

## 不同水溫下熊蝦苗培育水對銅的錯合能力

謝介士<sup>1\*</sup>、陳紫嫻<sup>1</sup>、蘇茂森<sup>2</sup>

<sup>1</sup>行政院農業委員會水產試驗所 生物技術組

<sup>2</sup>行政院農業委員會水產試驗所

### 摘要

本研究係利用微分脈波陽極脫除伏安法 (differential pulse anodic stripping voltammetry, DPASV) 測定不安定銅 (labile copper)。在熊蝦 (*Penaeus semisulcatus*) 苗培育於水溫 27±1°C、30±1°C、33±1°C 及 36±1°C 下，研究第六天至第十天的培育水對銅之錯合能力。結果顯示，於 33°C 的處理組，在糠蝦期後，其培育水對銅有較高的錯合能力 (1.3~15.9 µg/l)；而 30°C 的處理組，其蝦苗培育至後期幼蟲第一期的育成率最高 (84%)，且在糠蝦期前，其培育水對銅的錯合能力最高 (27.5 µg/l)，在糠蝦期後，則維持在 2.8~11.9 µg/l。27°C 的處理組，其蝦苗育成率次高 (77%)，在糠蝦期後，其培育水對銅的錯合能力為 2.8~14.9 µg/l。36°C 的處理組，蝦苗的育成率最差，平均僅 7%，而其培育水對銅之錯合能力亦不穩定。培育水的錯合物種型態以強穩定錯合型和弱穩定錯合型為主，本實驗證明蝦苗培育水中有機物質可螯合銅離子，減低銅離子對於蝦苗的毒性。

關鍵詞：熊蝦苗、培育水、銅、錯合能力。

### 前言

商業化生產蝦苗雖然已有 30 餘年的歷史，但有關飼育環境條件對其活存率、成長率與品質之影響，所知仍甚為有限。蝦苗繁殖業者，為了追求高產量，大多使用單眼柄切除法催熟種蝦以大量生產無節幼蟲，同時採用所謂的高溫肥水的培育方法，調高飼育水溫以縮短飼育時間，大量投餵人工微粒飼料，應用人工有機顆粒控制水

色，並使用藥物控制病害。1983 年以後，此法成為繁殖蝦苗之主流。雖然此方法可提高蝦苗的活存率，但也可能傷害蝦苗的品質<sup>(1)</sup>。本實驗，研究在不同水溫下，蝦苗的飼育環境。

在自然水域中微量金屬常以不同的化學形態存在。Stumn 和 Bauner<sup>(2)</sup>指出微量金屬在海水中，以自由離子、無機與有機錯化合物 (complex) 以及被細胞吸收 (吸附) 或與顆粒物結合成懸浮物質等形態存在。微量金屬在水中與有機物質產生螯合作用 (chelation)，形成有機錯化合物，

\*通訊作者 / 屏東縣東港鎮豐漁里 67 號，TEL: (08) 832-4121；FAX: (08) 832-0234；e-mail: cshsieh@mail.tfrin.gov.tw.

可減低金屬的毒性。Zitko *et al.*<sup>(3)</sup>指出腐植酸可降低銅的毒性；Lawrenc *et al.*<sup>(4)</sup>亦指出 EDTA acid (ethylenediaminetetraacetic acid) 可降低銅對藍蝦 (*Litopenaeus stylirostris*) 苗的毒性，Licop<sup>(5)</sup>指出 Na-EDTA (disodium ethylenediaminetetraacetate) 可提高草蝦 (*Penaeus monodon*) 苗變態與活存率。故微量金屬被魚類利用或對魚類產生毒性，就決定於金屬在水中的形式，而其中水對微量金屬離子的錯合能力 (complexing capacity)，即水中微量金屬離子與有機物結合形成安定 (nonlabile) 錯化合物的多寡最為重要。銅為台灣西南沿海養殖區常見的重金屬<sup>(6)</sup>，1986 年曾爆發綠牡蠣事件<sup>(7)</sup>，且銅在水中易與有機物質形成錯化合物。

