

汞對紅尾蝦生長、肝重比、肌肉水分、血淋巴滲透壓與蛋白質含量之影響

摘要

本研究之主要目的在於瞭解汞對紅尾蝦慢性毒性之影響。在較低濃度下，探討汞溶液 (7、14、21、28 與 35 $\mu\text{g/L}$) 對紅尾蝦之生長、肌肉水分含量、肝重比、血淋巴滲透壓與蛋白質含量之影響，以提供建立水產用水基準與公害鑑定之參考。

紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中 80 天，體重與體長隨飼育日數增加而上升，各處理組間無差異性。在日間成長率，濃度 28 與 35 $\mu\text{g/L}$ 組與對照組比較有顯著下降。飼料效率方面，當濃度在 21 $\mu\text{g/L}$ 以上時，各處理組皆比對照組差。攝餌量在濃度為 28 與 35 $\mu\text{g/L}$ 組與對照組比較，顯著減少。活存率在飼育 20 天時，各處理組皆達 100%，但隨後則有下降趨勢；到第 80 天，濃度在 14 $\mu\text{g/L}$ 以上之各處理組皆比對照組差。

紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中 80 天，肌肉水分含量與肝重比皆與各處理濃度有顯著相關，且各試驗組間有顯著差異性；隨濃度增加，肌肉有脫水，肝重比有減少之趨勢；對照組與濃度在 14 $\mu\text{g/L}$ 以上之各處理組有顯著差異。

紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中 80 天，其血淋巴滲透壓、蛋白質含量與各處理濃度有顯著相關性，且各試驗組間有顯著差異性；隨濃度增加，滲透壓與蛋白質含量有上升之趨勢；濃度在 14 $\mu\text{g/L}$ 以上之各處理組皆與對照組有顯著差異。

關鍵字: 汞，紅尾蝦，生長，血淋巴滲透壓，血淋巴蛋白質，肝重比

近年來，工業發達，廢水未經完善處理即排放至河川及海洋，導致沿岸河口環境生態惡化，水產養殖用水受到嚴重污染，尤其在本省西南沿海主要養殖區常發生魚蝦貝大量死亡與重金屬蓄積現象⁽¹⁻⁴⁾。台灣西部沿岸海域及河口之銅、鋅含量已超過標準，尤其是二仁溪附近海域^(5,6)。因此，加強河川、海洋水質環境之保護，確實刻不容緩。工業廢水中的無機毒物大部份為汞、銅、鎘、鋅、鉛與鎳等重金屬，當這些重金屬排入水域後，對水產生物與農作物會造成嚴重的危害與損失。重金屬中以屬第三類之汞金屬，對生物之毒性最烈^(8,9)。本省汞污染源主要為鹼氯工業⁽⁷⁾。另外，汞亦被應用於塑膠、電器、造紙、鹼氯工業與農業用之殺虫劑等。

廖⁽¹⁰⁾首先在魚塢中養成紅尾蝦種蝦，並以人工方法育苗成功，同時，在東港與台南分所極力推廣下，已成為本省重要養殖蝦類之一。

有關污染物質對於草蝦、斑節蝦、紅尾蝦、砂蝦、淡水蝦及其他蝦類之急性毒性之影響已有不少的研究報告，但是，對於蝦類之慢性毒性影響報告則較為缺乏。重金屬之毒性能造成水產物之急速死亡，在低濃度，長時間下，會造成其生理、生長、生殖之異常^(11,12)。高濃度之重金屬造成紅尾蝦急速死亡，例如，汞對紅尾蝦蝦苗 24 小時之半致死濃度為 140 $\mu\text{g/L}$ ，而 48 小時之半致死濃度為 60 $\mu\text{g/L}$ ⁽⁸⁾。本研究之主要目的為瞭解紅尾蝦暴露在汞的亞致死濃度下，對其生長與生理之影響，並提供建立水產用水基準以及鑑定公害時之參考。

材料與方法

試驗中所使用之紅尾蝦蝦苗平均體長為 3.47 ± 0.04 cm，平均體重為 0.53 ± 0.02 g。試驗設計分為對照組與處理組，而處理組以汞對紅尾蝦的 24 小

時之半致死濃度(140 $\mu\text{g/L}$) 乘以 0.05、0.1、0.15、0.2 與 0.25 為其試驗濃度，即 7、14、21、28 與 35 $\mu\text{g/L}$ 等。試驗採二重覆，試驗水槽使用 130 升之方型塑膠桶，試驗溶液以過濾海水配成所需之濃度，各水槽之容量為 100 升，每試驗水槽各放養蝦苗 20 尾。試驗期間之平均水溫、鹽度、pH 值、溶氧量如 Table 1 所示。蝦苗是以人工配合飼料投餵，每日於 09:00 與 16:00 各投餵一次，投餵量以每試驗槽之蝦重的 5 % 投餵。每隔 3 天換試液一次，每隔 20 天做生物測定，共計試驗 80 天。生物測定之項目包括增重、增長、飼料效率、日間成長率與活成率等。在試驗最後一天，從每一試驗槽各取五尾紅尾蝦，抽取血淋巴液供生理分析。

一、蝦肉水份含量測定

取腹足部第一至第二節之肌肉置於已回溫之錫箔紙上稱重，即溼重加錫箔紙重 (WW)，然後放入 105°C 烘箱中烘乾至恆重，此即為乾重加錫箔紙重 (DW)，依下列公式計算肌肉之水含量：

$$\text{肌肉之水含量(\%)} = (\text{WW} - \text{DW}) / \text{WW}' \times 100\%$$

$$\text{WW}' = \text{WW} - \text{錫箔紙重}$$

二、血淋巴滲透壓濃度的測定

以 1 ml 塑膠針筒自頭胸部抽取血淋巴液再移置於

1.5 ml 有蓋塑膠離心管，並存放在 4°C 恒溫箱中。用微量吸管吸取 7 $\mu\text{g/L}$ 血淋巴，置於滲透壓儀上測定 (VAPOR PRESSURE OSMOMETER, WESCOR 5500)。

