

銀塔鐘螺的誘發產卵及胚發育

林金榮* · 陳東本 · 黃丁士 · 蔡萬生

行政院農業委員會水產試驗所 澎湖海洋生物研究中心

摘 要

銀塔鐘螺 (*Tectus pyramis*) 是澎湖海域高經濟價值的食用貝類之一，然而近年來由於過度捕撈利用，資源量急遽減少。因此，本研究旨在建立人工誘發產卵技術，以奠定種苗大量生產及養殖技術之基礎，進而達到資源復育之目的。本研究採用澎湖海域捕獲之種螺，以溫度刺激、乾出刺激及乾出與溫度合併刺激等三種方法探討誘發產卵之效果。試驗結果顯示，三種方法對於誘發產卵均有顯著效果，但合併刺激法並沒有加成作用。受精卵為分離沉性卵，卵徑 $252.0 \pm 4.8 \mu\text{m}$ ，呈綠色；孵化水溫 27.1°C ，40 min 時行第一次分裂，縱向對等分裂成二細胞；60 min 時行第二次分裂，縱向對等分裂成四細胞；1 h 20 min 時行第三次分裂，橫向分裂成八細胞，植物極四個，細胞較大，呈白色；動物極四個，較小呈綠色；爾後動、植物極細胞各自對等分裂；3 h 10 min 時發育至原腸期，4 h 50 min 口前纖毛出現；8 h 40 min 孵化成擔輪子幼生；17 h 40 min 外殼完全成形，進入被面子期，35 h 著底變態成匍匐幼生。

關鍵詞：銀塔鐘螺、誘發產卵、胚發育。

前 言

銀塔鐘螺 (*Tectus pyramis*) 屬鐘螺科，俗稱鐘螺，貝殼圓錐形，呈灰色雜有綠斑，螺塔上部有瘤列 (賴, 1988)，殼底平滑純白，幼貝殼底周緣有齒輪狀突起，成貝則平滑 (奧古, 1987)，殼徑可達 9 cm (Fig. 1)，主要產於北海岸、東海岸、恆春半島及澎湖群島 (巫, 2003)。棲息於 2~20 m 深岩礁底，以附著性微藻為食物。在澎湖本種為高經濟價值的食用貝類之一，其腹足肉鮮美，為澎湖海鮮店常見的名菜佳餚；殼內面有珍珠光澤，可作裝飾品及工藝材料 (張等, 1993)。

澎湖海域原有豐富的銀塔鐘螺資源，在 1950、60 年代，銀塔鐘螺因其珍珠貝殼外銷而曾被大量採捕。近年來因澎湖觀光產業的發展，海鮮消費量大為增加，銀塔鐘螺需求量大增，因而誘使業者利用潛水設備進行大規模捕撈，由於其

體型較大，容易發現而被採捕，澎湖海域產量日愈減少，亟待適當的保育及人工放流種苗，以維護本種資源之永續利用 (張等, 1993)。蔡等 (2000) 調查恆春半島西部潮間帶腹足類也有同樣情形，鐘螺、蝶螺等可食用貝類在豐度上顯著較以往低。由於草食性生物資源量的減少，珊瑚礁區大型藻類因吃食壓力減小而過量生長，是造成珊瑚礁覆蓋率衰退的原因之一 (Lapointe, 1997)。學者專家因而建議研發草食性經濟生物如鐘螺、海膽等人工種苗生產技術，培育種苗實施放流，復育資源並維護珊瑚礁生態平衡。

螺類因其經濟價值及生態習性之優勢，1940 年代即有學者為增殖資源而進行研究 (淺野, 1939; 1940)。近年來為實施栽培漁業，更積極開發其人工採卵及育苗技術，生產種苗提供放流 (Heslinga and Hilman, 1981; Kubo *et al.*, 1989, 1994; Dwiono *et al.*, 2001; Gapasin *et al.*, 2002)。其中的牛蹄鐘螺 (*Trochus niloticus*) 因係熱帶太平洋地區非常重要的商業性腹足類軟體動物，有些國家已將其列為保育種並積極復育 (Crowe *et al.*, 2001, 2002)。銀塔鐘螺是牛蹄鐘螺之近親種，體型雖較小，但經

*通訊作者 / 澎湖縣白沙鄉岐頭村 57 號，TEL: (06) 993-1026; FAX: (06) 993-1309; e-mail: k-j.lin@mail.tfrin.gov.tw

濟價值相當，又因資源已近枯竭，為保育資源及維護生物多樣性，乃進行人工採卵及育苗之研究，期大量生產種苗提供放流及養殖之用。

目前有關銀塔鐘螺之生殖生態及人工繁殖等相關研究不多，翁等 (1984) 曾研究其生殖季節及生殖腺發育；Kudo *et al.* (1994) 曾以 35 % 過氧化氫複合溫度誘發產卵成功。本試驗探討水溫反覆升降法、乾出法及二者併用法對其誘發產卵及胚胎發育之影響，以供日後種苗計畫性量產之參考。



Fig. 1 Mature top shell (*Tectus pyramis*), with a base diameter of 8.6 cm.

