

六種化學物對鱸鰻苗之急性毒研究

林天生

行政院農業委員會水產試驗所淡水繁養殖研究中心

摘要

本試驗探討在 20 °C 及 30 °C 水溫下，硫酸銅、美舒添、高錳酸鉀、福馬林、碘劑及 BKC 等六種常用化學物，對鱸鰻 (*Anguilla marmorata*) 苗之急性毒及半致死濃度 (LC₅₀)。結果顯示，六種化學物對鱸鰻苗 96 h 之 LC₅₀ 值，在 20 °C 時分別為：硫酸銅 3.90 ppm、高錳酸鉀 1.75 ppm、福馬林 146.44 ppm、美舒添 5.46 ppm、碘劑 0.80 ppm 及 BKC 7.02 ppm；在 30 °C 時，則分別為硫酸銅 3.06 ppm、高錳酸鉀 1.65 ppm、福馬林 131.46 ppm、美舒添 1.41 ppm、碘劑 0.69 ppm 及 BKC 6.91 ppm。兩個試驗溫度下，由 LC₅₀ 值顯示毒性以碘劑最強，其次在 20 °C 依序為高錳酸鉀、硫酸銅、美舒添、BKC、福馬林；在 30 °C 依序為美舒添、高錳酸鉀、硫酸銅、BKC、福馬林。在 30 °C 水中，毒性都有升高趨勢，其中以美舒添較明顯。由試驗結果顯示，碘劑 50 ~ 200 ppm 作 10 ~ 15 min 短時間及高錳酸鉀 3 ~ 5 ppm 作長時間藥浴，在兩種水溫皆不適用於鱸鰻苗。而硫酸銅以 8、100 及 500 ppm 各藥浴 30、20 及 1 min；美舒添以 100 ppm 藥浴 60 min；高錳酸鉀以 20 ppm 藥浴 20 min；福馬林以 200、250 及 400 ppm 各藥浴 60、30 及 15 min 皆可適用。

關鍵詞：鱸鰻苗、化學治療劑、急性毒、半致死濃度

前言

台灣的鰻魚產業萌芽於民國四十年代，在業界與政府的共同努力下，曾經創造年產百億元之佳績，但近年來亦面臨內外交攻之經營困境。由於養殖所需鰻苗多賴進口供應，在中國積極發展鰻魚事業，競相搶購有限鰻苗資源之情形下，鰻苗取得倍感困難，導致產業面臨萎縮之壓力。2009 年 4 月 1 日鱸鰻 (*Anguilla marmorata*) 開始解除保育，成為一新的重要養殖魚種。

鱸鰻分布範圍較其他各種鰻魚為廣，西起東非馬達加斯加島，東至法屬玻里尼西亞，北起日本，南至南太平洋。鱸鰻生活史與日本鰻相似，但體型較大，最大體長可達 160 cm，重 30 ~ 50 kg (曾, 1986)，深受華人喜愛。一般認為其生命力很強，但根據調查，目前育成率只有 20 ~ 30%。鱸

鰻與其他魚類一樣，在養殖過程中都會受到疾病的侵害。集約式養殖系統中，一旦發生病害，傳染非常快速，常會造成養殖戶的重大損失，為了預防和控制疾病，各種化學物被廣泛使用，而其毒性隨著曝露時間、生物種類、水質及濃度的不同而有差異 (Chen and Chang, 1979)。但國內一般魚病治療手冊標示的使用濃度幾乎是參考國外文獻報告，且很少針對魚種或是淡水、海水環境作區隔；另，即使是同一種濃度的化學物在不同水溫中對魚的毒性亦有很大差異 (鐘, 1990; 林等, 2003)。根據幼苗培育試驗結果發現，鱸鰻幼苗對疾病的抵抗力明顯較日本鰻弱，有必要針對目前常用的化學物對鱸鰻苗的毒性進行探討。

材料與方法

一、試驗用魚

鱸鰻苗體長 8.5 ~ 9.3 cm、體重 1.34 ~ 1.75 g，

*通訊作者 / 新竹縣竹北市泰和里 111 號; TEL: (03) 5551-190; FAX: (03) 555-4591; E-mail: l_t_s_1@yahoo.com.tw

Table 1 Mortality rate (%) of swamp eel elvers exposed to different concentrations of copper sulfate for different time periods

Temperature (°C)	Time elapsed (h)	Concentration (ppm)					
		4.00	5.20	6.76	8.79	11.42	14.85
20	24	0	0	0	0	46.7	93.3
	48	20	36.7	40	80	100	100
	96	50	60	100	100	100	—
30		3.08	4.00	5.20	6.76	8.79	11.42
	24	0	0	0	0	0	66.7
	48	16.7	43.3	60	100	100	100
	96	30	80	100	100	100	—

試驗前在室內 2 tons 圓型 FRP 桶馴養 2 星期，試驗前一天停止投餌。

二、試驗用水

地下水硬度 205 ppm，經充分曝氣後，pH 值為 7.1 ~ 7.6，DO 5.6 ~ 6.1 ppm。試驗水溫分為 20 °C 及 30 °C 兩種，以恆溫水浴方式控制在 ±0.5 °C，試驗期間微量打氣。

三、供試化學物

硫酸銅 (copper sulfate；以 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 供試)、高錳酸鉀 (potassium permanganate)、福馬林 (37% 甲醛溶液)、美舒添 (Masoten；含 80% 三氯松之商品)、碘劑 (有效濃度 20%) 及 BKC (Benzalkonium chloride；有效濃度 80%)。各種化學物皆於試驗前以蒸餾水配製成 1000 ppm 的儲備溶液。

四、生物檢定方法

本試驗採止水式、不換水，容器為 15 L 廣口圓桶狀玻璃缸，每次裝水 10 L。預備試驗時，每一濃度使用 2 尾鱸鰻苗，由初步結果求取出約略的上限 (百分之百致死濃度) 與下限 (百分之百活存)，然後在 20 °C 及 30 °C 兩種恆定水溫中，依據各化學物活存與致死濃度，使用幾何等比級數稀釋法，配製成數種不同的濃度，每種濃度放入 10 尾鱸鰻苗，採三重覆進行測試，記錄 24、48 及