本研究是針對熊蝦之蝦苗生產，探討在不同飼育水溫下，培育水對銅離子的錯合能力，以期進一步瞭解蝦苗飼育水的化學特性，進而究明其與蝦苗活存之關係。

## 材料與方法

### 一、蝦苗培育

熊蝦無節幼蟲由東港蝦拖漁船在東港沿岸海域捕獲之母蝦所生。以 0.5 噸玻璃纖維 (FRP) 製圓形水槽 (直徑 90 cm, 高 85 cm)，內裝 450 公升海水，進行培育。水溫分別控制在  $27\pm 1^\circ\text{C}$ 、 $30\pm 1^\circ\text{C}$ 、 $33\pm 1^\circ\text{C}$  與  $36\pm 1^\circ\text{C}$ ，每種溫度三重覆，故總共使用 12 個試驗水槽。各槽放無節幼蟲 (nauplius) 35,000 尾 (以容積法估計)，使用的海水均經沙層與活性碳過濾，鹽度為 32 ppt，在試驗期間，各槽均加以適量打氣並投餵相同的餌料。在眼幼蟲 (zoaea) 期，投餵濃度 2000 細胞/ml 之骨藻 (*Skeletonema costatum*) 與人工微粒子飼料，濃度為 0.25 g/t 之 MB (日本理研維生素公司製) 和濃度為 0.25 g/t 之 R1 (日本農產公司製)。在糠蝦 (mysis) 期，僅投餵人工微粒子飼料，MB (0.5 g/t) 和 R1 (0.5 g/t)。在

後期幼蟲 (postlarvae) 期，除人工微粒子飼料，MB (1 g/t) 和 R1 (1 g/t) 外，另加濃度為 10 個體/ml 之豐年蝦幼生 (*Artemia nauplii*)。在眼幼蟲期以前，各槽均不更換飼育水，糠蝦期以後，則每天換水 45%。於飼育至後期幼蟲第一期 (PL<sub>1</sub>) 時，清點各槽蝦苗尾數 (以容積法估計)。並以 T-test 及變方分析 (one-way ANOVA) 檢定各組間蝦苗培育活存率之差異性。

### 二、水質分析

在試驗期間，每天早上九時，採集各槽之水樣，以 pH 計 (Suntex, sp-32) 測量 pH 值，以 Nimura<sup>(8)</sup> 方法測總氨-氮，以及 APHA<sup>(9)</sup> 方法測亞硝酸-氮與總鹼度。並以 T-test 及變方分析 (one-way ANOVA) 檢定各組間水質之差異性。

### 三、培育水對銅離子錯合能力測定

由於蝦苗培育至第六天前均未換水，因此在試驗開始後第六天起，每天以 200 網目的濾網過濾飼育水，取其濾液，以極譜儀 (EG&G, 264A 型)，測定其對銅離子的錯合能力<sup>(10)</sup>。其步驟如下：

- (1) 取過濾之水樣 10 ml 置於電解槽，並通入純氮 (99.99%) 8 分鐘，以去除水中之溶氧。
- (2) 以微量吸管添加已知濃度的銅離子到電解槽，平衡時間為 8 分鐘。
- (3) 實驗參數的設定：最初電位 (initial potential) 為 -0.42V，最後電位 (final potential) 為 +0.04V，通氣時間為 1 分鐘，析出時間 (deposition time) 為 120 秒，攪拌磁石之轉速為低速，掃描速率 (scan rate) 為 10 mv/sec，汞滴大小選用小粒。
- (4) 以 differential pulse anodic stripping voltammetry (DPASV) 進行分析，重覆 (2) 和 (3) 步驟 10 次，使添加之銅離子濃度一直增加，記錄每一過程之波峰電位及電流。

Table 1. Water parameters of bear prawn (*Penaeus semisulcatus*) larvae rearing water at different culture periods and water temperature levels

Water parameters	27±1°C	30±1°C	33±1°C	36±1°C
pH	8.11±0.11 (7.93-8.31)	8.09±0.15 (7.79-8.32)	8.12±0.13 (7.88-8.32)	8.16±0.12 (7.94-8.32)
Total alkalinity (mg/L as CaCO <sub>3</sub> )	144±10 (126-158)	145±12 (128-162)	147±12 (130-163)	150±14 (128-169)
Total ammonia-N (mg/L)	0.66±0.20 <sup>a</sup> (0.31-0.96)	0.79±0.28 <sup>a</sup> (0.32-1.39)	0.92±0.28 <sup>a</sup> (0.33-1.57)	1.13±0.61 <sup>a</sup> (0.34-2.92)
Nitrite-N (µg/L)	67±11 (53-87)	67±11 (53-89)	67±9 (53-84)	67±10 (50-85)

a :  $p < 0.01$

(5) 依據 Shuman 和 Woodward<sup>(11)</sup>之方法，以滴定曲線之轉折點，分別求出一條迴歸直線，兩直線相交之橫軸值，即為試水對銅之錯合能力。