材料與方法

一、種螺

種螺係購自漁民於澎湖東部岩礁海域潛水捕獲者。先將種螺放養於行政院農業委員會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心白沙試驗場之 2.5 噸圓形 FRP 桶中，流水打氣，隔日採樣解剖觀察種螺的生殖腺並測量卵徑。當生殖腺飽滿，卵徑達 230 μm 以上，確定已達成熟產卵期，選出種螺 120 個，利用分層隨機抽樣法分成 4 組，每組 30 個，試驗前測定種螺之體寬及體重。試驗結束後再解剖得知其雌雄比例。

二、誘發產卵方法

本試驗分別於 2003 年 4 月 21 日、5 月 8 日及 5 月 15 日各進行一次。

試驗依刺激方法的不同分為溫度組、乾出組、併用組及對照組。

(一) 溫度組：

試驗水溫介於 24 ~ 30 $^{\circ}\text{C}$ 之間，升降溫差設定為 4 $^{\circ}\text{C}$ 。種螺經測定後立即移入 2.5 ton 圓形 FRP 試驗水槽中，注水量約 1.5 ton，流水打氣，流量約 25 L/min，打氣量約 2.5 L/min，不控制水溫。試驗前先將流水關閉並將打氣量調小約為 1.0 L/min，依當時環境水溫設定加溫至 28 $^{\circ}\text{C}$ 或 30 $^{\circ}\text{C}$ 。加溫時使用 3 Kw 加溫鈦管，每桶 3 支，加溫速度約為 0.85 $^{\circ}\text{C}/10\text{ min}$ ；降溫時利用自然海水或海水冰，降溫速度約為 1 ~ 2 $^{\circ}\text{C}/10\text{ min}$ 。溫度處理步驟為先升後降再升溫，當水溫升至設定的高溫時，停止加溫約 30 min，然後再降溫至設定的低溫值，停止流水，立即再加溫至設定的高溫值，然後停止加溫至試驗結束。溫度處理期間，每 10 min 記錄水溫一次。

(二) 乾出組：

種螺經測定後，以橫臥方式排列於淺盤中，放置於室內陰乾刺激 3 h，然後再移入試驗水槽中，水槽之流量約 10 L/min，打氣量約 1.0 L/min。陰乾期間每 30 min 記錄氣溫、水溫各一次。種螺於陰乾時會將腹足伸出殼外，但無法翻轉成正常姿勢。

(三) 併用組：

種螺先乾出處理後，再以溫度處理，方法同上述。

(四) 對照組：

種螺經測定後立即放養於試驗桶中，試驗期間將打氣量及流量調小，流量約 10 L/min，打氣量約 1.0 L/min。

三、試驗水槽及產卵觀察記錄

試驗水槽為 2.5 ton 圓形 FRP 桶，每桶注水量約 1.5 ton。試驗期間每 10 min 記錄水溫一次，並隨時觀察記錄種螺之反應，發現排精、排卵時立即記錄產卵時間及數量，直至產卵結束為止。

四、產卵數及卵質

種螺產卵結束後，以大型浮游生物手抄網（網目 100/inch）於桶中來回將卵撈集，放置於容量 100 L 有刻度之桶中，以容積法估算產卵數。採樣

Table 1 Shell width, total weight, and sex ratio of 30 mature shells in the 3 treatments

Date	Treatments	Shell width (mm)	Total weights (g)	Sex ratio (♀:♂)
21 April, 2003	Temperature stimulation	73.3 ± 6.7	162.4 ± 49.5	18:12
	Desiccation stimulation	72.9 ± 6.6	155.5 ± 54.4	16:14
	Temperature + desiccation stimulation	72.5 ± 6.9	161.8 ± 54.6	15:15
	Control	74.7 ± 5.9	172.4 ± 49.3	14:16
8 May, 2003	Temperature stimulation	73.3 ± 5.0	147.0 ± 37.3	16:14
	Desiccation stimulation	73.1 ± 6.5	151.2 ± 48.4	11:19
	Temperature + desiccation stimulation	73.0 ± 5.7	151.2 ± 43.9	15:15
	Control	73.0 ± 5.9	148.9 ± 42.2	16:14
15 May, 2003	Temperature stimulation	75.0 ± 3.3	173.2 ± 27.9	18:12
	Desiccation stimulation	73.6 ± 2.7	164.9 ± 19.1	16:14
	Temperature + desiccation stimulation	74.0 ± 3.1	162.5 ± 18.6	15:15
	Control	74.6 ± 1.9	168.8 ± 18.1	19:11

*Shell widths and total weights between treatments in each date of experiments do not significantly differ by one-way ANOVA analysis ($p > 0.05$).

**Sex ratios between treatments in each date of experiments do not significantly differ by Chi-square analysis ($p > 0.05$).

時先將卵充分攪拌，利用有刻度的 50 cc 燒杯採樣，採樣五次共 250 cc，再慢慢倒入白色皿中，用肉眼逐一計數，然後以容積法估算撈獲卵數，再求取其平均值。卵徑測定係利用萬能投影機放大 50 倍，測定 100 個卵，求其平均值。受精率亦利用萬能投影機觀察計數，一次觀察 100 個，採樣三或五次，觀察計數後求取平均值。卵活存率係取樣 100 個受精卵放入 100 ml 之燒杯中孵化，未打氣，三或五重複，待孵化幼生發育至被面子期 (veliger stage)，計數活存幼生數，求取平均值。

五、受精卵胚發育

發現母螺產卵時，立即以浮游生物手抄網撈取小部份卵，用砂濾乾淨的海水洗淨後，移入 5 L 燒杯中，不打氣，以顯微鏡觀察照相，記錄胚及幼生發育情形。卵自受精後至各發育期之時間以卵發育至各階段達到半數為認定標準。