96 h 之死亡尾數。試驗期間，隨時撈除死魚以免污染試驗用水。試驗結果以 Probit analysis 套裝軟體 (Finney, 1971) 求出半致死濃度 (median lethal concentration, LC_{50}) 值及信賴區間 (confidence limits)。

五、化學物使用濃度測試

在 10 L 水中放入 2 尾鱸鰻苗，依據王 (1993) 與鍾 (1990) 之各種化學物之高濃度、短時間藥浴方式，探討對鱸鰻苗致死時間的影響。各化學物之濃度分別如下：

硫酸銅：8、100 及 500 ppm
 美舒添：100 ppm
 高錳酸鉀：10、20 ppm
 福馬林：200、250 及 400 ppm
 碘劑：50 ~ 200 ppm

結 果

一、硫酸銅對鱸鰻苗的急性毒

在預備試驗中，硫酸銅濃度為 4、8 及 16 ppm，水溫 20 °C 時，鱸鰻苗分別約在 120、51 及 26 h 內死亡；30 °C 時則分別約在 120、48 及 20 h 內死亡。曝露在不同濃度硫酸銅中的毒性測定結果為，30 °C 水溫中，3.08 ppm 於 48 h 內即會產生致死毒性，4.00 及 5.20 ppm 之 96 h 致死率為 80% 及 100%。相對的，在 20 °C 水溫中，4.00 及 5.20 ppm

Table 2 Mortality rate (%) of swamp eel elvers exposed to different concentrations of copper sulfate for different time periods

Temperature (°C)	Concentration (ppm)		
	24-h LC ₅₀ (95% confidence limits)	48-h LC ₅₀ (95% confidence limits)	96-h LC ₅₀ (95% confidence limits)
20	12.51 (11.26-13.90)	5.80 (5.21-6.46)	3.90 (3.33-4.56)
30	10.60 (10.08-11.14)	4.04 (3.67-4.45)	3.06 (2.62-3.58)

Table 3 Mortality rate (%) of swamp eel elvers exposed to different concentrations of potassium permanganate for different time periods

Temperature (°C)	Time elapsed (h)	Concentration (ppm)				
		1.2	1.44	1.73	2.07	2.48
20	24	0	0	0	10	100
	48	0	0	20	76.7	100
	96	0	20	26.7	80	100
30	24	0	0	10	36.7	100
	48	0	16.7	30	100	100
	96	0	20	30	100	100

Table 4 The LC₅₀ values and their 95% confidence limits of potassium permanganate for swamp eel elvers exposed to different time periods

Temperature (°C)	Concentration (ppm)		
	24-h LC ₅₀ (95% confidence limits)	48-h LC ₅₀ (95% confidence limits)	96-h LC ₅₀ (95% confidence limits)
20	2.07 (1.98-2.16)	1.85 (1.79-1.92)	1.75 (1.68-1.82)
30	1.92 (1.85-2.00)	1.66 (1.61-1.71)	1.65 (1.60-1.70)

的 96 h 致死率則只有 50% 及 60% (Table 1)。硫酸銅之 24、48 及 96 h 之 LC₅₀ 值，在 20 °C 時分別為 12.51、5.80 及 3.90 ppm；30 °C 時則為 10.60、4.04 及 3.06 ppm (Table 2)，顯示硫酸銅對鱸鰻苗的毒性在高水溫中有升高趨勢。

根據鍾 (1990) 建議的 100 ppm 與王 (1993) 建議的 500 ppm 進行藥浴結果顯示，水溫 20 °C 時，分別於約 6 h 11 min 及 4 h 3 min 對鱸鰻苗產生致死毒性；30 °C 則分別縮短至於 4 h 41 min 及 2 h 34 min。

二、高錳酸鉀對鱸鰻苗之急性毒

在預備試驗中，高錳酸鉀濃度為 2.4、3.6 及 4.8 ppm，水溫 20 °C 時，鱸鰻苗分別在 20 h、16 h 及 11 h 43 min 內死亡；30 °C 時則分別約在 18 h、13 h 及 7 h 內死亡。高錳酸鉀為強氧化劑，施用初期會發現鱸鰻苗呈急躁、快速游動現象。曝露在不同濃度之高錳酸鉀中的毒性測定結果：兩種水溫中，高錳酸鉀 1.20 ppm，尚不會產生致死毒性，而在 1.44 ppm 即會導致死亡。2.48 ppm 於 24 h 內全部死亡 (Table 3)。在試驗中發現，溶解後的高錳酸鉀注入玻璃缸後，易在魚體表或水中形成膠狀物質，毒性迅速減弱，其 24、48 及 96 h 之 LC₅₀ 值在 20 °C 水溫中，分別為 2.07、1.85 及 1.75 ppm，

Table 5 Mortality rate (%) of swamp eel elvers exposed to different concentrations of formalin for different time periods

Temperature (°C)	Time elapsed (h)	Concentration (ppm)				
		140.0	168.0	201.6	241.9	290.3
20	24	0	0	60	76.7	100
	48	0	20	100	100	100
	96	26.7	60	100	100	100
30		97.2	116.7	140.0	168.0	201.6
	24	0	0	20	83.3	100
	48	0	20	46.7	100	100
	96	0	23.3	60	100	100

Table 6 The LC₅₀ values and their 95% confidence limits of formalin for swamp eel elvers exposed to different time periods

Temperature (°C)	Concentration (ppm)		
	24-h LC ₅₀ (95% confidence limits)	48-h LC ₅₀ (95% confidence limits)	96-h LC ₅₀ (95% confidence limits)
20	211.44 (204.72-218.38)	177.77 (172.32-183.39)	146.44 (133.70-160.40)
30	149.26 (144.30-154.39)	138.37 (134.15-142.73)	131.46 (127.48-135.56)

30 °C 水溫中，則分別為 1.92、1.66 及 1.65 ppm (Table 4)。

根據鍾 (1990) 建議的 10 ppm 與王 (1993) 建議的 20 ppm 進行藥浴時，在 20 °C 水溫中，分別約在 3 h 21 min、2 h 55 min 開始對鱸鰻苗產生致死毒性；30 °C 則分別約在 3 h 18 min 及 2 h 47 min 時出現死亡現象。