三、血淋巴總蛋白質的測定

血淋巴總蛋白質是以 Biuret 方法測得，用微量吸管吸取 0.1 ml 血淋巴，加上 Biuret reagent 5 ml (Merckotest Total Protein, E. Merck, Germany)，混合均勻後，以分光光度計 (Spectrophotometer, U-2000, Hitachi)，在波長 545 nm 下測其吸光值，並以定量之牛血清白蛋白作標準，計算式如下：

$$\text{Protein concentration} = \frac{A_s - A_{sB}}{A_{st} - A_{stB}} \times 6\text{g}/100\text{ ml}$$

A_s = absorbance of the sample

A_{sB} = absorbance of the sample blank

A_{st} = absorbance of the standard

A_{stB} = absorbance of the standard blank

四、統計分析

本試驗各處理結果，以變方分析解析試驗因子間是否有顯著差異，再以 Duncan 氏新多變域測驗各試驗組間之差異。

Table 1. Fluctuation of some water parameters in the experimental period.

Month (Days)	Temperature (C°)		Salinity (ppt)	pH	DO (mg/L)
	08:30	14:00			
6 (3)	28.4 $\pm$ 0.4	30.7 $\pm$ 0.2	32.7 $\pm$ 1.2	8.3 $\pm$ 0.2	6.6 $\pm$ 0.3
7 (31)	28.6 $\pm$ 0.3	31.1 $\pm$ 0.4	32.1 $\pm$ 0.9	8.2 $\pm$ 0.1	6.7 $\pm$ 0.5
8 (31)	28.3 $\pm$ 0.3	30.5 $\pm$ 1.0	31.7 $\pm$ 1.1	8.3 $\pm$ 0.1	6.7 $\pm$ 0.3
9 (15)	26.8 $\pm$ 0.9	28.6 $\pm$ 0.5	32.8 $\pm$ 0.4	8.3 $\pm$ 0.2	6.6 $\pm$ 0.2

結果

一、紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中對其生長之影響

紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中對其生長之結果如 Table 2 所示。平均體重在第 80 天試驗結束時，各處理組皆有顯著增加；飼養 20 天，對照組與各處理組未有顯著差異，平均體重介於 0.94 至 1.12 g 之間；飼養到第 40 與 60 天，對照組與濃度為 7 $\mu\text{g/L}$ 組比 14、21、28 與 35 $\mu\text{g/L}$ 組，增重稍多；在第 80 天試驗結束，對照組增重最多為 4.43 g，其他各處理組 7、14、21、28 與 35 $\mu\text{g/L}$ 之平均體重分別為 4.34、4.25、4.03、3.94 與 4.09 g。經變方分析結果，各試驗處理組間未有顯著差異，但隨飼養期間增加則有顯著增重 ($P<0.01$)。平均體長在第 80 天試驗結束時，試驗組皆有顯著增加；對照組增長最多為 7.10 cm，其他各處理組 7、14、21、28 與 35 $\mu\text{g/L}$ 之體長分別為 7.02、6.86、6.85、6.78 與 6.87 cm。經變異分析結果，各試驗處理組間未有顯著差異性，但隨飼養期間增加則有顯著增長 ($P<0.01$)。有關日間成長率，對照組與各處理組皆隨飼養日數增加，逐漸下降；自 60 天起，對照組皆比處理組較多；飼養 80 天，各組依序為 3.25、3.13、3.18、3.13、2.93 與 3.02%。變方分析結果，各試驗處理組間以及隨飼養期間增加皆有顯著差異 ($P<0.01$)。以 Duncan 氏新多變域測驗試項平均之差異，結果試驗第 60 與 80 天，在 28 與 35 $\mu\text{g/L}$ 組與對照組比較，有顯著下降。飼料效率亦隨飼養日數增加，則逐漸下降；飼養 80 天，對照組為 0.95%，其他各處理組依序為 0.93、0.93、0.87、0.86 與 0.87%。經變方分析結果，各試驗處理組間以及隨飼養期間增加皆有顯著差異 ($P<0.01$)；以 Duncan 氏新多變域測驗試項平均之差異，結果試驗第 80 天在濃度 21、28 與 35 $\mu\text{g/L}$ 組與對照組比較，有顯著減少。攝餌量在第 80 天試驗結束，濃度 28 與 35 $\mu\text{g/L}$ 組與對照組比較，有顯著減少。探討其活存率飼育 20 天時，各試驗組活存率達 100%但隨後則有下降趨勢，到第 80 天，濃度為 14 $\mu\text{g/L}$ 以上之各組皆比對照組差，各試驗處理組間以及隨飼養期間皆顯著下降 ($P<0.05$)。以 Duncan 氏新多變域測驗試項平均之差異，結果試驗第 80 天在 21、28 與 35 $\mu\text{g/L}$ 組與對照組比較，有顯著減少。

二、紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中對肌肉水分含量之影響

紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中 80 天，對肌肉水分含量之變化如 Table 3 所示。肌肉水分含量與各處理濃度有顯著相關性 (Fig. 1)，隨濃度增加，蝦肉有脫水現象；對照組為 61.97%，其他各處理組依序為 60.54、60.17、58.87、56.74 與 56.07%。由變方分析結果，各試驗組間有顯著差異性 ($P<0.01$)。以 Duncan 氏新多變域測驗試項平均之差異結果，濃度 21、28 與 35 $\mu\text{g/L}$ 組與對照組比較有顯著減少；而濃度 28 及 35 組與 7 $\mu\text{g/L}$ 組比較，亦有差異。