## 結果

### 一、蝦苗培育

在不同飼育水溫下，後期幼蟲第一期之平均存活率以 30°C 組最高 (84%)，其次依序為 27°C 組 (77%)，33°C 組 (54%)，而以 36°C 組最低 (7%)，在各試驗組之間具有顯著的差異 ( $P < 0.01$ ) (Fig.1)。

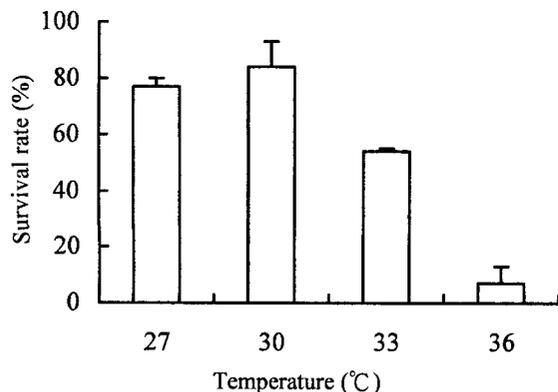


Fig. 1 Survival rate of bear prawn (*Penaeus semisulcatus*) PL<sub>1</sub> larvae culture in different temperature levels.

### 二、水質變化

試驗期間 pH 值、總鹼度與亞硝酸-氮在各試驗組之間並無顯著差異 ( $p > 0.05$ )，但總氨-氮在各試驗組之間，則有顯著差異 ( $P < 0.01$ ) (Table 1)。

### 三、培育水對銅離子的錯合能力

在飼育開始後的第六天，隨著試驗之進行，每日測定培育水對銅離子之錯合能力。不同天數與溫度之培育水對銅離子之滴定曲線分別如 Figs. 2-6 所示。滴定之初，電流值 (亦即波峰高度) 隨著銅離子之添加未改變或緩慢增加，顯示大部份銅離子與培育水中有機物發生錯合，而形成有機態金屬錯合物，故無法在 DPASV 方法之工作電極上還原。但隨著與銅離子鍵結之有機配位根濃度減少及銅離子濃度增加，電流值則呈直線上升，顯示有機配位根與銅離子之交互作用已達飽和，或反應已漸趨緩慢，因此銅離子可在 DPASV 方法之工作電極還原。

由各滴定曲線之變化，可求得不同天數與溫度之培育水對銅離子的錯合能力。如 Table 2 所示，在 27°C 組，第 9 天的錯合能力最大 (14.9 µg/l)，第 6 天次之 (14.4 µg/l)，第 7 天最小

(2.8  $\mu\text{g/l}$ )；在 30°C 組，第 6 天最大 (27.5  $\mu\text{g/l}$ )，第 9 天次之 (11.9  $\mu\text{g/l}$ )，第 7 天最小 (2.8  $\mu\text{g/l}$ )；在 33°C 組，第 6 天最大 (16.4  $\mu\text{g/l}$ )，第 9 天次之 (15.9  $\mu\text{g/l}$ )，第 7 天最小 (1.3  $\mu\text{g/l}$ )；在 36°C 組，第 6 天最大 (15.6  $\mu\text{g/l}$ )，第 8 天次之 (11.2  $\mu\text{g/l}$ )，第 10 天最小 (3.9  $\mu\text{g/l}$ )。除了 36°C 之組外，最大值均在第 6 天或第 9 天出現，最小值則發生在第 7 天。最大之錯合能力出現在 30°C 組之第 6 天，最小者發生在 33°C 組之第 7 天。在 36°C 組，於第 9 天與第 10 天連續出現較低之錯合能力。

## 討論

在本試驗中，蝦苗培育水的一般水質測定，其中 pH 值，總鹼度與亞硝酸-氮在各試驗組之間，並無顯著差異，而總氨-氮則有顯著差異，其原因可能是因為隨著溫度的提高，蝦苗的代謝增加，而且殘餌分解加速所致，這可能也是 36°C 組活存率較低的主要因素之一。

在自然水體中微量金屬元素常以各種不同的化學形態存在。Morel<sup>(12)</sup>曾表列自然水中常見的 20 種金屬與 31 種配位基 (ligand) (包含 15 種無機配位基和具有與自然水中有機物質相同

Table 2. Copper complexing capacities ( $\mu\text{g/l}$ ) of bear prawn (*Penaeus semisulcatus*) larvae rearing water at different culture periods and water temperature levels

Incubation time (days)	27 $\pm$ 1°C	30 $\pm$ 1°C	33 $\pm$ 1°C	36 $\pm$ 1°C
6	14.4	27.5	16.4	15.6
7	2.8	2.8	1.3	4.8
8	13.6	7.3	13.3	11.2
9	14.9	11.9	15.9	4.0
10	6.8	8.7	15.8	3.9