三、福馬林對鱸鰻苗的急性毒

在預備試驗中，福馬林濃度為 150、250 及 400 ppm，水溫 20 °C 時，鱸鰻苗分別在 120 h、24 h 及 6 h 35 min 內死亡；30 °C 時則分別在 96 h、9 h 及 2 h 47 min 內死亡。曝露在不同濃度福馬林中的毒性測定結果為，30 °C 水溫中，140.0 ppm 於 24 h 內即會產生致死毒性；168.0 ppm 的死亡率為 83.3%，毒性明顯增強；201.6 ppm 則於 24 h 內全部死亡。水溫 20 °C 時，168.0 ppm 於 24 h 之死亡率為 0%，201.6 ppm 則劇增至 60% (Table 5)。24、48 及 96 h 之 LC₅₀ 值，在 20 °C 分別為 211.44、

177.77 及 146.44 ppm；30 °C 時為 149.26、138.37 及 131.46 ppm (Table 6)。

以 200 (鍾, 1990) 與 250 及 400 ppm (王, 1993) 藥浴結果，20 °C 水溫中，各分別在 13 h、12 h 及 6 h 35 min，30 °C 時則在 11 h、9 h 及 2 h 42 min，開始發生死亡現象。

四、美舒添對鱸鰻苗的急性毒

在預備試驗中，美舒添濃度為 3、6、12 及 24 ppm，水溫 20 °C 時，鱸鰻苗分別在 144 h、120 h、72 h 及 9 h 12 min 內死亡；在 30 °C，則縮短至 65 h、48 h、4 h 10 min 及 3 h 25 min 內死亡。於 20 °C 水溫中，在 4.50 ppm 低濃度時，鱸鰻苗 96 h 的死亡率為 10%，6.75 ppm 時毒性明顯增強。但水溫升高至 30 °C 時，4.50 及 6.75 ppm 組則分別在 96 h 及 24 h 內全部死亡 (Table 7)。24、48 及 96 h 之 LC₅₀ 值在 20 °C 分別為 19.21、9.42 及 5.46 ppm；而 30 °C 時則分別為 3.81、2.87 及 1.41 ppm (Table 8)，顯示美舒添在較高水溫中，毒性明顯增強。以

Table 7 Mortality rate (%) of swamp eel elvers exposed to different concentrations of Masoten for different time periods

Temperature (°C)	Time elapsed (h)	Concentration (ppm)				
		4.50	6.75	10.13	15.20	22.79
20	24	0	0	0	26.7	90
	48	0	40	53.3	93.3	100
	96	10	66.7	100	100	100
30		1.33	2.00	3.00	4.50	6.75
	24	0	0	10	36.7	100
	48	0	40	60	76.7	100
	96	20	80	100	100	100

Table 8 The LC₅₀ values and their 95% confidence limits of Masoten for swamp eel elvers exposed to different time periods

Temperature (°C)	Concentration (ppm)		
	24-h LC ₅₀ (95% confidence limits)	48-h LC ₅₀ (95% confidence limits)	96-h LC ₅₀ (95% confidence limits)
20	19.21 (15.91-23.20)	9.42 (8.65-10.25)	5.46 (4.51-6.61)
30	3.81 (3.49-4.15)	2.87 (2.63-3.13)	1.41 (1.13-1.77)

Table 9 Mortality rate (%) of swamp eel elvers exposed to different concentrations of iodine for different time periods

Temperature (°C)	Time elapsed (h)	Concentration (ppm)				
		0.70	0.77	0.85	0.93	1.03
20	24	0	0	43.3	60	90
	48	6.7	20	50	100	100
	96	6.7	20	50	100	100
30		0.58	0.64	0.70	0.77	0.85
	24	0	10	80	93.3	100
	48	0	16.7	80	93.3	100
	96	0	16.7	80	93.3	100

鍾 (1990) 建議之 100 ppm 藥浴 1 h 後移入清水，在兩種水溫皆活存。

五、碘劑對鱸鰻苗的急性毒

在預備試驗中，有效碘劑濃度為 0.9、1.2 及 1.8 ppm，水溫 20 °C 時，鱸鰻苗分別約在 48 h、13 h 及 9 h 內死亡，而在 30 °C 時，則分別約在 3 h 10 min、2 h 52 min 及 1 h 15 min 內死亡。濃度為

0.6 ppm 時，鱸鰻苗無論是在 20 °C 或 30 °C 水溫下，96 h 後活存皆達 100%。曝露在不同濃度碘劑中的毒性測定結果為，30 °C 水溫中，0.64 ppm 組於 24 h 內即會產生致死毒性，提高至 0.70 ppm 則死亡率隨之明顯升高，0.85 ppm 時供試魚在 24 h 內全部死亡。水溫為 20 °C 時，0.85 ppm 組之 24 h 死亡率則只有 43.3% (Table 9)。24、48 及 96 h 之 LC₅₀ 值在 20 °C 時分別為 0.92、0.80 及 0.80 ppm，而在 30 °C 時則分別為 0.69、0.69 及 0.69 ppm

Table 10 The LC₅₀ values and their 95% confidence limits of iodine for swamp eel elvers exposed to different time periods

Temperature (°C)	Concentration (ppm)		
	24-h LC ₅₀ (95% confidence limits)	48-h LC ₅₀ (95% confidence limits)	96-h LC ₅₀ (95% confidence limits)
20	0.92 (0.89-0.95)	0.80 (0.77-0.82)	0.80 (0.77-0.82)
30	0.69 (0.68-0.71)	0.69 (0.68-0.70)	0.69 (0.68-0.70)

(Table 10)，顯示碘劑在較高水溫中，毒性亦會增強。以王 (1993) 建議之 50、200 ppm 分別藥浴 15 及 10 min 後皆有死亡現象產生。