三、紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中對肝胰臟與體重比之影響

紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中 80 天，對肝胰臟與體重之比如 Table 3 所示。肝胰臟與體重比與各處理濃度有顯著相關性 (Fig. 2)；對照組平均為 3.44%，其他各處理組依序為 3.30、3.09、2.99、2.94 與 2.80%。由變方分析結果，各試驗組間有顯著差異性 ($P<0.05$)，隨濃度增加，肝重比有減少之趨勢。以 Duncan 氏新多變域測驗試項平均之差異結果，濃度 14、21、28 及 35 $\mu\text{g/L}$ 組與對照組比較，有顯著下降。

四、紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中對血淋巴滲透壓之影響

紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中 80 天，對血淋巴滲透壓之影響，如 Table 4 所示。其血淋巴滲透壓與各處理濃度有顯著相關性 (Fig. 3)；對照組平均為 767.13 mmol/kg，其他各處理組依序為 795.75、843.13、845.88、855.76 與 881.75 mmol/kg。由變方分析結果，各試驗組間有顯著差異性 ($P<0.01$)，隨濃度增加滲透壓有上升之趨勢。以 Duncan 氏新多變域測驗試項平均之差異，結果除 7 $\mu\text{g/L}$ 組外，其他各處理組皆與對照組有顯著增加；而濃度 28 及 35 組與 7 $\mu\text{g/L}$ 組比較，亦有顯著差異。

五、紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中對血淋巴總蛋白質含量之影響

紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中 80 天，對血淋巴總

蛋白質含量之影響，如 Table 4 所示。其血淋巴總蛋白質含量與各處理濃度有顯著相關性 (Fig. 4)；對照組平均為 7.85g/100ml，其他各處理組依序為 9.60、10.09、11.83、12.28 與 12.68 g/100

ml。由變方分析結果，各試驗組間有顯著差異性 ($P < 0.01$)，隨濃度增加，蛋白質含量有上升之趨勢。以 Duncan 氏新多變域測驗試項平均之差異結果，濃度 21、28 及 35 μ g/L 組與對照組比較有顯著差異。

Table 2. Effect of mercury on the growth parameters of *Penaeus penicillatus*.

	Time (Days)	Concentration of mercury (μ g/L)					
		0	7	14	21	28	35
Body weight (g)	0	0.52 $\pm$ 0.04	0.55 $\pm$ 0.01	0.52 $\pm$ 0.03	0.51 $\pm$ 0.02	0.57 $\pm$ 0.06	0.53 $\pm$ 0.03
	20	0.94 $\pm$ 0.05	1.08 $\pm$ 0.01	1.12 $\pm$ 0.12	1.01 $\pm$ 0.10	1.09 $\pm$ 0.18	1.01 $\pm$ 0.09
	40	1.92 $\pm$ 0.08	1.95 $\pm$ 0.09	1.85 $\pm$ 0.06	1.89 $\pm$ 0.03	1.83 $\pm$ 0.13	1.77 $\pm$ 0.07
	60	3.07 $\pm$ 0.18	2.99 $\pm$ 0.13	2.89 $\pm$ 0.07	2.90 $\pm$ 0.31	2.94 $\pm$ 0.09	2.78 $\pm$ 0.18
	80	4.43 $\pm$ 0.52	4.34 $\pm$ 0.21	4.25 $\pm$ 0.47	4.03 $\pm$ 0.57	3.94 $\pm$ 0.16	4.09 $\pm$ 0.55
Body length (cm)	0	3.41 $\pm$ 0.07	3.50 $\pm$ 0.02	3.47 $\pm$ 0.05	3.42 $\pm$ 0.06	3.52 $\pm$ 0.08	3.49 $\pm$ 0.03
	20	4.35 $\pm$ 0.12	4.55 $\pm$ 0.01	4.59 $\pm$ 0.16	4.42 $\pm$ 0.13	4.47 $\pm$ 0.28	4.42 $\pm$ 0.19
	40	5.29 $\pm$ 0.03	5.39 $\pm$ 0.17	5.21 $\pm$ 0.11	5.25 $\pm$ 0.02	5.21 $\pm$ 0.06	5.27 $\pm$ 0.08
	60	6.09 $\pm$ 0.01	6.20 $\pm$ 0.10	5.98 $\pm$ 0.02	6.07 $\pm$ 0.22	6.06 $\pm$ 0.04	6.06 $\pm$ 0.11
	80	7.10 $\pm$ 0.49	7.02 $\pm$ 0.41	6.86 $\pm$ 0.42	6.85 $\pm$ 0.40	6.78 $\pm$ 0.41	6.87 $\pm$ 0.51
Specific growth rate (%)	0-20	4.35 $\pm$ 0.06	3.97 $\pm$ 0.13	4.51 $\pm$ 0.07	4.02 $\pm$ 0.19	3.81 $\pm$ 0.15	3.79 $\pm$ 0.07
	0-40	4.08 $\pm$ 0.11	3.96 $\pm$ 0.08	3.97 $\pm$ 0.09	4.09 $\pm$ 0.06	3.65 $\pm$ 0.13	3.77 $\pm$ 0.10
	0-60	3.62 $\pm$ 0.02	3.46 $\pm$ 0.05	3.50 $\pm$ 0.14	3.55 $\pm$ 0.13	3.35 $\pm$ 0.09*	3.38 $\pm$ 0.16*
	0-80	3.25 $\pm$ 0.04	3.13 $\pm$ 0.11	3.18 $\pm$ 0.05	3.13 $\pm$ 0.03	2.93 $\pm$ 0.04**	3.02 $\pm$ 0.06**
Food conversion efficiency (%)	0-20	1.34 $\pm$ 0.06	1.24 $\pm$ 0.13	1.41 $\pm$ 0.09	1.18 $\pm$ 0.04	1.22 $\pm$ 0.13	1.13 $\pm$ 0.07
	0-40	1.26 $\pm$ 0.11	1.22 $\pm$ 0.08	1.14 $\pm$ 0.04	1.17 $\pm$ 0.12	1.10 $\pm$ 0.20	1.09 $\pm$ 0.10
	0-60	1.05 $\pm$ 0.09	1.01 $\pm$ 0.02	0.99 $\pm$ 0.06	1.03 $\pm$ 0.16	1.01 $\pm$ 0.16	0.95 $\pm$ 0.06
	0-80	0.95 $\pm$ 0.03	0.93 $\pm$ 0.04	0.93 $\pm$ 0.03	0.87 $\pm$ 0.07*	0.86 $\pm$ 0.08*	0.87 $\pm$ 0.08*
Feed consumed (g)	0-80	413.3 $\pm$ 21.4	408.0 $\pm$ 17.2	401.9 $\pm$ 31.8	402.0 $\pm$ 41.7	389.9* $\pm$ 46.9	385.2* $\pm$ 37.1
Survival (%)	0-20	100.0 $\pm$ 0.0	100.0 $\pm$ 0.0	100.0 $\pm$ 0.0	100.0 $\pm$ 0.0	100.0 $\pm$ 0.0	100.0 $\pm$ 0.0
	0-40	96.7 $\pm$ 4.7	90.0 $\pm$ 4.7	90.0 $\pm$ 4.7	93.3 $\pm$ 0.0	100.0 $\pm$ 0.0	96.7 $\pm$ 4.7
	0-60	83.3 $\pm$ 4.7	83.3 $\pm$ 4.7	80.0 $\pm$ 0.0	80.0 $\pm$ 9.4	83.3 $\pm$ 14.1	80.0 $\pm$ 9.4
	0-80	83.3 $\pm$ 4.7	80.0 $\pm$ 9.4	73.3 $\pm$ 9.4	70.0 $\pm$ 4.7*	70.0 $\pm$ 14.1*	66.7 $\pm$ 9.4**

