

## 重金屬對砂蝦初期幼蟲之急速毒性試驗

江 章·丁雲源

### Acute Toxicity of Heavy Metals to the larval shrimp

#### *Metapenaeus monoceros*

Chang Jiang and Yun-Yuan Ting

This paper studies on the toxicity of 4 kinds of heavy metals included Cu, Cd, Hg and Zn to the Zoea stages and the Mysis stages of *Metapenaeus monoceros*. The results are summarized as follows:

- 1 All the heavy metals showed an acute toxicity to all stages of the shrimps. The TLM of Hg was 0.0032-0.0076 ppm, Cu was 0.066-0.353 ppm, Cd was 0.184-0.272 ppm, Zn was 0.231-0.732 ppm, respectively.
- 2 The toxicity of these heavy metals was Hg > Cu > Cd > Zn in order, but Zn > Cd in Zoea II stage, Cd > Cu in Mysis III stage.
- 3 Except for the Zoea II stage, the TLM of Cu & Zn increased accordingly along the metamorphosis of growth, but Cd was quite different.
- 4 As to Hg, it showed a strong toxicity in Zoea II stage and weak in Mysis I stage.
- 5 It looks paint and swollen in the gill of tested larvae, and would be dead in high concentration of heavy metals.

### 前 言

重金屬普遍存在於自然界中，為生物體生長過程中所必需，但其需要量極低，若環境中存在過量之重金屬，便會對生物體構成劇毒（Bryan 1971），同樣的，環境水域中重金屬含量過高亦會對水生生物造成不良影響，嚴重時導致生物體急速死亡。而環境水域重金屬含量隨人類科技文明之發展而有所不同，主要來自工廠廢水、都市廢水之排放及農業灌溉排水以及其他未經處理之污染原（pollutants）經河川流入海洋中，造成水域污染。近年來本省也因工業發達，廢水及棄物量劇增，而導致河川及海洋污染情況日趨嚴重，而雖然廢水之污染物質很多，但仍以重金屬造成之毒害最為迫切，故國際海洋委員會（I.O.C）亦將重金屬元素列為海洋環境污染調查中最嚴重污染質之一。由此可見重金屬對水生生物構成威脅已不容忽視。

砂蝦（*Metapenaeus monoceros*）與草蝦（*Penaeus monodon*）並列為本省兩大養殖蝦類，在本省從事人工繁殖已有十多年歷史，一般而言，砂蝦之人工繁殖在種蝦獲得及水質管理上較為容易，成活率亦較穩定，因此進行孵化後幼蟲期蝦苗毒性試驗，砂蝦不失為一方便之材料。本試驗乃針對重金屬對其孵化後幼生眼幼蟲及糠蝦各期之急速毒性作一探討，以初步了解重金屬對繁殖初期蝦苗之影響，期為水產用水基準制定時之參考。

### 材料與方法

本試驗選用 Cu, Cd, Hg, Zn 等 4 種對水生生物較具毒性之重金屬，以  $HgCl_2$ ,  $CdCl_2 \cdot H_2O$ ,  $CuSO_4$ ,  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  等化合物配製成 1000 ppm 之重金屬離子母液 (stock solution) 試驗時再以過濾海水稀釋成 Hg : 0.001 ~ 0.02 ppm 等 6 組、Cu : 0.05 ~ 0.35 ppm 等分 7 組、Cd : 0.1 ~ 0.5 ppm 等 5 組、Zn : 0.2 ~ 0.8 ppm 等 7 組不同濃度之重金屬海水溶液 500 ml 為試驗溶液，同時以不添加重金屬之天然海水作對照。

砂蝦 (*Metapenaens monoceros*) 各期幼苗為本分所人工孵化同母系之幼生，於各期 (stage) 大部分蝦苗均已脫殼完成變態後，目孵育池中選出同期之幼蟲以供毒性試驗，蝦苗培育時之餌料，眼幼蟲期 (Zoea stage) 為矽藻 (*Skeletonema costatum*) 糠蝦期 (Mysis stage) 為豐年蝦之無節幼蟲，但經選出之各期供試幼蟲，在試驗中均不再投飼餌料，各期毒性試驗期間以 24 小時為原則，試驗時水溫 27 - 29 °C、塩度 28 ‰、pH 值為 7.68 ~ 7.80，試驗組二重覆，每組各放 10 尾蝦苗，於試驗期間隨時觀察蝦苗死亡情形，並於試驗終了時計數個體中蝦苗死亡數目，依 Doudoroff, P. (1950) 與 Rand et al (1976) 以對數迴歸求出各期之 TLm (Median tolerance Limit)。