六、BKC 對鱸鰻苗的急性毒

在預備試驗中，BKC 濃度為 10 及 15 ppm，水溫 20 °C 時，鱸鰻苗分別約在 6 h 5 min 及 5 h 15 min 內死亡；在 30 °C 時，則分別約在 6 h 及 4 h 7 min 內死亡。濃度為 5 ppm 時，於兩種水溫中，鱸鰻經 96 h 全部活存。曝露在不同濃度 BKC 中的毒性測定結果為，30 °C 水溫中，6.0 ppm 於 24 h 內即會產生致死毒性；8.64 ppm 死亡率明顯升高，10.37 ppm 則於 24 h 內全部死亡。20 °C 水溫中，濃度 7.20 ppm 組於 24 h 內仍未見死亡 (Table 11)。24、48 及 96 h 之 LC₅₀ 值在 20 °C 分別為 8.06、7.02 及 7.02 ppm，30 °C 則分別為 7.21、6.91 及 6.91 ppm (Table 12)。

討 論

本試驗所使用之六種化學物，早期廣泛使用於水產動物養殖池，但根據行政院農業委員會於 2007 年發佈的「水產動物用藥品使用規範」，目前除了美舒添之外，其他 5 種皆不可使用於食用魚類。本試驗之主要目的乃在針對該六種化學物對新興養殖魚種的毒性進行探討。

硫酸銅過去常被用來治療原蟲、黴菌、藻類及寄生蟲之單感染或混合感染症 (王, 1993)。魏

與劉 (1982) 指出，重金屬銅離子對吳郭魚及鯉魚 (*Cyprinus carpio*) 48 h 之 TLm 值，分別為 0.27 ppm 及 0.29 ppm，經換算成 CuSO₄ · 5H₂O 的濃度為 1.061 ppm 及 1.140 ppm。魏等 (1984) 認為銅離子對草魚 (*Ctenopharyngodon idellus*) 48 h 之 TLm 值為 0.4 ppm，換算成 CuSO₄ · 5H₂O 濃度為 1.572 ppm。林等 (1999) 指出，硫酸銅對青魚 (*Mylopharyngodon piceus*) 96 h 之 LC₅₀ 值在 20 及 30 °C，分別為 1.183 及 0.976 ppm。盧等 (2000) 指出，硫酸銅對美洲鰻 (*A. rostrata*) 96 h 之 TLm 值為 2.90 ppm (20.2 ~ 23.0 °C，自來水，硬度 70 ppm)。王等 (2000) 指出，硫酸銅對小口脂鯉 (*Prochilodus scrofa*) 96 h 之 TLm 值為 4.656 ppm (26 ~ 30 °C，自來水)。林等 (2003) 指出，硫酸銅對銀鱸 (*Bidyanus bidyanus*) 96 h 之 LC₅₀ 值在 20 及 30 °C，分別為 2.115 ppm 及 1.072 ppm (硬度 210 ppm)。王等 (2004) 指出，硫酸銅對丁鱥 (*Tinca tinda*) 96 h 之 TLm 值為 1.44 ppm (20 ~ 23 °C，自來水)。萬等 (2005) 指出，硫酸銅對黃鱔 (*Monopterus albus*) 48 h 之 TLm 值為 10 ppm (16 ~ 20 °C，自來水)，但 5 ppm 在 96 h 內全部死亡。姚等 (2010) 指出，銅離子對中華鱖 (*Acipenser sinensis*) 96 h 之 LC₅₀ 值為 0.0217 ppm (硬度 30 ± 5 ppm)，經換算成 CuSO₄ · 5H₂O 的濃度為 0.086 ppm。在本試驗中，硫酸銅對鱸鰻苗 24、48 及 96 h 之 LC₅₀ 值在 20 °C 分別為 12.51、5.80 及 3.90 ppm，在 30 °C 則分別為 10.60、4.04 及 3.06 ppm (Table 2)。郭等 (1986) 指出，硫酸銅在硬水中毒性較低，而軟水中則相當高。根據 USEPA (1976)

Table 11 Mortality rate (%) of swamp eel elvers exposed to different concentrations of BKC for different time periods

Temperature (°C)	Time elapsed (h)	Concentration (ppm)				
		5.00	6.00	7.20	8.64	10.37
20	24	0	0	0	86.7	100
	48	0	10	16.7	100	100
	96	0	10	16.7	100	100
30	24	0	16.7	26.7	93.3	100
	48	0	16.7	30	100	100
	96	0	16.7	30	100	100

Table 12 The LC₅₀ values and their 95% confidence limits of BKC for swamp eel elvers exposed to different time periods

Temperature (°C)	Concentration (ppm)		
	24-h LC ₅₀ (95% confidence limits)	48-h LC ₅₀ (95% confidence limits)	96-h LC ₅₀ (95% confidence limits)
20	8.06 (7.79-8.33)	7.02 (6.70-7.24)	7.02 (6.70-7.24)
30	7.21 (6.94-7.50)	6.91 (6.70-7.12)	6.91 (6.70-7.12)

的定義 0 ~ 75 ppm CaCO₃ 為軟水, 75 ~ 150 ppm 為中硬水, 150 ~ 300 ppm 為硬水, 而超過 300 ppm 以上者為極硬水。在上述魚種中, 美洲鰻、丁鱥在軟水中忍受力較硬水中的鱸鰻苗低, 但黃鱔及小口脂鯉在軟水中對硫酸銅的忍受性仍比硬水中的吳郭魚、鯉魚、草魚、青魚、銀鱸、鱸鰻苗稍高。在不同硬度的淡水中, 除了中華鱖對硫酸銅特別敏感外, 其他對硫酸銅的忍受性, 因魚種而雖有不同, 但較不明顯; 在海水魚方面, 陳與丁 (1990) 指出, 銅離子對黑鯛 (*Acanthopagrus schlegelii*) 之 48 h 之 TLm 值分別為 1.88 ppm, 換算成 CuSO₄ · 5H₂O 濃度則為 7.390 ppm, 可發現硫酸銅對高硬度海水中黑鯛的毒性明顯比淡水魚類低。廖與郭 (1990) 指出, 硫酸銅對草蝦 (*Penaeus monodon*)、斑節蝦 (*P. japonicus*)、熊蝦 (*P. semisulcatus*)、紅尾蝦 (*P. penicillatus*)、砂蝦 (*Metapenaeus ensis*) 及淡水長腳大蝦 (*Macrobrachium rosenbergii*) 之 24 h TLm 值分別