六、統計分析

性比及雌雄產卵率利用卡方分布 χ^2 分析檢測，其餘數據先以單因子變異分析檢測是否有差異，若達到顯著水準 ($p < 0.05$)，再用 Tukey 檢定檢測相互間差異。

結 果

一、種螺

種螺之螺寬、螺重及性比如 Table 1。第一次試驗中，各組平均螺寬在 72.5 ± 6.6 mm 和 74.7 ± 5.9 mm 之間，平均螺重在 155.5 ± 54.8 g 和 172.4 ± 49.3 g 之間，以單因子變異數分析檢測結果，各組間均無顯著差異 ($p > 0.05$)；第二次試驗及第三次試驗中，各組平均螺寬及平均螺重一樣沒有顯著差異。三次試驗各組之雌雄性比經 χ^2 檢測結果均無顯著差異。

二、誘發產卵

三次試驗結果均有處理組成功達成排精排卵。第一次試驗結果如 Fig. 2 及 Table 2，溫度組及併用組均成功地誘發排精、排卵，乾出組僅雄螺排精，對照組則沒有排精、排卵跡象。溫度組於降溫期間開始排精，高峰期發生於第二次升溫期間及水溫達 28 °C 之時，排精率自 16.1 % 急速上升至 100 % (12/12)；雌螺反應較慢，於第二次升溫後，水溫維持於 28 °C 高溫，20 min 後方開始產卵，產卵時間約 25 min，產卵率 38.9 % (7/18)，共撈獲卵數 271.3 萬粒，平均產卵數 38.8 萬 / 個，受精率 90.4

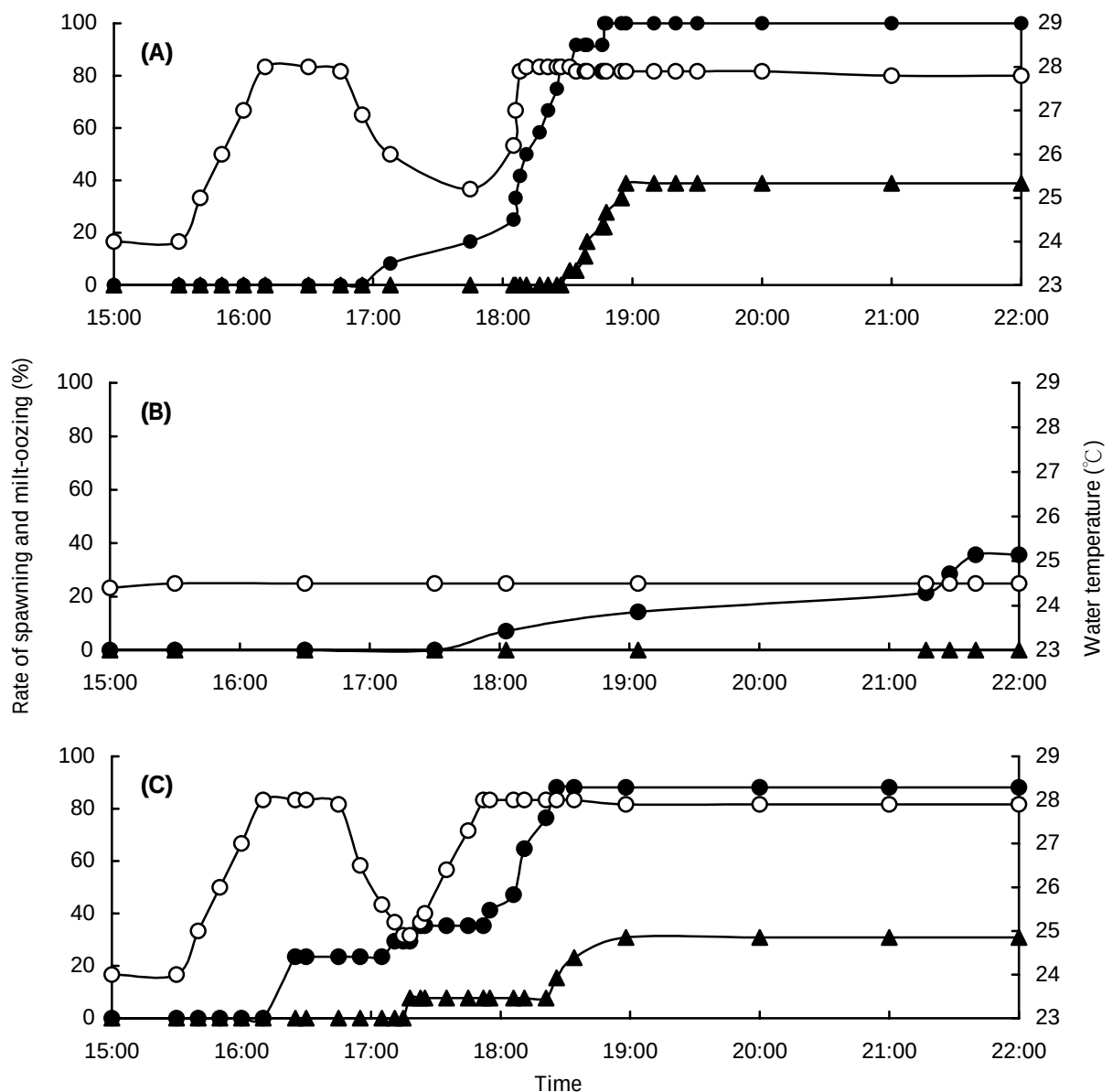


Fig. 2 Response of spawning and milt-oozing in the top shell on 21 April 2003. (A) Temperature stimulation; (B) desiccation stimulation; (C) combined method of (A) and (B). —○— Water temperature; —●— male; —▲— female.