Data are shown as mean $\pm$ SE (Numbers varied with the survival);

*, ** ($p < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively) significantly different from control group.

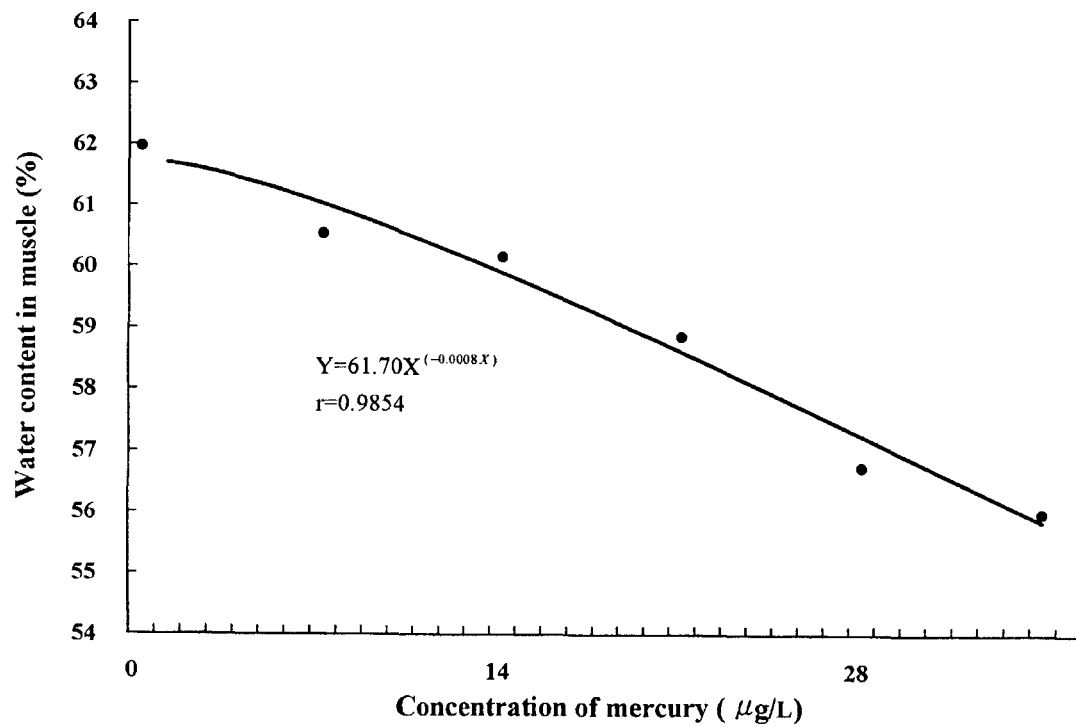


Fig. 1. Correlation between mercury concentration and water content in muscle of *Penaeus penicillatus* after 80 days of exposure.

Table 3. Effects of mercury on the water content in muscle and hepato-somatic index of *Penaeus penicillatus*.

Concentration of mercury ($\mu\text{g/L}$)	Water content in muscle (%)	Hepato-somatic index (%)
0	$62.54 \pm 2.44\text{A}$	$3.16 \pm 0.18\text{A}$
7	$60.53 \pm 2.22\text{AB}$	$2.84 \pm 0.32\text{AB}$
14	$60.27 \pm 3.96\text{ABC}$	$2.85 \pm 0.70\text{ABC}$
21	$60.05 \pm 1.86\text{BCD}$	$2.81 \pm 0.38\text{BCD}$
28	$59.39 \pm 2.90\text{DE}$	$2.79 \pm 0.74\text{BCDE}$
35	$58.30 \pm 1.61\text{E}$	$2.72 \pm 0.36\text{CDE}$

Data are shown as mean $\pm$ SE (n=10).

Values not sharing the same letters are significantly different, $P < 0.05$.