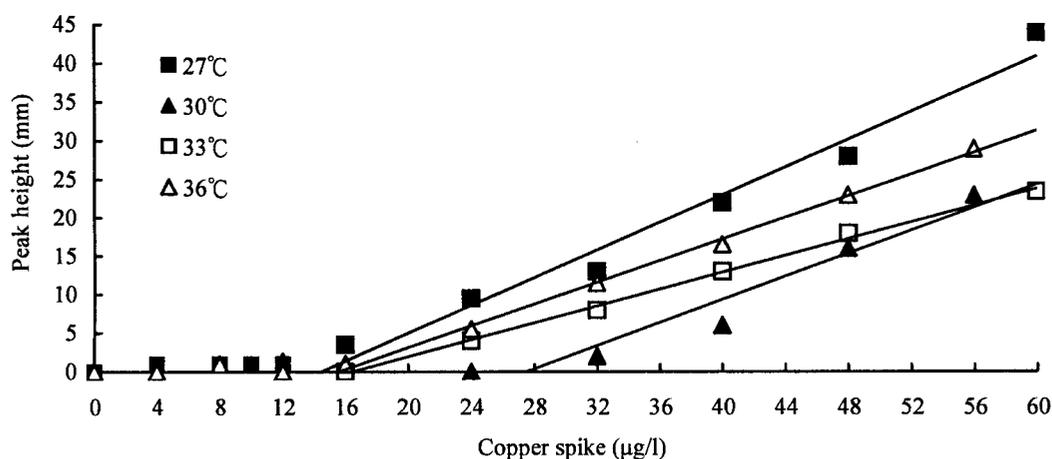


Fig. 2. Plot of peak height versus copper ion addition for the complexing capacity titration of bear prawn (*Penaeus semisulcatus*) larvae culture water at the sixth day in different temperature levels.

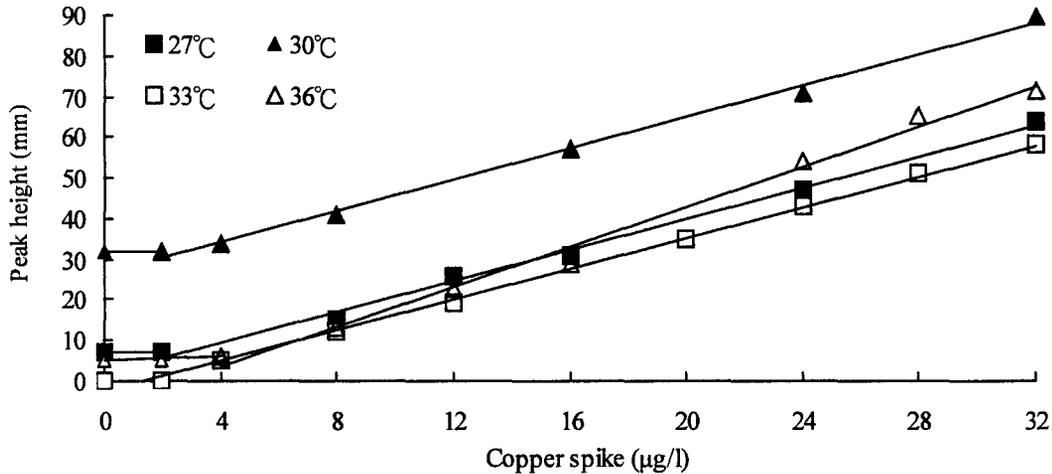


Fig. 3. Plot of peak height versus copper ion addition for the complexing capacity titration of bear prawn (*Penaeus semisulcatus*) larvae culture water at the seventh day in different temperature levels.