$\pm 3.5\%$, 卵存活率 $71.0 \pm 7.9\%$ 。

乾出組乾出刺激時之室溫 $24.3 \sim 26.8^\circ\text{C}$, 水溫維持在 $24.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 。晚上 18:00 發現雄螺開始排精, 至 21:40, 14 個雄螺中有 5 個排精, 排精率 35.7% , 雌螺則無排卵跡象。併用組雄螺於第一次升溫至 28°C 高溫時即開始排精, 比溫度組早, 此期間累積排精率 23.5% (5/17), 溫度下降時, 排精率未增加, 第二次升溫時排精率再度增加, 高峰期發生於水溫達 28°C 時, 排精率於 30 min 內由

41.2% 升至 88.2% (15/17); 雌螺於第二次升溫時發現一個排卵, 但高峰期發生於水溫維持於 28°C 高溫後 30 min, 在 35 min 內有 3 個雌螺產卵, 爾後沒有雌螺再產卵, 產卵率 30.8% (4/13), 共撈獲卵數 57.6 萬粒, 平均產卵數 14.4 萬 / 個, 受精率 $86.7 \pm 3.0\%$, 卵存活率 $72.0 \pm 5.3\%$ 。此次試驗結果, 對照組未排精排卵, 三處理組均有反應, 顯示出溫度及乾出刺激對誘發產卵均有顯著效果。三處理組間之比較, 乾出組僅排精未排卵, 溫度

Table 2 Results of induced spawning in the top shell on 21 April 2003

Treatments ¹	Rate of milt-oozing and spawning (%)		Total number of eggs spawned ($\times 10^3$) ²	Number of eggs per female spawned ($\times 10^3$)	Survival rate (%) ³
	♂	♀			
TS	100.0 ^a	38.7 ^a	2713.6 $\pm$ 111.8 ^a	387.7 $\pm$ 16.0 ^a	71.0 $\pm$ 7.9 ^a
DOS	35.7 ^b	0	0	0	—
TS + DOS	88.2 ^a	30.8 ^a	576.0 $\pm$ 69.9 ^b	144.0 $\pm$ 17.5 ^b	72.0 $\pm$ 5.3 ^a
Control	0	0	0	0	—

¹TS: temperature stimulation; DOS: desiccation stimulation.²Values within each column with different superscripts significantly differ ($p < 0.05$).³Survival rate: calculated from the fertilized egg to the veliger stage.**Table 3** Results of induced spawning in the top shell on 8 May 2003

Treatments ¹	Rate of milt-oozing and spawning (%)		Total number of eggs spawned ($\times 10^3$) ²	Number of eggs per female spawned ($\times 10^3$)	Survival rate (%) ³
	♂	♀			
TS	0	6.3 ^b	0	0	—
DOS	63.2 ^a	54.5 ^a	1722.2 $\pm$ 209.8 ^a	287.0 $\pm$ 35.0 ^a	79.6 $\pm$ 7.4 ^a
TS + DOS	40.0 ^a	26.7 ^a	459.2 $\pm$ 73.0 ^b	114.8 $\pm$ 18.3 ^b	80.6 $\pm$ 6.1 ^a
Control	0	0	0	0	—

¹TS: temperature stimulation; DOS: desiccation stimulation.²Values within each column with different superscripts significantly differ ($p < 0.05$).³Survival rate: calculated from the fertilized egg to the veliger stage.

組和併用組顯著優於乾出組。至於溫度組和併用組之間，雄螺排精率、雌螺排卵率及卵質雖沒有顯著差異，但在總產卵數及平均一個母螺產卵數，則溫度組顯著較多 ($p < 0.05$)。

第二次試驗結果如 Fig. 3 及 Table 3，乾出組及併用組均成功地誘發排精、排卵，溫度組僅一個雌螺排卵，對照組則沒有產卵跡象。乾出組乾出刺激時之室溫為 27.4 ~ 30.5 °C，試驗水溫 26.1 ~ 27.2 °C，雄螺排精高峰期有二個，各發生於 15:30 及 17:52，累積排精率 63.16 % (12/19)；雌螺產卵高峰期發生於 18:03，稍後於排精第二高峰期，累積排卵率 54.55 % (6/11)，共撈獲卵數 172 萬粒，平均產卵數 28.7 萬 / 個，受精率 89.2 $\pm$ 4.2 %，卵活存率 79.6 $\pm$ 7.4 %。溫度組第一次升溫自 26.5 °C 至 28 °C，30 min 後急速降溫至 24 °C，隨後升溫至 28 °C，結果誘發產卵失敗，僅一個雌螺排卵。併用組之雄螺排精及雌螺排卵開始時間約同於乾出組，隨後溫度處理時，第一次升溫及高溫維持期間，產卵率略為增加，但當水溫降至 24 °C 以後，

原先已再產卵之種螺受到抑制而中止，隨後的升溫處理已無法再產生誘發效果。結果排精率 40 % (6/15)，排卵率 26.7 % (4/15)，共撈獲卵數 45.9 萬粒，平均產卵數 11.5 萬 / 個，受精率 85.4 $\pm$ 4.3 %，卵活存率 80.6 $\pm$ 6.1 %。