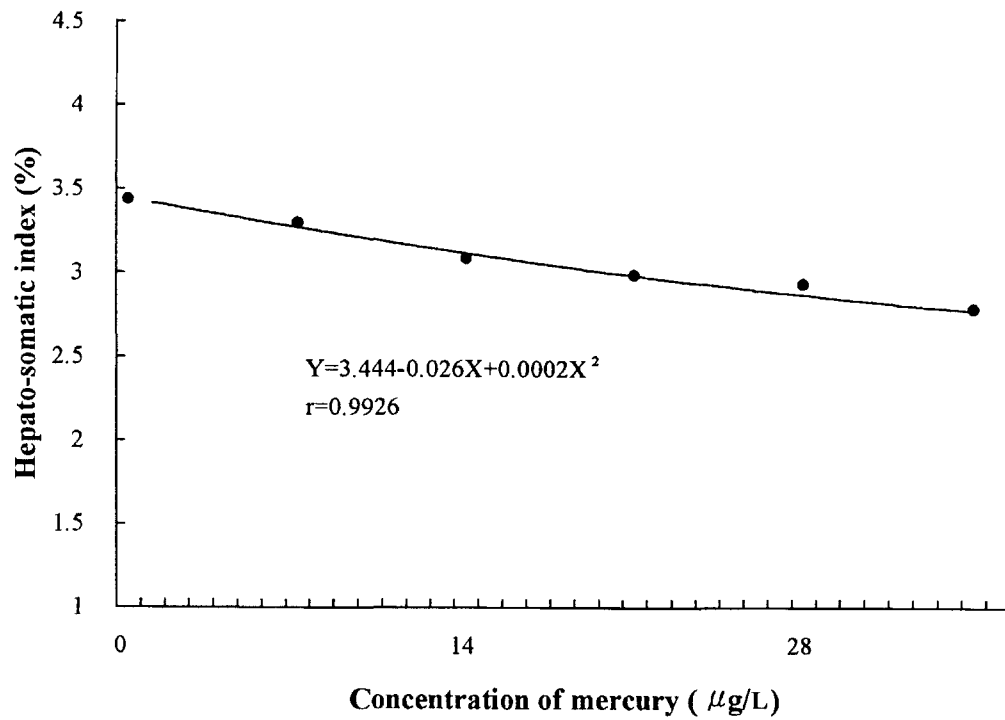


Fig. 2. Correlation between mercury concentration and hepato-somatic indices of *Penaeus penicillatus* after 80 days of exposure.

Table 4. Effects of mercury on the osmotic concentration and protein content in the hemolymph of *Penaeus penicillatus*.

Concentration of mercury (μg/L)	Osmotic concentration (mmol/kg)	Protein content (g/100 ml)
0	804.63 ± 53.28A	7.85 ± 1.85A
7	820.75 ± 51.45AB	9.60 ± 2.68AB
14	868.13 ± 73.06BC	10.09 ± 2.84ABC
21	870.88 ± 70.05BCD	11.83 ± 2.38BCD
28	843.37 ± 73.65CDE	12.28 ± 2.34BDE
35	856.75 ± 61.79CDE	12.68 ± 1.95DE

Data are shown as mean ± SE(n=10).

Values not sharing the same letters are significantly different, P<0.05.

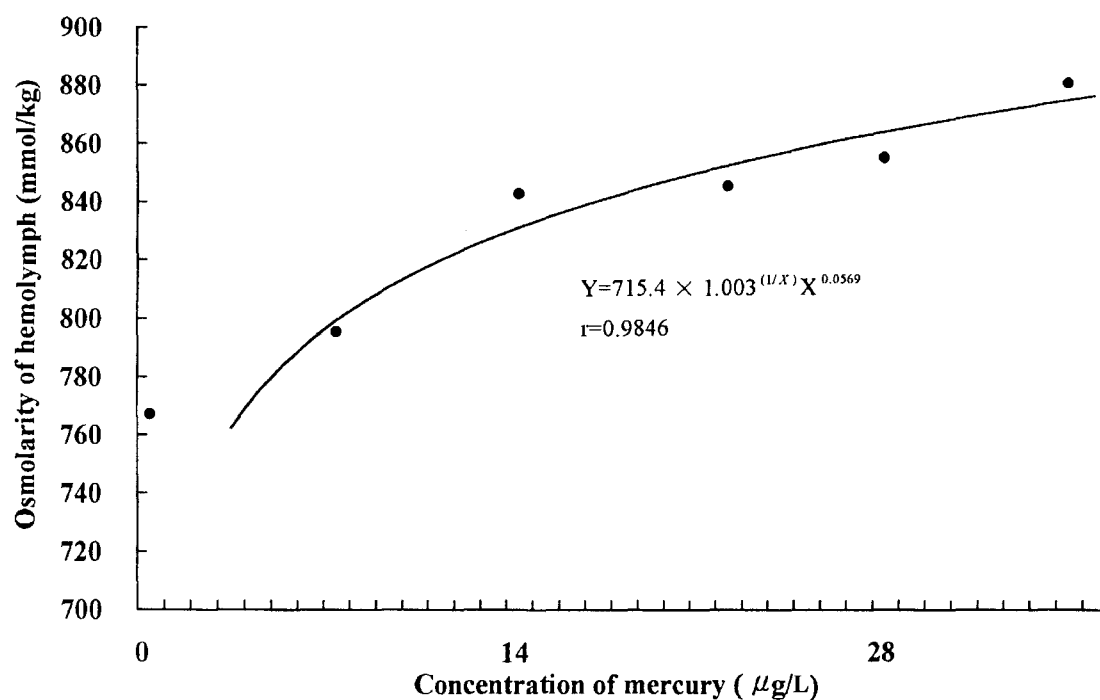


Fig. 3. Correlation between mercury concentration and osmolarity of hemolymph of *Penaeus penicillatus* after 80 days of exposure.

