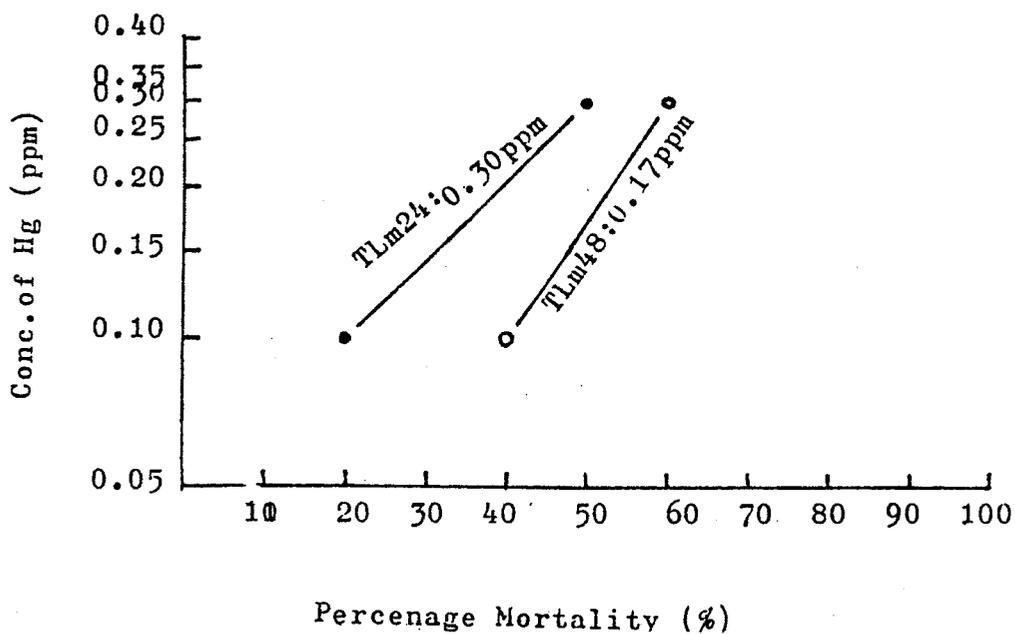


圖9 汞對黃鰭鯛之半致死濃度  
Fig.9 The TLM of Hg to yellow finned sea bream

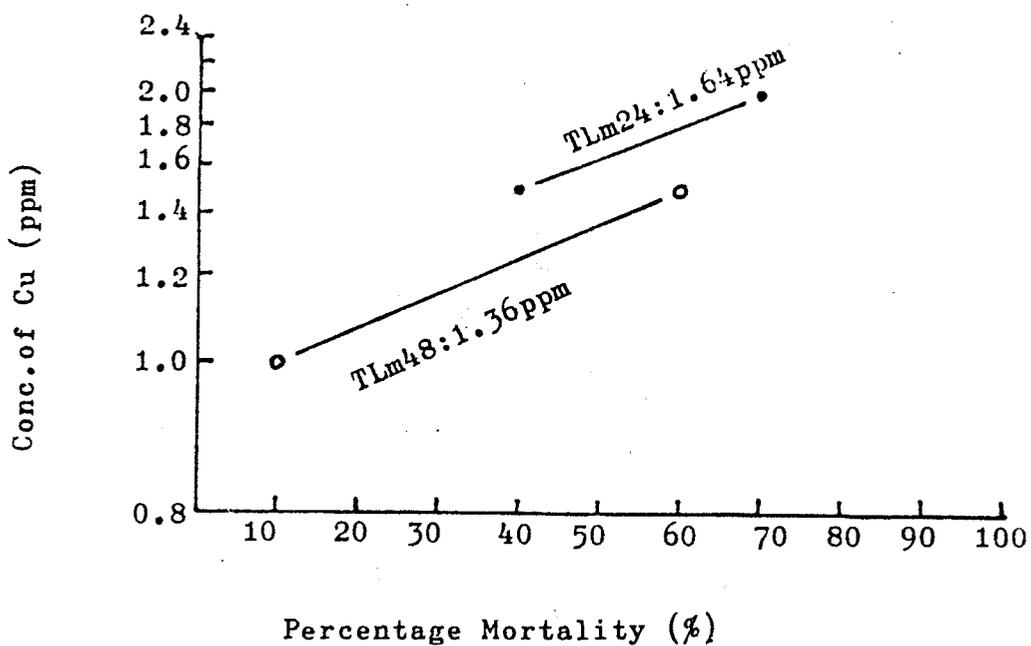


圖10 銅對黃鰭鯛之半致死濃度  
Fig.10 The TLM of Cu to yellow finned sea bream

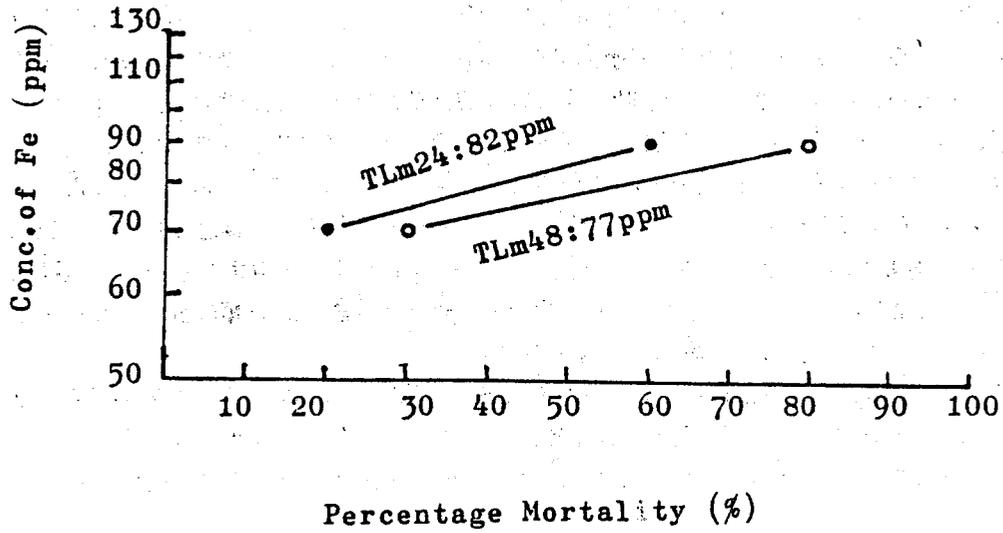


圖11 鐵對黃鰭鯛之半致死濃度  
 Fig.11 The TLM of Fe to yellow finned sea bream

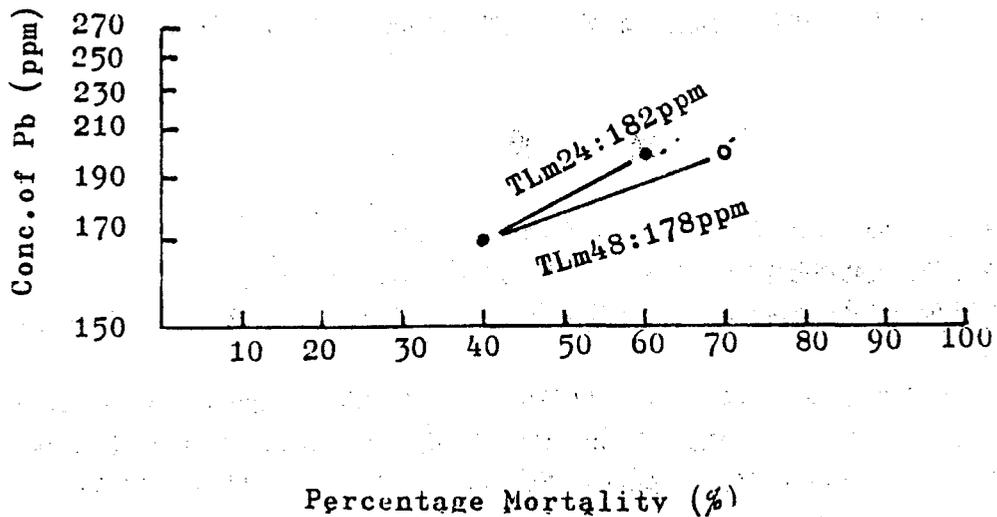


圖12 鉛對黃鰭鯛之半致死濃度  
 Fig.12 The TLM of Pb to yellow finned sea bream

種重金屬中以汞的毒性最強，鉛之毒性最弱，黃鱔經48小時試驗，汞之毒性約為鉛之1,000倍，而黑鯛試驗中，汞之毒性更高達1980倍鉛的毒性。試驗的6種重金屬溶液中，其毒性強弱比較，依序是  $Hg > Cu > Cd > Zn > Fe > Pb$ 。