第三次試驗結果如 Fig. 4 及 Table 4，四組均有排精排卵且受精成功，但乾出及溫度處理效應仍顯現於排精排卵的時間及產卵數量上。產卵時間方面，對照組及溫度組的種螺同時於上午 10:30 放入水槽，對照組開始排精及開始排卵時間分別於下午 16:00 及 17:48；溫度組於下午 15:30 開始溫度處理，16:00 發現雄、雌螺幾乎同時開始排精、排卵。乾出組及併用組的種螺經乾出處理後，同時於下午 13:15 放入水槽，1 h 後兩組之雄螺均開始排精，乾出組的雌螺於 16:11 開始排卵；併用組於 15:30 開始溫度處理，15:50 雌螺即開始排卵。由 Fig 4 可知，三處理組排精產卵時間均比對照組早，且溫度組之產卵時間較為同步。由 Table 4 得知，雌螺排卵率和雄螺排精率四組間無顯著差

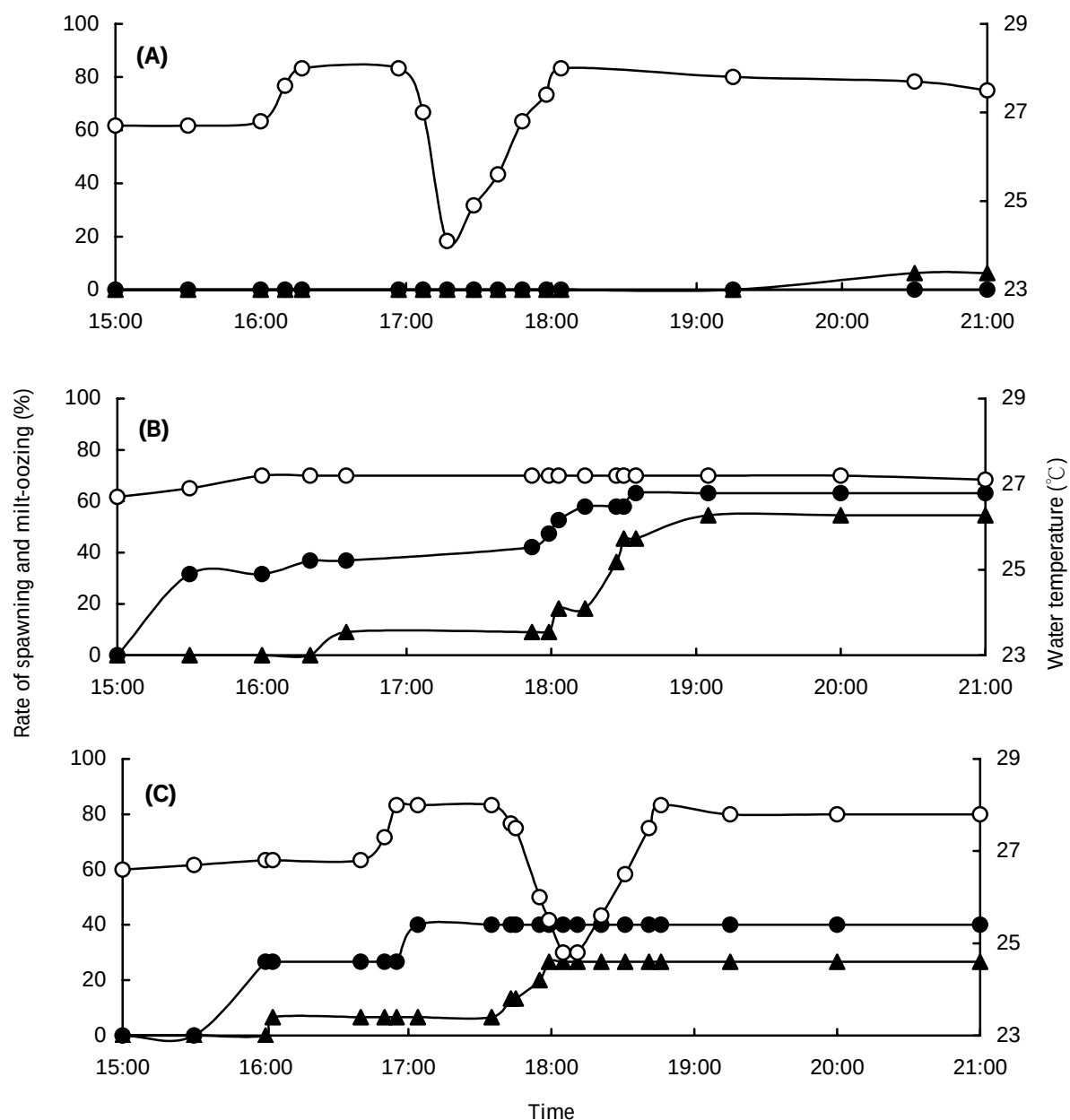


Fig. 3 Response of spawning and milt-oozing in the top shell on 8 May 2003. (A) Temperature stimulation; (B) desiccation stimulation; (C) combined method of (A) and (B). —○— Water temperature; —●— male; —▲— female.