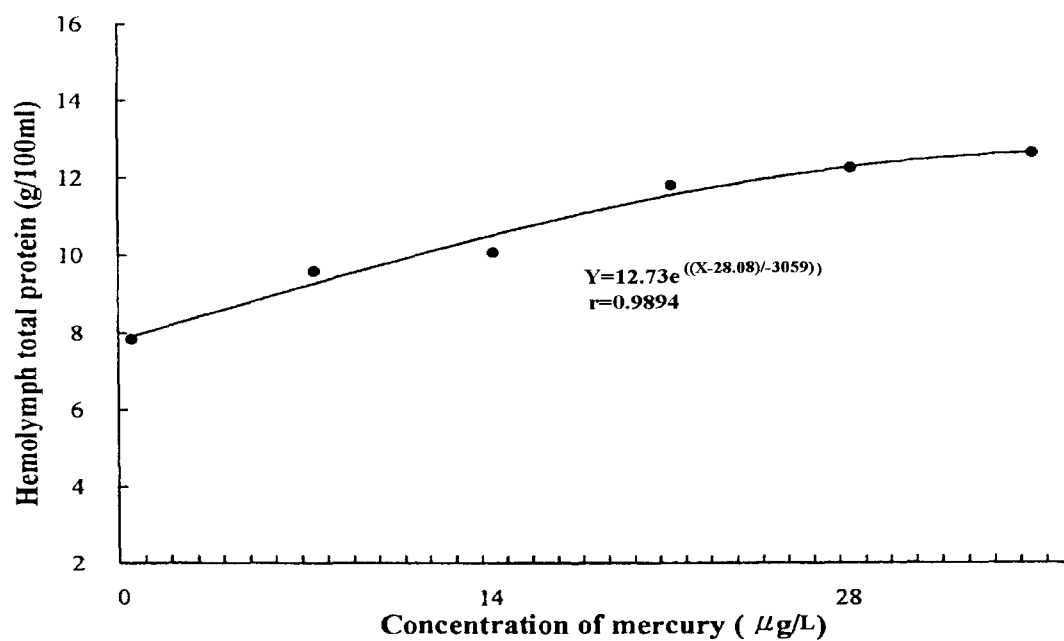


Fig. 4. Correlation between mercury concentration and hemolymph total protein content of *Penaeus penicillatus* after 80 days of exposure.

討論

以亞致死濃度來進行慢性毒性試驗, 雖然比急性毒性試驗複雜且耗時, 但其所獲得資料用來預估污染物對生物族群的有害濃度或安全濃度則較為可靠⁽¹³⁾。一般重金屬在蝦體內之轉移通常經由血液中的血球來輸送⁽¹⁴⁾, 當生物遭受到異常環境緊迫, 體內會暫時失去平衡狀態, 但經過一段時間之適應在行為或生理上會有所調適。如果生物體無法重新建立體內平衡狀態, 則將引起慢性症狀, 進而影響成長或導致死亡⁽¹⁵⁻¹⁸⁾。因此, 以生長作為生物體反應環境狀況, 在生理生化上的綜合表現, 是一種有效緊迫指標。

許多研究顯示, 重金屬會降低魚蝦貝之生長。Ringwood⁽¹⁹⁾報告指出, 鎘會影響夏威夷雙殼貝幼苗之成長。Nell 等⁽²⁰⁾研究指出, 銅對牡蠣幼苗亦會造成生長緩慢。汞亦會對胎貝造成生長停滯⁽²¹⁾。銅對烏魚苗與鱸魚成長皆有抑制作用^(22,23)。本研究是將紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中 80 天, 在日間成長率與飼料效率上, 隨飼育期間的增長而下降, 各處理組間有顯著差異, 在日間成長率, 濃度 28 與 35 $\mu\text{g/L}$ 組與對照組比較有顯著下降; 飼料效率在濃度 24 $\mu\text{g/L}$ 以上之各處理組皆比對照組差; 攝餌量在濃度 28 與 35 $\mu\text{g/L}$ 組與對照組比較有顯著減少; 活存率在飼育 20 天時, 各試驗組活存率達 100%, 但隨後則有下降趨勢。試驗至第 80 天, 濃度 14 $\mu\text{g/L}$ 以上各組皆比對照組差。由本試驗顯示汞濃度高於 14 $\mu\text{g/L}$ 則對成長有影響。

紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中 80 天, 肌肉水分含量與肝重比皆與各處理濃度有顯著相關, 各試驗組間有顯著差異性; 隨濃度增加肌肉有脫水, 肝重比有減少之趨勢。對照組與濃度 14 $\mu\text{g/L}$ 以上之各處理組有顯著差異。袁⁽²²⁾研究烏魚暴露於銅溶液中, 濃度愈高, 培養時間愈長, 肝臟體積愈縮小; 因為重金屬經由鰓及体表滲入體內, 經血液運送到肝臟, 進行解毒作用⁽²⁴⁾。當攝入量超過肝胰臟系統所能負荷時, 則會影響消化、代謝與循環等機能, 引起溶血、肝炎與心肌出血等慢性症狀⁽²⁵⁾, 而且, 金屬會刺激造血系統而使較小的血球比率增加^(26,27), 當血球破裂會釋出酸性水解酵素到血液中, 而使較大顆粒血球數量減少, 而顆粒性血球細胞中的顆粒是一種溶小體⁽²⁸⁾, 這些溶小體會被金屬離子破壞, 而失去恆定性, 使溶小體中的酸性水解酵素進入細胞