為 436、427、231、319、465 及 0.39 ppm。由淡水長腳大蝦之 24 h TLm 值與海水蝦類相比, 顯現出硫酸銅在淡水與海水中對蝦類的毒性差異相當大, 最高可達 1,000 倍以上; 另外, 淡水長腳大蝦對硫酸銅的忍受性, 明顯較其他淡水魚低, 應避免將池水直接大量排入溝渠, 影響淡水蝦類的生存。王 (1993) 建議硫酸銅藥浴方式為 8 及 500 ppm, 藥浴時間分別為 20 ~ 30 min; 鍾 (1990) 則建議 100 ppm 藥浴 10 ~ 20 min; 本試驗以其所建議之濃度與時間用於鱸鰻苗, 結果均可活存。

高錳酸鉀溶於水中呈紫紅色, 養殖業者俗稱紅藥, 一般用於殺除體外細菌、黴菌或寄生蟲感染症 (王, 1990)。林等 (1990) 指出, 高錳酸鉀對七星鱸 (*Lateolabrax japonicus*) 48 h 之 LC₅₀ 值為 2.2 ppm (海水); 李等 (1990) 指出, 高錳酸鉀對日本鰻苗 (*A. japonica*) 48 h 之 LC₅₀ 值為 1.53 ppm, 而以濃度 1.5 ppm 浸浴 48 h 會引起肝細胞腫大、空泡化及上表皮基部充血。廖與郭 (1990) 發現高

錳酸鉀對草蝦、斑節蝦、紅尾蝦及淡水長腳大蝦，分別於 2.4、2.1、1.7 及 2.77 ppm，24 h 內即會有產生致死毒性。林等 (1999) 指出，高錳酸鉀對青魚 96 h 之 LC_{50} 值，在 20 及 30 °C 分別為 3.451 及 3.105 ppm。盧等 (2000) 指出，高錳酸鉀對美洲鰻 96 h 之 TLm 為 4.02 ppm (20.2 ~ 23.0 °C)。王等 (2000) 指出，高錳酸鉀對小口脂鯉 96 h 之 TLm 為 3.472 ppm。林等 (2003) 指出，高錳酸鉀對銀鱸 96 h 之 LC_{50} 值，在 20 及 30 °C 時分別為 2.130 及 1.966 ppm。王等 (2004) 指出，高錳酸鉀對丁鱥 96 h 之 TLm 值為 4.3 ppm。王等 (2006) 指出，高錳酸鉀對蘇丹魚 (*Leptobabus hoevenii*) 96 h 之 LC_{50} 值為 3.14 ppm。高錳酸鉀對鱸鰻苗其 24、48 及 96 h 之 LC_{50} 值在 20 °C 水溫中，分別為 2.07、1.85 及 1.75 ppm，而在水溫 30 °C 水溫中，分別為 1.92、1.66 及 1.65 ppm。由 LC_{50} 值發現，鱸鰻對高錳酸鉀的忍受性較日本鰻苗稍高，而比七星鱸、銀鱸稍低，差異很小；但明顯較青魚、美洲鰻、小口脂鯉、丁鱥及蘇丹魚等為低。王 (1993) 建議池塘以高錳酸鉀 3 ~ 5 ppm 不限期藥浴，由上述各魚種 LC_{50} 值，以及淡、海水蝦致死濃度皆低於 5 ppm，甚至部份魚種 (七星鱸、日本鰻、銀鱸、鱸鰻苗) 更低於 3 ppm 來看，皆不適用。鍾 (1990) 建議 10 ppm 藥浴時間 30 ~ 40 sec，王 (1993) 建議 20 ppm 藥浴時間為不超過 1 h。由試驗結果顯示，以 20 ppm 藥浴時，在 2 種水溫中致死時間皆短於 1 h，很顯然建議的時間有縮短的必要。

福馬林是一種強蛋白沉澱劑，具有很強的殺菌、去黴及除蟲的效果 (王, 1993)。張等 (1988) 指出，在淡水中，福馬林對七星鱸 24、48 h 之 LC_{50} 值為 362.04 ppm 及 100.42 ppm，而林等 (1990) 指出，在鹽度 34 ~ 35 psu 海水中，福馬林對七星鱸 48 h 之 LC_{50} 值為 143 ppm。廖與郭 (1990) 指出，福馬林對淡水長腳大蝦 24 h 之 TLm 值為 423 ppm。林等 (1999) 指出，福馬林對青魚在 20 及 30 °C 水溫中，其 96 h 之 LC_{50} 值分別為 85.058 及 84.127 ppm。盧等 (2000) 指出，福馬林對美洲鰻 96 h 之 TLm 為 146 ppm (20.2 ~ 23.0 °C)。王等 (2000) 指出，福馬林對小口脂鯉 96 h 之 TLm 為 56.56 ppm。朱等 (2003) 指出，福馬林對翹嘴紅鮎魚苗 (*Erythroculter ilishaeformis*) 96 h 之 TLm

為 62.2 ppm。林等 (2003) 指出，福馬林對銀鱸 96 h 之 LC_{50} 值，在 20 及 30 °C，分別 112.811 及 84.714 ppm。潘等 (2006) 指出，福馬林對七彩神仙 (*Symphysodon aequifasciatus*) 48 h 之 TLm 為 114.82 ppm。福馬林對鱸鰻苗 24、48 及 96 h 之 LC_{50} 值，在 20 °C 分別為 211.44、177.77 及 146.44 ppm；而在 30 °C 則為 149.26、138.37 及 131.46 ppm。鱸鰻苗對福馬林的忍受性，與美洲鰻、七星鱸相近，明顯高於其他魚種 (青魚、小口脂鯉、翹嘴紅鮎、銀鱸、七彩神仙)，其中以小口脂鯉忍受性最低；由 24 h 的半致死濃度來看，短時間內淡水長腳大蝦對福馬林的忍受性較鱸鰻苗高。依據鍾 (1990) 建議之方法為 200 ppm 藥浴 30 min；王 (1993) 建議 250 ppm 及 400 ppm，各藥浴 1 h 及 10 ~ 15 min。而以該 3 種濃度對鱸鰻苗進行試驗，結果均可活存。