鎘金屬溶液對黑鯛及黃鱔之試驗結果，在72小時其毒性作用仍很強，黑鯛在鎘金屬溶液中，24小時之TLM值為15ppm，48小時TLM值為12ppm，72小時TLM值為5ppm。而黃鱔24小時TLM值為10ppm，48小時為3.9ppm，72小時TLM值則降為2.38ppm。而以鎘與汞來做比較，黑鯛在汞溶液中其24小時之毒性為鎘溶液的103倍，72小時的毒性則為鎘溶液的50倍，黃鱔在汞溶液中其24小時之毒性為鎘之33倍，72小時之毒性則降為14倍。由此可見鎘對黑鯛及黃鱔之毒性作用時間比汞為慢，同樣地鎘與其它另4種重金屬比較亦相同。顯示鎘金屬溶液對黑鯛及黃鱔之毒性作用時間比其它5種重金屬來得長些。Eisler (1971)<sup>(17)</sup>，研究鎘對於比目魚的毒性中發現，鎘之毒性雖大，但毒性作用却很慢，受鎘毒害作用之比目魚並不立即死亡，而是等到放回清潔水中才開始死亡。但陳(1979)<sup>(8)</sup>研究鎘對蝦類之毒性中，鎘之毒性大而且作用迅速。雖然重金屬對於魚類與蝦類之毒性，不能做客觀之比較，魚類中不同魚種，試驗結果亦可能不同。