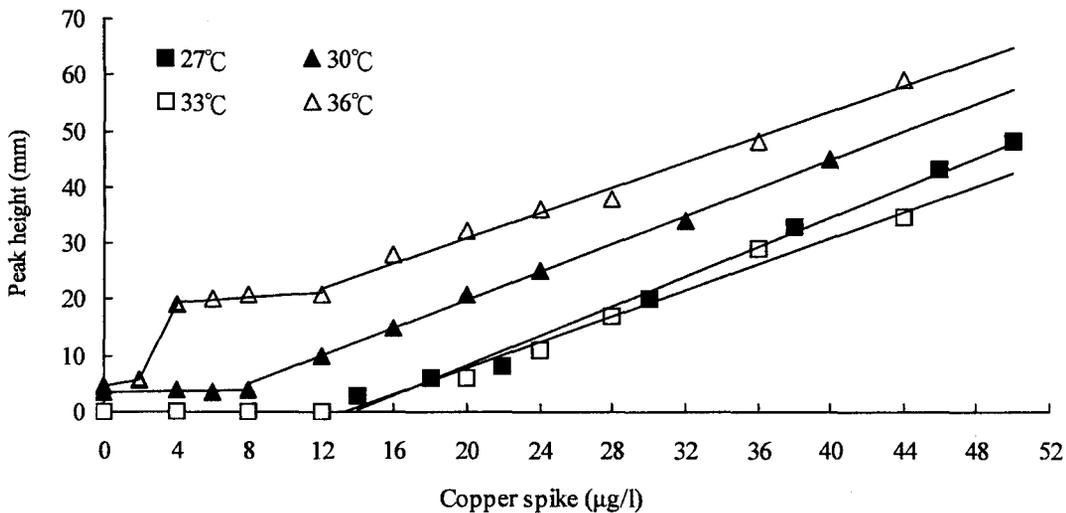


Fig. 4. Plot of peak height versus copper ion addition for the complexing capacity titration of bear prawn (*Penaeus semisulcatus*) larvae culture water at the eighth day in different temperature levels.

機能的 16 種有機配位基) 在水中產生酸鹼、錯合及固體形成反應時之穩定常數 (stability constants), 其中銅與這 31 種配位基反應, 可產生 64 種錯化合物和形成 4 種固體。僅有少數幾種金屬對魚及蝦有毒。例如, Engel 和 Sunda<sup>(13)</sup> 及 Engel *et al.*<sup>(14)</sup> 指出銅、鎳的自由離子活性度 (activity) 與大西洋 silversides (*Menidia menidia*) 卵及幼苗的死亡率有關; 謝<sup>(15)</sup> 探討銅、鎳、鋅在不同鹽度下, 對草蝦苗之毒性, 發現自由態的金屬離子之活性度與蝦苗之活存率有顯

著的正相關。Pagenkopf *et al.*<sup>(16)</sup> 指出  $\text{Cu}^{2+}$  及  $\text{CuOH}^+$  對魚類有毒; Shaw 和 Brown<sup>(17)</sup> 指出  $\text{CuCO}_3$  對虹鱒 (*Oncorhynchus mykiss*) 有毒; Howarth 和 Sprague<sup>(18)</sup> 則指出  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{CuOH}^+$  及  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2^{2+}$  形態存在的銅對虹鱒產生毒性。另 Young *et al.*<sup>(19)</sup> 發現以陽極脫除伏安法 (anodic stripping voltammetry) 測出不安定銅 (labile copper) 的量與其對蝦苗眼幼蟲期的毒性有關, 亦即海水對銅的錯合能力影響銅之毒性。由此可知, 在自然水中, 微量金屬被魚類利用或對魚類產生毒性,

端視金屬在水中的形式，而其中水對微量金屬離子的錯合能力 (complexing capacity) 最為重要，亦即水中微量金屬離子與有機物結合形成安定 (nonlabile) 錯化合物的多寡。

總銅對草蝦無節幼蟲的 24 小時  $LC_{50}$  為 0.037 mg/l，對眼幼蟲 I、II 及 III 期的 24 小時  $LC_{50}$  分別為 0.048 mg/l，0.057 mg/l 及 0.075 mg/l；而對糠蝦期 I、II 及 III 期的 24 小時  $LC_{50}$  則分別是

0.055 mg/l，0.063 mg/l 及 10.15 mg/l<sup>(15)</sup>。若以無節幼蟲之 24 小時  $LC_{50}$  乘以 0.1 的應用係數 (application factor)，估得銅對草蝦之"安全濃度"應為 3.7  $\mu\text{g/l}$ 。而此次培育熊蝦苗的原水，先以硝酸酸化至 pH 2，並以紫外線照射 2 小時後，再以極譜儀測得總銅的濃度為 5.2  $\mu\text{g/l}$ ，故若非培育水中對銅具有很強之錯合能力，而使其毒性降低，則可能對熊蝦苗的培育將造成不良影響。