異；總撈獲卵數方面，溫度組、乾出組及併用組均顯著多於對照組，且三組間無顯著差異；雌螺平均產卵數方面，乾出組顯著多於其餘三組，且三組間並無顯著差異；卵活存率以乾出組最佳，顯著高於其餘三組，且三組間並無顯著差異。

三、胚發育

受精卵為圓形分離沈性卵，平均卵徑 252 ± 4.8

μm ，呈綠色，於顯微鏡下觀察，綠色細胞質凝集於動物極。其胚胎發育、幼生發育及著底變態過程如 Table 5 及 Fig. 5。當水溫介於 $25.8 \sim 27.2^\circ\text{C}$ 之間，受精後約 40 min 開始第一次細胞分裂，依卵軸縱向對等分裂成 2 細胞；60 min 後行第二次細胞分裂，和第一卵裂成直角，同樣縱向對等分裂成 4 細胞；1 h 20 min 行第三次細胞分裂，橫向分裂成 8 細胞：植物極 4 個，細胞較大，呈白

Table 4 Results of induced spawning in the top shell on 15 May 2003

Treatments ¹	Rate of milt-oozing and spawning (%)		Total number of eggs spawned ($\times 10^3$) ²	Number of eggs per female spawned ($\times 10^3$)	Survival rate (%) ³
	♂	♀			
TS	75.0 ^a	61.1 ^a	2572.8 $\pm$ 214.2 ^a	233.9 $\pm$ 19.5 ^b	54.7 $\pm$ 8.5 ^b
DOS	92.9 ^a	56.3 ^a	2726.4 $\pm$ 184.4 ^a	302.9 $\pm$ 3.8 ^a	72.0 $\pm$ 6.2 ^a
TS + DOS	80.0 ^a	80.0 ^a	2387.2 $\pm$ 127.2 ^a	198.9 $\pm$ 2.5 ^b	61.0 $\pm$ 6.1 ^b
Control	63.6 ^a	52.6 ^a	1881.6 $\pm$ 242.0 ^b	188.2 $\pm$ 3.1 ^b	52.7 $\pm$ 4.2 ^b

¹TS: temperature stimulation; DOS: desiccation stimulation.²Values within each column with different superscripts significantly differ ($p < 0.05$).³Survival rate: calculated from the fertilized egg to the veliger stage.**Table 5** Embryonic and larval development of the top shell at 25.8 ~ 27.5 °C

Stage and size	Time after fertilization
Fertilized egg (252 $\pm$ 4.8 μ m in size)	10 min
2- cell stage	40 min
4- cell stage	60 min
8- cell stage	1 h 20 min
16- cell stage	1 h 40 min
Blastula	2 h
Gastrula	3 h 10 min
Appearance of prototrochal cilia	4 h 50 min
Hatching (beginning of the trochophore stage, 260 $\times$ 200 μ m in size)	8 h 40 min
Beginning of larval shell formation	9 h 40 min
Complete formation of larval shell (beginning of the veliger stage)	17 h 40 min
Appearance of velum	18 h 50 min
Metamorphosis (settlement, loss of swimming cilia, and initiation of creeping, 335 $\times$ 240 μ m in size)	35 h

色，動物極 4 個，較小呈綠色；1 h 40 min 行第四次細胞分裂，動、植物極細胞各自對等分裂成 16 細胞；2 h 發育至囊胚期 (blastula)，植物極細胞向動物極方向成長且圍住動物極細胞；2 h 30 min，植物極細胞已將動物極細胞包入；3 h 10 min 發育至原腸期 (gastrula)，胚體呈橢圓形；受精後 4 h 50 min，口前纖毛出現；7 h 10 min，口前纖毛

環 (prototrochal girdle) 形成；8 h 40 分後，孵化成為擔輪子幼生 (trochophore larva)，幼生藉纖毛運動浮游於水中；其幼殼於孵化後立即開始形成，受精後 17 h 40 min 幼殼完全形成，進入被面子期 (veliger stage)，被面子仍然藉纖毛運動浮游水中尋找適當著床地點；幼生於受精後 35 h 全部著底變態成功，纖毛脫落且開始匍匐生活。