### 結 果

對砂蝦苗眼幼蟲期及糠蝦期幼蟲之急速毒性試驗結果示於表 1，在 pH : 7.68 ~ 7.80 添加 Hg 0.02 ppm 之海水溶液，各期蝦苗均在 24 小時內全部死亡，0.01 ppm 時死亡數亦在一半以上，0.005 ppm 時，眼幼蟲期幼蟲死亡率仍高於 50%，但糠蝦期則降至 30% 左右，糠蝦 I 期僅死亡 1 隻，如表 5，汞對砂蝦 Zoea I ~ III 期及 Mysis I ~ III 期之半致死濃度分別為 0.0034、0.0032、0.0055、0.0076、0.0050、0.0051 ppm，由此可知，砂蝦苗對汞毒性之耐力極低，一般而言，糠蝦期要比眼幼蟲期對汞毒性耐力來得高些。

表 1 汞對砂蝦眼幼蟲及糠蝦各期幼蟲之生物試驗

Table 1 Bioassay of Mercury on the Zoea and Mysis stages of *Metapenaens monoceros*.

Conc. (ppm)	No. of test animals	No. of survival					
		Z <sub>I</sub>	Z <sub>II</sub>	Z <sub>III</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>II</sub>	M <sub>III</sub>
0.020	20	1	0	0	0	0	0
0.015	20	1	1	0	1	0	3
0.010	20	4	7	9	13	6	3
0.005	20	4	6	12	19	14	15
0.0025	20	13	9	17	18	17	16
0.001	20	18	18	20	20	17	18
control	20	20	19	20	19	20	20

銅對砂蝦苗眼幼蟲期及糠蝦期幼蟲之生物試驗結果示於表 2，由表中可以看出，Cu 對蝦苗各期毒

性較有變化，在添加銅 0.2 ppm 之海水溶液中，眼幼蟲第 II 期蝦苗在 14 小時內已全部死亡，眼幼蟲第 III 期也只存活 20%，但其餘各期存活率均在 50% 以上，由表 5 中，Cu 對各期蝦苗之半致死濃度分別為 Zoea I : 0.162、Zoea II : 0.066、Zoea III : 0.114、Mysis I : 0.121、M I : 0.136、M III : 0.353 ppm。以眼幼蟲第 II 期最低，此期以後隨着變態成長而增加，在糠蝦第 III 期幼苗已為眼幼蟲第 II 期之 5 倍左右。

表 2 銅對砂蝦眼幼蟲及糠蝦各期幼蟲之生物試驗

Table 2 Bioassay of Copper on the Zoea and Mysis stages of *Metapenaeus monoceros*.

Conc. (ppm)	No. of test animals	No. of survival					
		Z I	Z II	Z III	M I	M II	M III
0.35	20	0	0	0	0	0	9
0.30	20	2	0	1	1	0	13
0.25	20	0	0	0	3	4	15
0.20	20	13	0	4	8	10	15
0.15	20	17	1	5	8	15	20
0.10	20	17	4	16	14	20	20
0.05	20	18	16	17	18	20	20

如表 3 所示，鋅對砂蝦苗之毒性與銅相類似，也是在眼幼蟲第 II 期時顯示毒性最強，至糠蝦第 III 期幼蟲時最弱，由表 5 中，重金屬鋅對各期蝦幼蟲之半致死濃度分別為 0.548、0.231、0.403、0.553、0.719、0.732 ppm，由此亦可明顯看出，TLm 隨着蝦苗之變態成長而增大，但在眼幼蟲第 II 期時，亦有顯着降低之現象。

表 3 鋅對砂蝦眼幼蟲及糠蝦各期幼蟲之生物試驗

Table 3 Bioassay of Zinc on the Zoea and Mysis stages of *Metapenaeus monoceros*.

Conc. (ppm)	No. of test animals	No. of survival					
		Z I	Z II	Z III	M I	M II	M III
0.20	20	19	14	20	20	20	20
0.30	20	20	2	14	20	18	20
0.40	20	17	2	13	17	13	14
0.50	20	17	0	9	17	17	18
0.60	20	13	4	1	8	11	11
0.70	20	2	0	0	2	11	10
0.80	20	0	0	0	4	7	9

鎘對蝦苗各期幼蟲之毒性，為本試驗 4 種重金屬中變化最不顯着者，如表 5 所示，各期蝦苗幼蟲之半致死濃度均在 0.2~0.3 ppm 之間，又由上述銅、鋅、汞等重金屬對蝦苗各期幼蟲之半致死濃度，均在眼幼蟲第 II 期時最低，但鎘在此期之半致死濃度，反而比其他各期為高。

表 4 鎘對砂蝦眼幼蟲及糠蝦各期幼蟲之生物試驗

Table 4 Bioassay of Cadmium on the Zoea and Mysis stages of *Metapenaeus monoceros*.