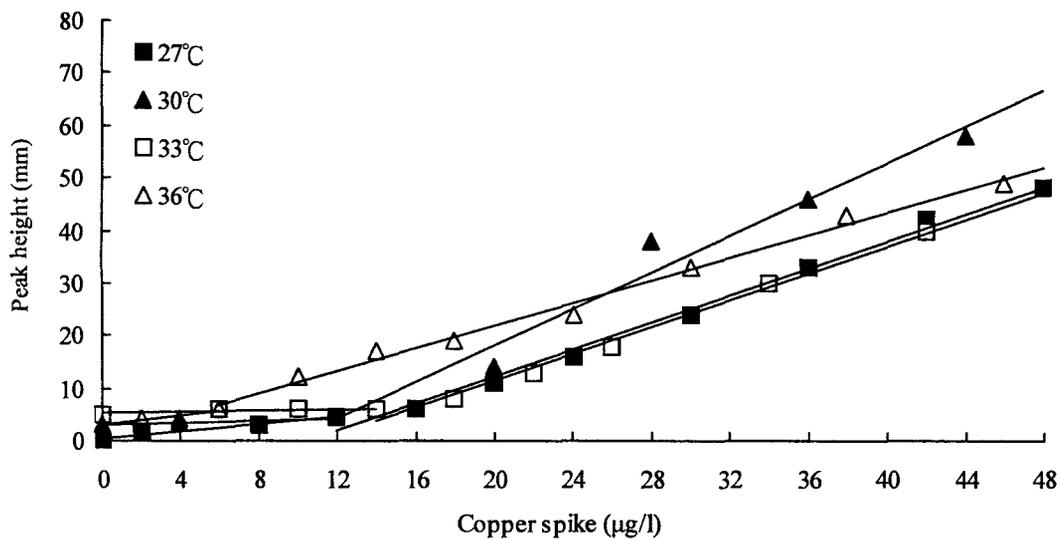


Fig. 5. Plot of peak height versus copper ion addition for the complexing capacity titration of bear prawn (*Penaeus semisulcatus*) larvae culture water at the ninth day in different temperature levels.

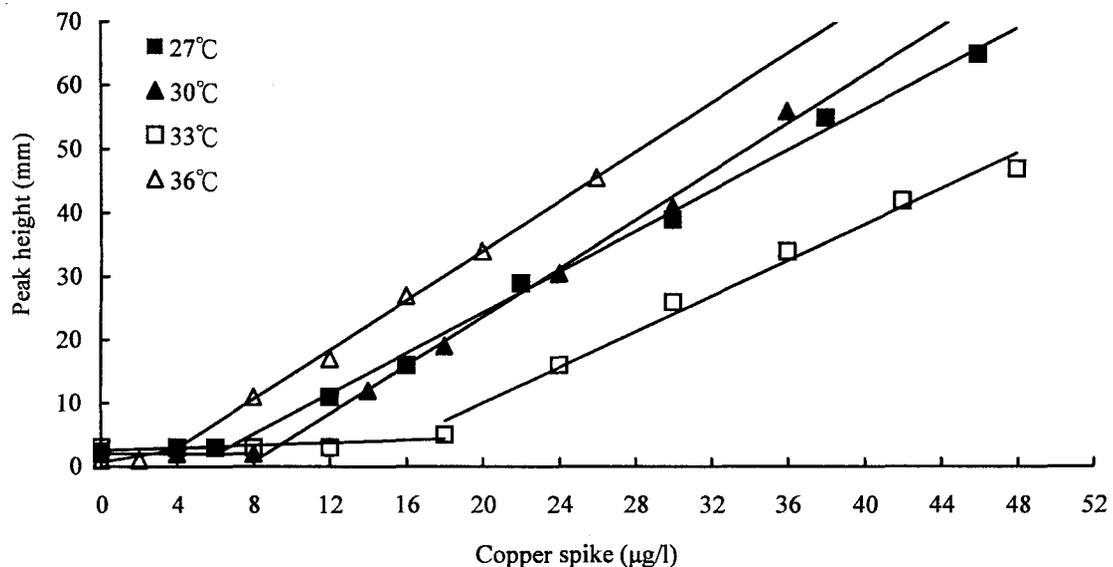


Fig. 6. Plot of peak height versus copper ion addition for the complexing capacity titration of bear prawn (*Penaeus semisulcatus*) larvae culture water at the tenth day in different temperature levels.