質與胞外環境引發自溶作用而流入血液中⁽²⁹⁾。所以肝臟內金屬離子濃度增加時, 肝細胞內含金屬溶小體之數目會增多, 於是肝內物質會被消耗掉。另一方面金屬離子亦可能溶入溶小體內形成不活化的生物形式或是利用這酸性水解酵素進行代謝轉換成無毒形式排出体外⁽³⁰⁾, 由此可解釋暴露於重金屬溶液中愈久, 肝之體積會愈小。水生生物隨棲息環境的不同, 其体液組成與滲透壓調節能力也隨之不同^(31,32)。就對蝦屬而言, 則屬於滲透壓調節者, 在高鹽度環境時, 血淋巴維持低滲透壓調節, 在低鹽度環境時則為高滲透壓調節; 而血淋巴與組織細胞間則維持等滲透壓⁽³³⁾。紅尾蝦飼養在低濃度汞溶液中 80 天, 其血淋巴滲透壓與各處理濃度有顯著相關性, 各試驗組間有顯著差異性; 隨汞溶液濃度增加滲透壓有上升之趨勢, 濃度超過 14 $\mu\text{g/L}$ 以上, 則滲透壓有顯著增加。袁⁽²²⁾指出銅濃度愈高, 對烏魚苗血液滲透壓亦有上升趨勢。草蝦培育在各別銅濃度中, 血淋巴滲透壓隨銅濃度增加而上升⁽³⁴⁾。岩蝦在 34 ‰ 海水中其血淋巴滲透壓亦隨金屬濃度增加而增加⁽¹²⁾。岸蟹之血淋巴滲透壓亦受汞、銅金屬影響^(35,36)。這顯示含重金屬之水體會破壞鰓部組織, 終止魚蝦類鰓部離子調節作用, 以致從滲入之海水中所獲得鹽類離子, 無法正常排出而升高體內滲透壓。基本上血淋巴在組織細胞與外界環境間扮演滲透壓緩衝角色⁽³⁷⁾; 而且細胞內液之滲透壓會隨著血淋巴滲透壓而改變, 血淋巴對細胞內的游離氨基酸含量亦具有調節作用⁽³⁸⁾。甲殼類血淋巴之蛋白質的質與量會受到鹽度、脫殼、營養狀態與病變等因素的影響⁽³⁹⁾。Ferraris 等⁽⁴⁰⁾指出, 草蝦之血淋巴蛋白質的濃度會隨著滲透壓而改變, 當體內滲透壓升高時, 血淋巴之蛋白質會隨著增加。本試驗結果顯示血淋巴之蛋白質含量與各處理濃度有顯著相關性, 各試驗組間有顯著差異; 隨汞濃度增加, 血淋巴之滲透壓與蛋白質含量有上升之趨勢, 安全濃度以上之各處理組皆與對照組有顯著差異。由本試驗結果顯示, 在低濃度汞溶液下, 會影響紅尾蝦成長、脫水與肝重比減少, 並對其滲透壓調節機能造成影響, 而使血淋巴之滲透壓與蛋白質含量升高之趨勢。

謝辭

本試驗承台灣省水產試驗所台南分所邱英哲先生之鼎力

協助，及其他未具名審查者提供寶貴意見，得以完成，特此致謝。

參考文獻

1. 鄭森雄 (1975) 台灣西南沿海養殖貝類大量死亡原因之研究. JCRR Fish. Rep., **18**: 1-48.
2. 張嵩林 (1984) 台灣水污染對漁業損害之調查. 漁業環境保護, 台灣省水產學會, 127-137.
3. 陳弘成, 黃建發, 黃玉霜 (1992) 水產物體內重金屬含量之研究. 漁業環境保護專輯, 農委會漁業特刊, **34**: 78-85.
4. Hung, T. C., B. C. Han and S. J. Wu (1989) Green oyster species and forms of copper in the Charting coastal water. Acta Oceanogr. Taiwan., **6**: 30-38.
5. 洪楚璋 (1988). 台灣西部養殖區水質監測與生物體重金屬含量調查研究. 環境保護署, 環保專案研究叢書, **4**: 4-6.
6. Hung, T. C. and C. H. Tsai (1991) Study of heavy metals on the western coast of Taiwan. J. Environ. Protect. Soc., **14**(2): 11-34.
7. 李錦地, 張嵩林, 洪正中 (1983) 台灣省水污染物質中重金屬調查及管制. 工業污染防治, **5**: 1-9.
8. 林世榮, 丁雲源 (1993) 重金屬對各期紅尾蝦幼蝦毒性之影響. 水產研究, **1**(2): 55-65.
9. 林世榮、丁雲源 (1994) 重金屬對中國對蝦蝦苗之致死影響. 水產研究, **2**(1): 41-55.
10. 廖一久 (1973) 池中養成紅尾蝦之種蝦速報. JCRR Fish. Ser., **15**: 59-65.
11. Mckin, J. M. and D. A. Benoit (1971) Effects of long-term exposure to copper on survival, growth and reproduction of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). J. Fish. Res. Bd. Can., **28**: 655-662.
12. Chen, H. C. and J. D. Slinn (1980) Osmoregulation of the prawn, *Palaemon elegans* exposed to some heavy metals. J. Fish. Soc. Taiwan, **7**(1): 1-13.
13. Buikema, A. L. Jr., R. R. Niedertehner and J. Cairns, Jr. (1982) Biological monitoring, part IV - Toxicity testing. Water Res., **16**: 239-262.
14. Coombs, T. L. and S. G. George (1978) Mechanism of immobilization and detoxification of metals in marine organisms. In Physiology and Behavior of Marine Organisms, (D. S. Mcluskay and A. J. Berry eds.). Pergamon Press, New York, 179-197.
15. Lowe, D. M. and K. R. Clarke (1989) Contaminant-induced changes in the structure of the digestive epithelium of *Mytilus edulis*. Aquat. Toxicol., **15**: 345-358.
16. Nigro, M., E. Oriando and F. Regoli (1992) Ultrastructural localization of metal binding sites in the kidney of the Antarctic scallop *Adamussium colbecki*. Mar. Biol., **113**: 637-643.
17. Prasad, M. and M. Shil (1993) Histopathology of skin of the catfish, *Heteropneustes fossilis*: short-term effects of mercuric chloride. J. Fish. Dis., **16**: 143-147.
18. Sunila, I. and R. Lindstrom (1985) The structure of the interfilamentary junction of the mussel, *Mytilus edulis* (L.), gill and its uncoupling by copper and cadmium exposures. Comp. Biochem. Physiol., **81C**: 267-272.
19. Ringwood, A. H. (1992) Effects of chronic cadmium exposures on growth of larvae of an Hawaiian bivalve, *Isognomon californicum*. Mar. Ecol. Prog. Ser., **83**: 63-70.
20. Nell, J. A. and R. Chvojka (1992) The effect of bis-tributyltin oxide and copper on the growth of juvenile Sydney rock oysters *Saccostrea commercialis* and Pacific oysters *Crassostrea gigas*. Sci. Total Environ., **125**: 193-201.
21. Stromgren, T. (1982). Effect of heavy metals (Zn, Hg, Cu, Cd, Pb, Ni) on the length growth of *Mytilus edulis*. Mar. Biol., **72**: 69-72.
22. 袁又罡 (1990) 銅對烏魚 (*Mugil cephalus* L.) 之急慢性毒性的影響. 台大動物研究所碩士論文, 79PP.
23. Collvin, L. (1984) Uptake of copper in the gills and liver of perch, *Perca fluviatilis*. Ecol. Bull. (Stockholm), **36**: 57-61.
24. Bryan, G. W. (1976) Heavy metal contamination in the sea. In Marine Pollution, (R. Johnston ed.). Academic Press, London, 185-302.
25. Adamson, A. H., D. A. Valks, M. A. Appleton and W. B. Shaw (1969) Copper toxicity in housed lambs. Vet. Rec., **85**: 365-368.
26. Cheng, T. C. (1983a) The role of lysosomes in molluscan inflammation. Am. Zool., **23**: 129-144.
27. Cheng, T. C. (1983b) Internal defence mechanism of molluscs against invading microorganism: personal