Conc. (ppm)	No. of test animals	No. of survival					
		Z I	Z II	Z III	M I	M II	M III
0.10	20	17	20	20	20	18	19
0.20	20	12	14	9	5	8	10
0.30	20	13	9	6	1	2	7
0.40	20	2	10	1	0	0	1
0.50	20	2	5	0	0	0	0

在本試驗中，使用 4 種重金屬對砂苗各期幼蟲之毒性大小，可由表 5 中半致死濃度比較概略得知，仍以汞之毒性最大。除在眼幼蟲第 II 期時，鋅之毒性略大於鎘，及糠蝦第 III 期時鎘之毒性略大於銅外，仍有汞大於銅大於鎘大於鋅之順序。

表 5 重金屬汞、銅、鋅、鎘對砂蝦幼蟲各期之半致死濃度

Table 5 The TLm (ppm) of Hg, Cu, Zn, and Cd for different stage on *Metapenaeus monoceros*.

Heavy metals	Zoea I	Zoea II	Zoea III	Mysis I	Mysis II	Mysis III
Hg	0.0034	0.0032	0.0055	0.0076	0.0050	0.0051
Cu	0.162	0.066	0.114	0.121	0.136	0.353
Zn	0.548	0.231	0.403	0.553	0.719	0.732
Cd	0.240	0.272	0.208	0.233	0.184	0.210

## 討 論

重金屬對水生生物之毒性，很多研究報告均指出，汞毒性最大，銅、鎘次之，鋅毒性最小，(Kobayashi 1971, Conner 1972, Wisely, B. et al 1967)，本試驗中亦發現 4 種重金屬對砂蝦 (*Metapenaeus monoceros*) 眼幼蟲及糠蝦期幼蟲之毒性仍以汞最強，銅、鎘次之，鋅毒性最小，但銅及鋅之毒性在眼幼蟲第 II 期時卻有顯着增強之現象，使得鋅對此期蝦苗之毒性略大於鎘。此種情形較為特殊，可能與此期蝦苗複眼 (Compound eyes) 剛突出及造血機能有關，有待進一步探討。

重金屬對水生生物之毒害作用，一般都認為其能與許多物質如蛋白質、醣等強力結合，引起有害結構，或干擾代謝功能，或破壞細胞結構。亦能附着於生物體鰓表細胞及粘液中，抑制鰓之活性，影

響生物體之正常呼吸機能，甚者導致生物體呼吸功能喪失死亡。本試驗中亦發現蝦苗在較高濃度之重金屬溶液中死亡之蝦體鰓部均有明顯變白現象，且死體鰓部位均顯着擴大，此可能因細胞遭受破壞吸水所致。而汞組中死亡蝦體不但鰓部泡白，全身也都有白化現象，且蝦苗死亡前均浮游於水面直至死亡。

重金屬對生物體之毒性，因生物種類、個體大小、暴露時間及水質狀況而有差異，Portmann等（1971）發現重金屬汞對杓蝦（*Crangon crangon*）小個體之毒性比大個體強，張、陳（1980）研究海洋污染物對蟳苗毒性時亦指出，重金屬對紅蟳（*Scylla serrata*）第一期眼幼蟲比 *Magalops* 更具毒性。又據陳、謝（1979）以 1.3 公分大小砂蝦（*Metapenaens ensis*）進行重金屬急性毒研究結果發現其 24 小時之  $Lc_{50}$  Hg < 0.33 ppm、Cu 為 11.0 ppm、Cd < 10.0 ppm、Zn 為 10 ppm，而由本試驗中得知重金屬對砂蝦 Zoea 及 Mysis 期之半致死濃度 Hg：0.0032 ~ 0.0076 ppm、Cu：0.066 ~ 0.353 ppm、Cd：0.184 ~ 0.272 ppm、Zn：0.231 ~ 0.732 ppm，差異甚大，此種差異除因個體細小外，可能也與運動頻率、攝食頻率以及頭胸甲的護鰓能力有關。