O'shea 和 Mancy<sup>(20)</sup>以陽極脫除伏安法 (anodic stripping voltammetry) 分析微量金屬與有機物質之錯合作用，依據滴定曲線的變化，將錯合作用歸納成四種形態，即不穩定錯合態 (labile complexes)、強穩定錯合態 (strong nonlabile complexes)、弱穩定錯合態 (weak nonlabile complexes)、穩定與不穩定混合錯合態 (mixture of labile and nonlabile complexes)。依據此分類方法，檢討本研究按日所測得不同飼育溫度下之各滴定曲線 (Figs. 2-6)，研判在不同飼育溫度下，各飼育水中的有機物質與銅離子之錯合形態。在第六天時，可看出飼育水對銅離子的錯合作用屬於強穩定錯合型態，且錯合能力較高，此可能係因飼育水在第六天尚未換水，累積大量的有機物質所導致。在第七天時，飼育水對銅離子的錯合作用則屬於弱穩定錯合態，且錯合能力降低，此乃可能各飼育槽剛換過水，排出大量有機物質之故。在第八天時，飼育水對銅離子的錯合作用，在 36°C 組為穩定與不穩定混合錯合態，此可能因在 36°C 下，有較大部份的有機物質已經分解，而在 33°C 組、30°C 組及 27°C 組則均為強穩定錯合型態，此乃飼育水中有有機物質之分解作用較低所致。在第九天時，飼育水對銅離子的錯合作用，在 36°C 組，可能因為溫度過高，造成有機物質分解加速而減少，故屬於弱穩定錯合態，加上蝦苗數量減少，排泄物量降低，因而錯合能力降低。但在其他各組，則因飼育水又累積相當的有機物質，故屬於強穩定錯合型態。在第十天時，各溫度組之飼育水，對銅離子之錯合作用，均為弱穩定錯合態。在第八天至第十天時，除 36°C 組外，飼育水對銅離子之錯合能力趨於穩定的狀態，此現象顯示殘餌、蝦苗排泄物等所產生的有機物與水中有機物的分解，在每天 45% 的換水率下、趨於平衡。

蝦苗之活存率，以 30°C 組的最高，其次為 27°C 組，33°C 組再次之，36°C 組最差。蝦苗由

無節幼虫培育至後期幼虫所需的時間，33°C 組比 30°C 組少 12 小時，而 30°C 組又比 27°C 及 36°C 組少 36 小時。在 30°C 下，飼育水中的有機物對銅離子具有相當的錯合能力，若飼育水中有重金屬污染，則可因錯合作用的產生，而降低重金屬之毒性。因此若以蝦苗的培育活存率及培育水對銅的錯合能力考慮，培育熊蝦苗之適當溫度似應在 30°C 左右。東港沿岸之熊蝦的產卵期幾乎涵蓋整年，又以 3 月、6 至 8 月以及 10 月為盛期<sup>(21)</sup>，此時期東港沿岸海域之水溫為 23~30°C。此等現象顯示在 24~30°C 範圍內，溫度不是左右熊蝦苗活存率的唯一因子。由於本試驗飼育水之 pH、總鹼度、亞硝酸-氮與飼料在各溫度組之間均無差別。因此，究竟應控制飼育水的有機物質濃度在何種水準或應進一步掌握其他化學與生物因子，以確保蝦苗活存率與品質，仍有待繼續進一步研究。

## 謝辭

本研究係在行政院農委會水產試驗所公務預算試驗研究計畫項下完成，研究進行期間承蒙行政院農委會水產試驗所生物技術組同仁劉冠甫先生、洪崑龍先生、蔡雪貞小姐及葉瑾瑜小姐惠予協助，謹此一併致謝。

## 參考文獻

1. 廖一久 (1988) クルマ属. エビ、カニ類の種苗生産 (平野礼次郎編). 恆星社厚生閣, 日本, 92-118.
2. Stumm, W. and P. A. Brauner (1975) Chemical speciation. *In* Chemical Oceanography, Vol. 1 (J. P. Riley and G. Skirrow eds.). Academic Press, London, 173-239.
3. Zitko, P., W. V. Carson, and W. G. Carson (1973) Prediction of incipient lethal levels of copper to juvenile salmon in the presence of humic acid by cupric electrode. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 10: 265-271.