- reminiscence. Trans. Am. Microsc. Soc., **106**: 185-193.
28. Mohandas, A., T. C. Cheng and J. B. Cheng (1985) Mechanism of lysosomal enzyme release from *Mercenaria mercenaria granulocytes*: A scanning electron microscope study. J. Invertebr. Pathol., **46**: 189-197.
29. Pickwell, G. V. and S. A. Steinert (1984) Serum biochemical and cellular responses to experimental cupric ion challenge in mussels. Mar. Environ. Res., **14**: 245-265.
30. Chandy, J. P. and B. Patel (1985) Do selenium and glutathione detoxify mercury in marine invertebrates Effects on lysosomal response in the tropical blood clam *Anadara granosa*. Dis. Aquat. Org., **1**: 39-47.
31. Jones, M. B. (1975) Synergistic effects of salinity, temperature and heavy metals on mortality and osmoregulation in marine and estuarine isopods (Crustacea). Mar. Biol., **30**: 13-20.
32. Shumway, S. E. (1977) Effect of salinity fluctuation on the osmotic pressure and Na^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+} ion concentration in the hemolymph of bivalve molluscs. Mar. Biol., **41**: 153-177.
33. Mantel, L. H. and L. L. Farmer (1983) Osmotic and ionic regulation: the biology of crustacea. In Internal Anatomy and Physiological Regulation, (L. H. Mantel ed.). Academic Press, New York, 53-161
34. 林世榮, 丁雲源 (1993) 重金屬銅對於草蝦血淋巴之滲透壓與蛋白質之影響. 台灣省水產試驗所研究工作報告, 363-372.
35. Bjerregaard, P. and T. Vislie (1985) Effects of mercury on ion and osmoregulation in the shore crab *Carcinus maenas*. Comp. Biochem. Physiol., **82C**: 227-230.
36. Bjerregaard, P. and T. Vislie (1986) Effects of copper on ion and osmoregulation in the shore crab *Carcinus maenas*. Mar. Biol., **91**: 69-76.
37. Parado Estepa, F. D., R. P. Ferraris, J. M. Dadja and E. G. De Jesus (1987) Responses of intermolt *Penaeus indicus* to large fluctuations in environmental salinity. Aquaculture, **64**: 175-184.
38. Siebers, D., C. Lucu, K. R. Sperling and K. Eberlein (1972) Kinetic of osmoregulation in the crab *Carcinus maenas*. Mar. Biol., **17**: 291-303.
39. Depledge, M. H. and P. Blerregard (1989) Hemolymph protein composition and copper levels in decapod crustaceans. Helgol. Meeresunters, **43**: 207-223.
40. Ferraris, R. P., F. D. Parado Estepa, J. M. Dadja and E. G. De Jesus (1986) Effect of salinity on the osmotic, chloride, total protein and calcium concentrations in the hemolymph of the prawn *Penaeus monodon*. Comp. biochem. Physiol., **83A**: 701-708.

Shih-Jung Lin and Yun-Yuan Ting

Tainan Branch, Taiwan Fisheries Research Institute

Chiku, Tainan 724, Taiwan.

(Accepted 18 June 1995)



Effects of Mercury on the Growth, Hepato-somatic Index, Water Content in Muscle and Osmotic and Protein Concentrations in the Hemolymph of *Penaeus penicillatus*

Abstract

The water content in muscle, hepato-somatic index, total protein and osmolarity of hemolymph of red tail shrimp *Penaeus penicillatus* were examined to understand the chronic effect of mercury toxicity on the growth of the shrimp. The results of the analysis were provided as a reference for pond administration and water quality standardization.

The red tail shrimps were exposed in low mercury concentrations for 80 days, their body weight and total length increased with time. The mercury concentration became higher, their growth rate and feed efficiency became lower. The survival rate were 100% after 20 days of exposure in each test group, but survival rates decreased after 80 days in groups with higher mercury concentration. The water content in muscle and hepato-somatic index were significantly related to mercury concentration. The osmolarity of hemolymph were also significantly related to mercury concentration. With the concentration increased, the total protein and osmolarity of hemolymph increased accordingly.

Key words: Mercury, *Penaeus penicillatus*, Growth, Hemolymph osmotic pressure, Hemolymph, Protein content, Hepato-somatic index