美舒添屬有機磷劑，主要防治指環蟲、三代蟲、魚虱、車輪蟲、針蟲及鰓線蟲病等，市面上類似產品有地特松 (Dipterex, 日)、馬速展 (Masoten, 美) 等稱呼。簡等 (1983) 指出，地特松對吳郭魚 48 h 之 TLm 值為 9.12 ppm。郭等 (1986) 指出，三氯仿 (有機磷劑)，對日本鰻苗及虹鱒 (*Salmo gairdneri*) 48 h 之 TLm 值為 18 及 1.8 ppm，對虹鱒的毒性比對日本鰻苗毒性強 10 倍。張等 (1988) 指出，地特松對七星鱸魚在高濃度 128 ppm，45 min 內全部死亡，其 24、48 及 96 h 之 LC_{50} 值分別為 1.21、1.01 及 0.63 ppm。林等 (1999) 指出，美舒添對青魚 96 h 之 LC_{50} 值，在 20 °C 及 30 °C 水溫中分別為 14.612 ppm 及 7.226 ppm。盧等 (2000) 指出，敵百蟲 (三氯松產品) 對美洲鰻 96 h 之 TLm 值 4.7 ppm (20.2 ~ 23.0 °C)。王等 (2000) 指出，敵百蟲對小口脂鯉 96 h 之 TLm 值為 0.153 ppm (26 ~ 30 °C)。林等 (2003) 指出，美舒添對銀鱸 96 h 之 LC_{50} 值，在 20 °C 及 30 °C 水溫中分別為 2.913 ppm 及 0.918 ppm。朱等 (2003) 指出，敵百蟲對翹嘴紅鮎魚苗 96 h 之 TLm 值為 18.67 ppm (20.5 ~ 22.0 °C)。萬等 (2005) 指出，敵百蟲對黃鱔 48 h 之 TLm 值為 13.8 ppm (16 ~ 20 °C)。潘等 (2006) 指出，敵百蟲對七彩神仙魚 48 h 之 TLm 值為 1.19 ppm (28 °C)。葉等 (2006) 指出，敵百蟲對草魚 96 h 之 LC_{50} 值為 34.2 ppm (23 ±

1 °C)。在本試驗中，美舒添對鱸鰻苗 24、48 及 96 h 之 LC₅₀ 值，在 20 °C 分別為 19.21、9.42 及 5.46 ppm，30 °C 則分別為 3.81、2.87 及 1.41 ppm。由 LC₅₀ 值可發現，鱸鰻苗對有機磷劑的忍受性比虹鱒、七星鱸、美洲鰻、小口脂鯉、銀鱸、七彩神仙魚高，但比吳郭魚、日本鰻苗、青魚、翹嘴紅鮰、黃鱔、草魚低；其中以草魚忍受性最高，小口脂鯉忍受性最低。

鍾 (1990) 指出，三氯松高濃度時若水溫超過 28 °C，則對很多魚種的毒性可能太強，尤其脂鯉類及鯰魚類更為敏感。由鱸鰻苗試驗結果，顯示美舒添在高水溫中毒性明顯增強；相較，銀鱸、青魚、七彩神仙及小口脂鯉在高水溫中，致死毒性亦明顯較高；而翹嘴紅鮰、黃鱔、草魚在較低水溫中致死毒性則明顯較低。在試驗中發現 20 °C 水溫，濃度 4.5 ~ 10.3 ppm 組，24 h 內鱸鰻苗雖然不會死亡，但會顯現身體彎曲的神經中毒現象，這種情形在翹嘴紅鮰對敵百蟲的敏感性試驗中亦有發現 (朱等, 2003)，必需注意。鍾 (1990) 建議在 25 °C 以 100 ppm 馬速展藥浴 1 h，林等 (2003) 指出，銀鱸以 100 ppm 美舒添藥浴時，在 20 °C 水溫中致死時間為約 54 min，而 30 °C 只約 25 min。由結果顯示鱸鰻苗在 20 及 30 °C，以 100 ppm 美舒添藥浴 1 h，移入清水後並未發現有死亡現象。以 100 ppm 藥浴 1 h，不適用銀鱸的藥浴，但對鱸苗不會產生致死毒性。由各魚種的半致死濃度來看，一般建議以 0.3 ~ 0.5 ppm 長時藥浴，只有對小口脂鯉不適用。王 (1993) 指出，三氯松對皮膚及鰓的吸蟲及甲殼類寄生蟲的殺除非常有效，但不可用於蝦。林等 (1999) 指出，美舒添對澳洲產螯蝦 (*Cherax destructor*)，0.3 ppm 時死亡率高達 50%，0.4 ppm 全部死亡；魚池內如混養有蝦類，應選擇其他化學物進行治療，排除使用有機磷劑。

碘劑是一種很有效的殺菌劑，殺菌力強，對組織的刺激性相當少，一般用於池水消毒及防治卵、體表的病毒、細菌、黴菌等病原感染 (王, 1993)。劉與馮 (1983) 指出，Iodophor 在濃度 0.6 ppm，即會引起日本鰻死亡，0.7 ppm 時全部死亡，其 48 h TLm 值為 0.63 ppm，而泥鰍為 2.42 ppm。林等 (1990) 指出，含碘消毒劑 NPEEI-500 對七星鱸魚 48 h 之 LC₅₀ 值為 0.67 ppm (27 ~ 34.5 °C)。郭