鐵金屬溶液與鋁金屬溶液，在試驗中易產生氧化物沈澱，黑鯛在40ppm以上之鐵金屬溶液中，立即可見魚浮於水面，急驟游泳、呼吸短促，但鐵金屬溶液在試水中易產生好氣性之 $Fe(OH)_3$ 之氧化物沈澱<sup>(10)</sup>，於1小時後，40ppm及45ppm組之黑鯛則恢復正常，並經72小時亦沒死亡，故鐵的毒性作用急促而短暫。

一般毒物之毒性在高溫較易顯示，溫度愈高，TLM值愈小，其毒性愈強<sup>(5)</sup>。本試驗中，黑鯛在較高水溫而黃鱔在較低水溫下進行，結果鋅、鎘、銅、鉛對黃鱔之TLM值較黃鱔為高，顯示上述4種重金屬對黃鱔之毒性較強，而汞與鐵對黑鯛之毒性，其TLM值較黃鱔低一點，可能是因黃鱔在較低水溫下進行，其毒性較不易顯示之故。

重金屬對生物體之毒害作用，一般認為是抑制酵素的活性，使正常的生理作用停止或鰓部的表組織遭破壞以致缺氧窒息而死<sup>(15)(16)</sup>。本試驗中，中毒的黑鯛及黃鱔有失去平衡、游泳力減退、口部張開、呼吸短促並浮於水面急驟游泳的現象，剛死亡的魚體，鰓部變白，此可能因鰓部組織遭破壞，窒息而死。