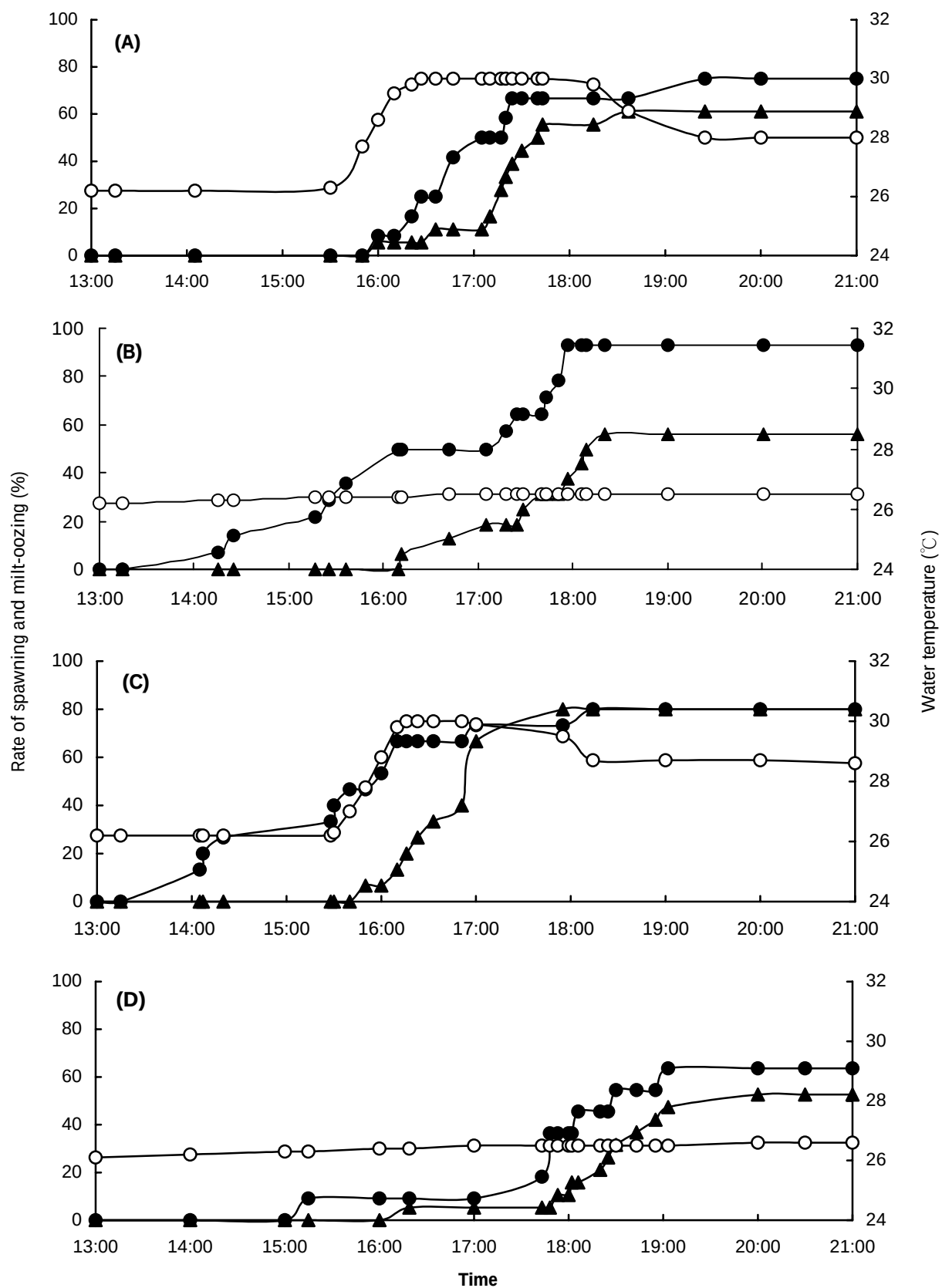


Fig. 4 Response of spawning and milt-oozing in the top shell on 15 May 2003. (A) Temperature stimulation; (B) desiccation stimulation; (C) combined method of (A) and (B); (D) control. $\circ$ – Water temperature; $\bullet$ – male; $\blacktriangle$ – female.

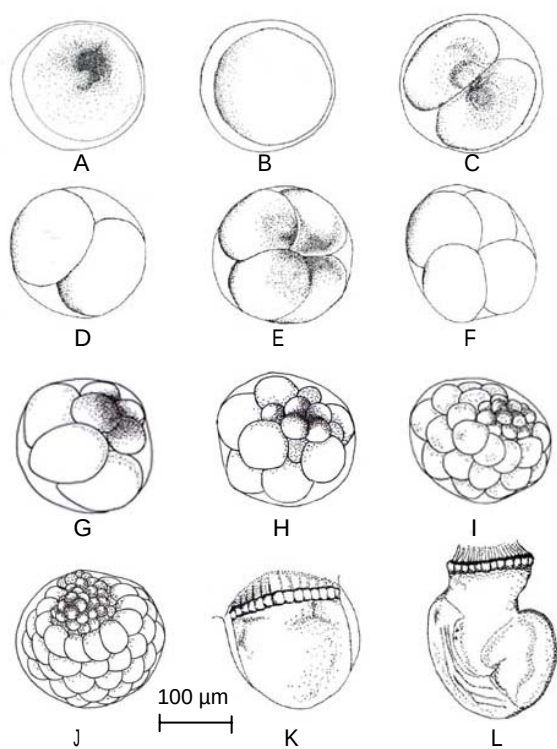


Fig. 5 Embryonic and larval development of the top shell. A: Fertilized egg (animal pole); B: fertilized egg (vegetable pole); C: 2-cell stage (animal pole); D: 2-cell stage (vegetable pole); E: 4-cell stage (animal pole); F: 4-cell stage (vegetable pole); G: 8-cell stage (animal pole); H: 16-cell stage; I: blastula; J: gastrula; K: hatching; L: veliger larva.

討 論

本試驗自 4 月 21 日至 5 月 15 日共進行三次試驗，各組於三次試驗中之結果不盡相同，其原因是由種螺成熟度不同所致。Ai (1965) 研究角螺 (*Turbo cornutus*) 誘發產卵指出，溫度刺激只是成熟種貝於精、卵放出前的發動力，必須使用完全成熟的種螺才能有效。乾出法及溫度刺激法誘發產卵只是亢奮生理活性的間接方法 (隆島與羽生, 1989)。菊地與浮 (1974a, 1974b) 研究 *H. discus hannai* INO 指出，種貝生殖腺的發育和成熟有效積算溫度成正比，有效積算溫度越高，生殖腺愈成熟，誘發產卵率因而愈高。本研究中，隨著試驗的進行，誘發產卵越來越容易，誘發產卵率也有增高趨勢，是種螺成熟度增加的結果。