4. Lawrence, A. L., J. Fox, and F. L. Castille, Jr., (1981) Decreased toxicity of copper and manganese ion to shrimp nauplii (*Penaeus stylirostris* Stimpson) in the presence of EDTA. J. World Maricult. Soc., 12: 271-280.
5. Licop, M. S. R. (1988) Sodium-EDTA effects on survival and metamorphosis of *Penaeus monodon* larvae. Aquaculture, 74: 239-247.
6. Hung, T. C., P. J. Meng and C. C. H. Tsai (1987) Distribution of copper in Taiwan mariculture area. J. Environ. Prot. Soc., 10(2): 13-34.
7. 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. Taiwanica, 23: 33-42.
8. Nimura, Y. (1973) A direct estimation of microgram amounts of ammonia in water without salt-error. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 39(12): 1351-1324.
9. American Public Health Association (1985) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (16th ed.). American Public Health Association, New York, U.S.A.
10. Chen, C. H., B. C. Han and T. C. Hung (1988) Copper complexing capacity in the coastal water of Taiwan. Bull. Inst. Chem., Academia Sinica, 35: 71-78.
11. Shuman, M. S. and G. P. Woodward, Jr. (1977) Stability constants of copper-organic chelates in aquatic samples. Environ. Sci. Technol., 11: 809-813.
12. Morel, F. M. M. (1983) Principles of aquatic chemistry. John Wiley Sons, Chichester, Great Britain.
13. Engel, D. W. and W. G. Sunda (1979) Toxicity of cupric ion to egg of the spot *Leiostomus xanthurus* and the Atlantic silverside *Menidia menidia*. Mar. Biol., 50: 121-126.
14. Engel, D. W., W. G. Sunda and B. A. Fowler (1980) Factors affecting trace metal uptake and toxicity to estuarine organisms. I. Environmental parameters. In Biological Monitoring of Marine Pollutants (F. J. Vernberg, A. Calabrese, F. P. Thurberg and W. B. Vernberg eds.). Academic Press, New York, 127-144.
15. 謝介士 (1986) 汞、銅、鎘、鋅等四種重金屬對各期草蝦幼苗之急毒性研究. 國立台灣大學海洋研究所 碩士論文, 63 頁.
16. Pagenkopf, G. K., R. C. Russo, and R. V. Thurston (1974) Effect of complexation on toxicity of copper to fishes. J. Fish. Res. Bd. Can., 31: 462-465.
17. Shaw, T. L. and V. M. Brown (1974) The toxicity of some forms of copper to rainbow trout. Water Res., 8: 377-382.
18. Howarth, R. S. and J. B. Sprague (1978) Copper lethality to rainbow trout in waters of various hardness and pH. Water Res., 12: 455-462.
19. Young, J. S., J. M. Gurtisen, C. W. Apts, and E. A. Crecelius (1979) The relationship between the copper complexing capacity of seawater and copper toxicity in shrimp zoeae. Mar. Environ. Res., 2: 265-273.
20. O'shea, T. A. and K. H. Mancy (1976) Characterization of trace metal-organic interactions by anodic stripping voltammetry. Anal. Chem., 48: 1603-1607.
21. 蘇茂森, 廖一久 (1981) 臺灣經濟蝦類之生物學研究(2): 東港沿岸產熊蝦之形質關係與產卵期. 臺灣省水產試驗所試驗報告, 33: 231-246.

## Copper Complexing Capacity of Bear Prawn Larvae Rearing Water at Different Temperature

Chieh-Shih Hsieh<sup>1\*</sup>, Tzyy-Ing Chen<sup>1</sup> and Mao-Sen Su<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Biotechnology Division, Taiwan Fisheries Research Institute

<sup>2</sup>Taiwan Fisheries Research Institute

### Abstract

A measurement of labile copper was conducted by differential pulse anodic stripping voltammetry (DPASV). The bear prawn, *Penaeus semisulcatus*, larvae were raised at different water temperature ( $27\pm 1^\circ\text{C}$ ,  $30\pm 1^\circ\text{C}$ ,  $33\pm 1^\circ\text{C}$  and  $36\pm 1^\circ\text{C}$ ). The copper complexing capacity in the tank water was measured from the sixth to the tenth day, after larvae were stocked. The result showed that the water in the  $33^\circ\text{C}$  treatment almost had the highest copper complexing capacity (1.3-15.9  $\mu\text{g/l}$ ) after the mysis stage. The survival rate (84%) of prawn larvae was the highest in the  $30^\circ\text{C}$  treatment. Before the mysis stage, the copper complexing capacity (27.5  $\mu\text{g/l}$ ) in the  $30^\circ\text{C}$  treatment was the highest. However, the copper complexing capacity in the  $30^\circ\text{C}$  treatment water after Mysis stage ranged between 2.8 and 11.9  $\mu\text{g/l}$ . In the  $27^\circ\text{C}$  treatment, the survival rate of the larvae was 77% and the copper complexing capacity of culture water after the mysis stage ranged between 2.8 and 14.9  $\mu\text{g/l}$ . The survival rate of prawn larvae in the  $36^\circ\text{C}$  treatment were the lowest (7%), and the copper complexing capacity of culture water was unstable. Most of the complexes belonged to strong stable nonlabile complexes and weak stable nonlabile complexes.

Key words: *Penaeus semisulcatus* larvae, Larvae rearing water, Copper, Complexing capacity.

---

\*Correspondence: Biotechnology Division, Taiwan Fisheries Research Institute, Tungkang, Pingtung 928, Taiwan.  
E-mail: cshsieh@mail.tfrin.gov.tw.