## 摘 要

1. 重金屬對黑鯛及黃鱔具有很大的殺傷作用，其濃度愈高，毒性愈強。
2. 6種重金屬對黑鯛及黃鱔毒性大小之比較，依序是  $Hg > Cu > Cd > Zn > Fe > Pb$ 。
3. 鎘金屬溶液對黑鯛及黃鱔之毒性雖大，但其毒害作用之時間比鋅、汞、銅、鐵、鉛等五種金屬溶液來得長些。
4. 6種重金屬對黑鯛之毒性其24小時48小時之TLM值為： $Zn: TLM_{24}=25ppm, TLM_{48}=23.5ppm$ ； $Cd: TLM_{24}=15ppm, TLM_{48}=12ppm$ ； $Hg: TLM_{24}=0.145ppm, TLM_{48}=0.10ppm$ ； $Cu: TLM_{24}=2.56ppm, TLM_{48}=1.88ppm$ ； $Fe: TLM_{24}=51.8ppm, TLM_{48}=51.5ppm$ ； $Pb: TLM_{24}=207ppm, TLM_{48}=198ppm$ 。
5. 6種重金屬對黃鱔之24小時及48小時之TLM值為： $Zn: TLM_{24}=19.8ppm, TLM_{48}=18.0ppm$ ； $Cd: TLM_{24}=10ppm, TLM_{48}=3.9ppm$ ； $Hg: TLM_{24}=0.30ppm, TLM_{48}=0.17ppm$ ； $Cu: TLM_{24}=1.46ppm, TLM_{48}=1.36ppm$ ； $Fe: TLM_{24}=82ppm, TLM_{48}=77ppm$ ； $Pb: TLM_{24}=182ppm, TLM_{48}=178ppm$ 。

## 謝 辭

本試驗承本分所李榮涼先生提供黑鯛苗，葉信利先生協助購買黃鱔苗並提供寶貴意見及劉君誠先生於試驗期間諸多幫忙，在此一併致謝。

## 參考文獻

1. 水污染防治所 (1975). 水污染防治法施行細則。
2. 水污染防治所 (1976). 水污染影響農業實況調查及水污染區域改善計劃報告。P.103.
3. 鄭森雄 (1975). 台灣西南沿海養殖魚貝類大量死亡原因之研究。JCRF Fisheries Series, **18**
4. 陳弘成 (1981). 繁殖場草蝦苗大量死亡研究，中國水產，**348**，15-22。
5. 陳建初、莊世彪、洪文慶 (1980). 重金屬對於淡水水生生物之半致死影響。中國水產，**325**，5-18。
6. 張金豐、陳弘成 (1980). 海洋污染對蝦苗之毒性研究，海洋彙刊，**26**，47-57。
7. 周賢緒、江章、丁雲源 (1985). 重金屬對於草蝦幼苗急速毒性研究，台灣省水產試驗所試驗報告，**38**，181-188。
8. 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，**316**，3-7。
9. 李榮涼、張嘉鑫、丁雲源 (1989). 養殖漁業技術推廣改進—確立黑鯛種苗生產技術。台灣省水產試驗所試驗報告，**47**，253-258。
10. 陳建初 (1983). 水質管理，九大圖書公司，63-68。
11. Bryan. G. W. (1971), The effect of heavy metals (other than Mercury) on marine and estuarine animals Proc.R.Soc. (serb), **177**，389-410.
12. Doudorff. P. and M. katz. (1950). critical Review of Literatur on the toxicity of Industrial waster and their componemts to Fish, sewage and Industrial waster, **22**，1432-1458.
13. Doudorff P. and M. Katz (1953). Critical Review of Literature on the toxicity of Industrial waster and their components to Fish ibid, **25**，802-839.
14. Rand, M. C, A. E. Greenberg and M. J. Taras. (1976). Calculating and Reporting Results of Bioassays in "Standard Methods for the examination of water and waste water"731-740.
15. Poingle, B. H., D. E. Aissong, E. L. Katz and S. T. Mulawka (1968). Frace metal accumulation by estuarime molluscs. J. Sanit. Engng Div. Amer. Soc. Civ. Engrs, **94**,455-475.
16. Skidmore, J. F. (1970). Respiration and Osmoregulation in rainbow trout with gills danased by zinc sulphate. J. Exp. Biol, **52**,481-494.
17. Eisler. R. (1971) Cadmium poisoning in Fundulus heteroclitus (Pisces : Cyprinodontidae). and other mavine organisms J. Fish. Res. Bd. Can, **28**,1225-1234.