一般而言，水產生物繁殖用水對水質之要求要比養殖用水嚴格。以砂蝦來看，陳、謝（1979）以養殖個體（1.3 公分）試驗結果，重金屬對其毒性之安全濃度若以 24 小時  $Lc_{50}$  值之 1/10 ~ 1/100 計量仍在日本水產用水基準規定上限之上（日本 1965），亦高於本省公共水域水質標準規定 Cd、Hg 含量上限 0.01 ppm 及 0.005 ppm（水污染防治所 1975），但由本試驗中得知 Hg 對砂蝦 Zoea、Mysis 各期之半致死濃度僅 0.0032 ~ 0.0076 ppm，又添加 0.1 ppm Cu 或 Cd 之海水溶液仍會使眼幼蟲幼苗大量死亡，由此可知，蝦苗孵育用水對水質重金屬安全濃度之需求極為嚴格。常態海洋中，重金屬含量平均濃度銅：0.003 ppm、鋅：0.01 ppm、汞：0.03 ng/g，在本試驗中，對照組過濾後之天然海水重金屬含量，以原子吸光分析儀測定結果，汞：無法檢出、銅：0.028 ppm、鎳：0.015 ppm、鋅：0.060 ppm，已明顯受到污染，但此種污染程度並未造成蝦苗幼蟲急速死亡。一般而言，水生生物繁殖自孵化至成苗之時間並不長，因此重金屬慢性毒性在繁殖期間較不易顯出，故繁殖用水安全濃度考慮慢性毒性作用似乎不如養殖用水重要。然而無論如何，繁殖用水對重金屬安全含量之要求仍比養殖用水嚴格甚多。

## 摘 要

本文主要探討重金屬，銅、鎳、汞、鋅對砂蝦（*Metapenaens monoceros*）眼幼蟲及糠蝦各期幼苗之急速毒性，試驗結果如下：

- 一、4 種重金屬對各期幼苗之半致死濃度均極低，Hg 為 0.0032 ~ 0.0076 ppm、Cu 為 0.066 ~ 0.353 ppm、Cd 為 0.184 ~ 0.272 ppm、Zn 為 0.231 ~ 0.732 ppm。
- 二、4 種重金屬之毒性大小，除第 II 期眼幼蟲時 Zn 略大於 Cd，及糠蝦第 III 期的 Cd 略大於 Cu 外，仍有 Hg > Cu > Cd > Zn 之順序。
- 三、Zn 及 Cu 對蝦苗各期之半致死濃度，隨着蝦苗之變態成長而漸增，但在眼幼蟲第 II 期時，兩者均顯着降低。Cd 則隨着蝦苗變態成長而 TLm 漸減。
- 四、Hg 之毒性在蝦苗眼幼蟲第 II 期時顯示最強，糠蝦第 I 期時最弱。
- 五、蝦苗幼蟲在較高濃度死亡時，蝦體鰓部位均有擴張及泛白現象，Hg 組不但鰓部泛白，全身亦都變白。

## 謝 辭

本試驗得以順利進行，感謝分所同仁周賢鏞先生隨時提供蝦苗，並惠予多方協助，謹在此致最大謝意，又試驗期間承蒙國立海洋學院水產養殖系主任陳建初博士惠允借用儀器分析重金屬，在此一

併致謝。

### 參考文獻

- 1 Bryan, G. W. ( 1971 ). The effects of heavy metals ( other than Mercury) on marine and estuarine animals *Proc. R. Soc. (ser B)* 177, 389 - 410.
- 2 Doudoroff, P. and M. Katz ( 1950 ). Critical Review of Literature on the Tonicity of industrial Wastes and their Components to fish, *Sewage and Industrial Wastes* , 22 , 1432 - 1458.
- 3 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 .
- 4 Kobayashi, N ( 1971 ). Fertilized sea urchin eggs as an indicating material for marine pollution bioassay, *Preliminary experiments Publ. Seto. Mar. Biol. Lab.* 18 , 379 - 406 .
- 5 Conner, P.M ( 1972 ). Acute toxicity of heavy metals to Same marine Larvae, *Mar. Pollut. Bull* , 3 , 190 - 192 .
- 6 Wisely, B. and R.A.P. Blick ( 1967 ). Mortality of marine invertebrate Larvae in mercury, copper and Zinc Solutions. *Aust. J. Mar. Fresh wat. Res* , 18 , 63-72.
- 7 Portmann, J.E. and K.K. Wilson The Toxicity of 140 Substance to the brown shrimp and other marine animals MAFF Shellfish Infomation, Leaflet, 22 .
- 8 Chang, C.F. Chen.H.C ( 1980 ). Studies on the toxicity of Marine pollutants to the Larval crab, *Scylla serrata* , 26 , 47 - 58 .
- 9 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 .
- 10 日本水產資源保護協會 ( 1965 ). 水產用水基準 . 1 - 20 .
- 11 水污染防治所 ( 1975 ). 台灣省水污染防治法施行細則 .