與廖 (1994) 指出，在草蝦卵孵化至無節幼虫時，優碘 (Povidone-iodine) 濃度在 3ppm 以下皆屬安全，但無節幼虫至眼幼虫期，則濃度不得超過 1 ppm (30 ± 1 °C)。碘伏對皺紋盤鮑 (*Halotis discus hannai*) 48 h 之 LC₅₀ 值為 0.42 ppm (桂與王, 2002)。本試驗在 30 °C 及 20 °C 水溫中，分別於 0.64 ppm 及 0.85 ppm 即會產生致死毒性，96 h 之 LC₅₀ 值分別為 0.69 ppm 及 0.80 ppm，顯示碘劑在較高水溫中，有較強毒性。劉與馮 (1983) 指出 Iodophor 在濃度 0.4 ppm 時對 *Aeromonas hydrophila*、*Edwardsiella tarda* 及 *Vibrio anguillarum* 都有相當好消毒效果。王 (1993) 建議以 0.02 ~ 0.6 ppm 作長期藥浴；而郭等 (1986) 建議以 0.3 ~ 0.6 ppm 對成鰻作長期藥浴。但劉與馮 (1983) 在 Iodopho 應用於鱸魚病原消毒試驗中指出，Iodopho 在稀釋後 6 h 內其消毒力即明顯下降，若在 6 h 內無法殺死的病原菌，即使延長時間亦屬無效。由於 0.6 ppm 與鱸鰻苗、日本鰻的致死濃度，以及草蝦、七星鱸之 LC₅₀ 值很接近，基於安全性及有效時間很短，勿長時間藥浴，在使用時應特別注意稀釋濃度之計算及撒佈要均勻；而皺紋盤鮑 48 h 之 LC₅₀ 值更低於 0.6 ppm，需斟酌降低使用濃度。Yesaki *et al.* (2002) 建議在鱸魚受精卵以 100 ppm 碘劑藥浴 15 min 可控制水黴菌的感染；而王 (1993) 建議以 50 ~ 200 ppm 作 10 ~ 15 min 藥浴。本試驗以 50、200 ppm 碘劑分別藥浴 15 及 10 min 後皆有死亡現象產生，並不適用於鱸鰻苗。

BKC 是一種界面活性劑，屬陽離子活性消劑，能殺除池水中雜菌，防治魚蝦病毒、藻、黴菌等病原感染。黃等 (1986) 指出，Hyamine (為 50% 之 alkyl trimethyl ammonium chloride solu) 對日本鰻苗 48 h 之 TLm 值為 13.69 ppm。林等 (1990) 指出，BKC-50 對七星鱸魚 48 h 之 LC₅₀ 值為 4.2 ppm。林與丁 (1983) 指出，含四級鉍的殺菌液 -50 (San-o-Fec-500) 對虱目魚 48 h 之 LC₅₀ 值為 11.4 ppm。在預備試驗中，BKC 濃度為 5、10 及 15 ppm，水溫 20 °C 時，10 及 15 ppm 組鱸鰻苗分別約在 6 h 5 min 及 5 h 15 min 死亡，在 30 °C，則分別在約 5 h 及 4 h 7 min 內死亡。在較低濃度 5 ppm，兩種水溫皆活存。曝露在不同濃度 BKC 中的毒性測定結果，

在 30 °C 水中, 6 ppm 於 24 h 內即會產生致死毒性, 在兩種水溫, 提高到 8.64 ppm 毒性都明顯增強。24、48 及 96 h 之 LC₅₀ 值在 20 °C 分別為 8.06、7.02 及 7.02 ppm, 而在 30 °C 則分別為 7.21、6.91 及 6.91 ppm。王 (1993) 建議 0.5 ~ 2.0 ppm 池水藥浴, 皆能適用於上述魚種。

根據黃 (2003) 建議, 針對車輪蟲 (*Trichodina* sp.)、舌杯蟲 (包括 *Glossatella*、*Apiosoma*、*Ambiphrya*、*Scyphidia*) 病, 使用硫酸銅 0.7 ppm 或福馬林 30 ppm、有機磷劑 0.3 ~ 0.5 ppm; 對白點蟲 (*Ichthyophthirius multifiliis*)、卵圓鞭毛蟲 (*Oodinium limneticum*) 病, 使用硫酸銅 0.7 ppm 或福馬林 30 ppm; 對指環蟲 (*Dactylogyrus* sp.)、擬指環蟲 (*Pseudodactylogyrus* sp.)、三代蟲 (*Gyrodactylus* sp.)、魚虱 (*Argulus japonicus*) 及錨蟲 (*Lernaea cyprinus*) 病, 使用有機磷劑 0.3 ~ 0.5 ppm 進行低濃度、長時間治療; 對細菌性疾感染之池水, 則建議使用碘劑 0.2 ppm 或 BKC 1 ppm 進行消毒。由預備試驗致死下限濃度測試發現, 使用建議濃度的硫酸銅、福馬林、有機磷劑、碘劑或 BKC, 鱸鰻苗經長時間後仍可活存。惟限於國家法令規範, 建議只能使用合法的有機磷劑進行治療, 其他化學物僅供研究上之參考應用。另外, 根據本試驗結果, 高錳酸鉀的 LC₅₀ 值, 明顯低於王 (1993) 建議之池塘以高錳酸鉀 3 ~ 5 ppm 不限期藥浴的濃度, 切勿使用於鱸鰻苗養殖池。

謝 辭

本試驗能順利完成, 承本試驗場同仁於試驗期間協助觀察與記錄, 特此申致謝忱。

參考文獻

- 王建雄 (1993) 水產藥物應用—獸醫師水產動物疾病經濟魚類臨床研習會講義. 台灣養豬科學研究所, 74 pp.
- 王咏星, 劉立鴻, 陳海洋, 胡利相, 蘇保衛 (2004) 丁鰻魚苗對五種常用藥物的敏感性試驗. 淡水漁業, 34(4): 44-45.
- 朱華平, 謝剛, 黃樟翰, 劉邁新, 黃偉星, 肖學錚 (2003) 翹嘴紅鮰魚苗對幾種藥物的敏感性試驗. 水產養殖, 24(2): 33-35.
- 李福銓, 張湧泉, 余廷基 (1990) 四種水產藥物對鰻苗之毒性研究. 台灣省水產試驗所試驗報告, 48: 179-187.
- 林清龍, 吳慶麗, 丁雲源 (1990) 各種水產常用之化學治療劑對鱸魚苗之安全濃度. 台灣省水產試驗所試驗報告, 48: 235-240.
- 林天生, 楊順德, 彭弘光 (1999) 常用水產藥物對青魚之急性毒研究: 孔雀綠、甲稀藍、硫酸銅、福馬林、高錳酸鉀及美舒添. 水產研究, 7(1 & 2): 25-34.
- 林天生, 劉富光, 廖一久 (1999) 澳洲產淡水螯蝦對生態環境適應力之研究. 水產研究, 7(1 & 2): 73-85.
- 林天生, 楊順德, 彭弘光, 劉富光 (2003) 常用水產藥物孔雀綠、甲稀藍、硫酸銅、福馬林、高錳酸鉀及美舒添對銀鱸之急性毒研究. 水產研究, 11(1 & 2): 47-56.
- 姚志峰, 章龍珍, 莊平, 黃曉榮, 顏世偉 (2010) 銅對中華鱖幼魚的急性毒性及對肝臟抗氧化酶活性的影響. 中國水產科學, 17(4): 731-738.
- 桂英愛, 王洪軍 (2002) 碘伏對皺紋盤鮑的急性毒性試驗. 水產科學, 21(2): 22-23.
- 郭光雄, 劉正義, 劉朝鑫 (1986) 魚病專集—鰻魚. 台灣養豬科學研究所, 129 pp.
- 黃世鈴 (2003) 養殖淡水魚類疾病防治. 水產試驗所特刊, 2: 2-42.
- 黃世鈴, 劉志仁, 余廷基 (1986) 四種常用水產藥物對鰻魚之急性毒性試驗. 台灣省水產試驗所試驗報告, 41: 213-218.
- 張正芳, 黃世玲, 余廷基 (1988) 四種水產藥物對七星鱸魚之毒性研究. 台灣省水產試驗所試驗報告, 44: 177-185.
- 陳萬生, 丁雲源 (1990) 重金屬對黑鯛及黃鰭鯛之急速毒性試驗. 台灣省水產試驗所試驗報告, 48: 223-233.
- 郭錦朱, 廖一久 (1994) 優碘對草蝦受精卵、幼苗及藻類之毒性. 農委會漁業特刊, 47: 37-45.
- 曾晴賢 (1986) 臺灣的淡水魚類. 臺灣省政府教育廳, 183 pp.
- 葉素蘭, 余治平 (2007) 六種水產藥物對草魚魚種的急性毒性試驗. 水產科學, 26(10): 564-566.
- 萬全, 王倩 (2005) 硫酸銅等 4 種藥物對黃鰭魚種的急性毒性試驗. 水產科學, 24(12): 29.
- 廖一久, 郭錦朱 (1990) 硫酸銅、高錳酸鉀及孔雀綠對草蝦、斑節蝦、熊蝦、紅尾蝦、砂蝦和淡水長腳大蝦等蝦苗藥浴之忍受度試驗. 農委會漁業特刊, 24: 90-94.
- 劉朝鑫, 馮安東 (1983) Iodophor 應用於鰻魚病原菌消毒試驗. 農委會漁業特刊, 9: 115-124.
- 劉邁新, 黃樟翰, 肖學錚, 吳銳全, 謝駿 (2000) 美洲鰻

- 對幾種藥物的敏感性研究. 淡水漁業, 30(5): 28-29.
- 潘立新, 施振宇, 張永正 (2006) 4種常用藥物對七彩神仙魚的急性毒性試驗. 浙江海洋學院學報, 25(3): 272-274.
- 魏彰郁, 劉嘉剛 (1982) 重金屬的毒性對鯉魚及吳郭魚的半致死濃度. 台灣省水產試驗所試驗報告, 34: 207-217.
- 魏彰郁, 林晏熙, 劉嘉剛 (1984) 重金屬毒性對草魚及塘虱魚的半致死濃度. 台灣省水產試驗所試驗報告, 37: 109-171.
- 鍾虎雲 (1990) 魚病治療. 實用魚病學, 149 pp.
- 簡肇衡, 李福銓, 余廷基 (1983) 幾種水產藥品及化學物對吳郭魚之毒性及病理研究. 農委會漁業特刊, 9: 128-139.
- Chen, H. C. and C. F. Chang (1979) Toxic effects of some surfactants on the larvae of milkfish and grass shrimp. Natl. Sci. Council. Monthly, R.O.C., 7(7): 733-739.
- Finney, D. J. (1971) Probit Analysis (3rd ed.). Cambridge, University Press, New Yorle, 333 pp.
- Grizzle, J. M. (1977) Hematological changes in fingerling channel catfish exposed to malachite green. Prog. Fish-Culturist, 39(2): 90-9
- USEPA (1976) Quality Criteria for Water. Washington D. C.
- Yesaki, T. Y., R. Ek0, J. Siple, J. P. Van Eenennaam and S. I. Doroshov (2002) The effects of iodophor disinfection and transportation on the survival to hatch of fertilized white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) eggs. J. Appl. Ichthyol., 18: 639-641.

Acute Toxicity of Six Chemicals on Swamp Eel (*Anguilla marmorata*) Elvers

Tain-Sheng Lin

Chupei Station, Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the median lethal concentration (LC₅₀) of six chemicals on swamp eel (*Anguilla marmorata*) elver under two controlled temperatures, 20 °C and 30 °C. Commonly used concentrations of agents were also examined for swamp eel. Under 20 °C, the 96 hour LC₅₀ values of copper sulfate, potassium permanganate, formalin, Masoten, iodine preparation and Benzalkonium chloride (BKC) were 3.90, 1.75, 146.44, 5.46, 0.80, and 7.02 ppm, respectively. When temperature was 30 °C, their LC₅₀ values were 3.06, 1.65, 131.46, 1.41, 0.69, and 6.91 ppm, respectively. These indicated that the agents were more toxic to the fish at 30 °C than at 20 °C. The relative toxicity of iodine preparation was stronger than the other agents. The relative toxicity of agents was in the following order: potassium permanganate, Masoten, copper sulfate, BKC, and formalin at 20 °C and Masoten, potassium permanganate, copper sulfate, BKC, and formalin at 30 °C. The results also showed that the commonly used concentration of 50-200 ppm iodine preparation for 10-15 min and 3-5 ppm potassium permanganate for long-term exposure were not suitable to swamp eel. Moreover, the exposure duration of 8, 100 and 500 ppm copper sulfate for 30, 20 and 1 min, 100 ppm Masoten for 60 min, 20 ppm potassium permanganate for 20 min, 200, 250 and 400 ppm formalin for 60, 30, and 15 min, respectively were suitable.

Key words: swamp eel (*Anguilla marmorata*) elvers, chemicals, acute toxicity, median lethal concentration