溫度上升刺激對許多螺貝類均有誘發產卵效果 (Takashi, 1952; Ai, 1965; Toba and Miyama,

1992; Gapasin *et al.*, 2002)。乾出刺激對鮑魚 *H. discus REEVE* 及 *H. gigantean GMELIN* 誘發產卵有相當效果 (井上, 1969)。本試驗結果，溫度刺激及乾出刺激對銀塔鐘螺誘發產卵同樣具有顯著正面效果。

溫度組中第二次試驗失敗的原因，可由三次試驗中之環境水溫及溫度處理加以說明。三次試驗的起始水溫分別為 24.1 °C、26.5 °C 及 26.2 °C，前二次試驗高溫值設定為 28 °C，低溫值設定於 24 °C，第三次高溫值設定為 30 °C。因此，第一次試驗之升、降溫差各為 4 °C，水溫低溫值約等於環境水溫；第二次試驗之第一次升溫處理僅加溫 1.5 °C，而降溫處理將水溫調降 4 °C，致設定低溫值比環境水溫低 2.5 °C；第三次試驗僅升溫處理一次，加溫 4 °C。比較結果，第二次試驗之升溫範圍小，溫度刺激不足；而且設定低溫值低於環境水溫，對夏卵型螺類的產卵產生不利影響，在此雙重不利因素影響下，誘發產卵因而失敗。當水溫低於環境水溫對產卵之不利影響，於併用組中也有相同情況發生。併用組於溫度處理前，因乾出效應已有種螺被誘發排精排卵，且在溫度處理之升溫期間，排精排卵反應率也有增加趨勢，但在水溫調降至設定低溫值後，產卵動作很快就停止，隨後的加溫處理，亦沒有再誘發產卵。由此可知，第二次誘發產卵失敗，並非溫度刺激效應問題，而是試驗設計不良所致。

乾出後併用溫度處理組，種螺開始反應時之模式和乾出組相當一致，溫度處理時，又明顯反應出溫度刺激的效應，和溫度組之反應模式相當一致，但結果之種螺誘發產卵率及產卵量並無加成作用，種螺誘發產卵率有較低的趨勢，產卵量又明顯較少，其原因有待進一步探討。

Morse *et al.* (1976) 使用過氧化氫水溶液浸漬法，成功地誘發雌雄鮑魚同步產卵，並證實過氧化氫能促進生殖活性素 Prostaglandin endoperoxide 的合成。Kudo *et al.* (1994) 以 35 % 過氧化氫併用溫度刺激誘發銀塔鐘螺產卵，添加量 0.01 ml/l (約 0.1 mM)，水溫加溫至 30 °C，自 1983 年 7 月 27 日至 9 月 21 日共試驗 11 次，採卵成功 3 次，雌雄螺合計之誘發反應率 18.8 %。本試驗探討乾出法及溫度法之結果，3 次中均有 2 次誘發產卵成功，雌雄螺合計之誘發反應率，乾出法平均為 50 %，溫度法平均為 65 %。相較之下，此二法有更好的成功率，種螺反應率也較高。又過氧化氫水溶液對精卵可

能有不利影響，例如當添加濃度達 0.26 ml/l (約 4 mM)，會導致黑鮑 (*Halotis discus*) 之精子無法受精 (二島, 1981)；濃度超過 0.1 ml/l 時，則會使銀塔鐘螺種螺逐漸衰弱 (Kudo *et al.*, 1994)。因此，如能採獲成熟度良好的種螺，或培育出優良種螺，乾出法及溫度刺激法均是誘發銀塔鐘螺產卵非常有效的方法。

謝 辭

本研究係在行政院農業委員會水產試驗所公務預算農科計畫項下完成，研究期間承蒙蘇所長偉成、蘇副所長茂森惠予指導，本中心同仁許富和先生、周田順先生協助觀察記錄，得以順利完成；另，本文稿承蒙國立台灣海洋大學何教授權法、本所蘇所長偉成惠予指正以及同仁謝恆毅先生、冼宜樂先生、林青青小姐協助編圖校稿，特此一併敬致謝忱。

參考文獻

- 二島賢二 (1981) 過酸化水素によるクロアワビの産卵誘發效果. 栽培漁業技術開發研究, 10(2): 29-34.
- 井上正昭 (1969) アワビの種苗生産と放流. 水産増殖, 16(6): 295-307.
- 巫文隆 (2003) 台灣貝類目錄：I. 腹足綱 - 原始腹足目. 行政院農業委員會, 44 pp.
- 翁其明, 涂嘉猷, 胡興華 (1984) 澎湖海域經濟貝類之研究 - II 銀馬蹄螺 (*Tectus pyramis*) 的生殖季節. 台灣省水產試驗所試驗報告, 36: 135-142.
- 淺野長雄 (1939) 高瀬貝の産卵期に就て. 水産研究誌, 35: 36-38.
- 淺野長雄 (1940) 高瀬貝の成長度に就て. 水産研究誌, 36: 92-98.
- 張崑雄, 楊海寧, 陳春暉, 詹榮桂, 戴昌鳳, 鄭明修 (1993) 澎湖內海海域海洋生態資源調查研究. 交通部觀光局澎湖國家風景特定區管理處, 175-176.
- 菊地省吾, 浮永久 (1974a) アワビ屬の採卵技術に關する研究 - 第1報. エゾアワビ *Halotis discus hannai* Ino の性成熟と温度との關係. 東北水産研究報告, 33: 69-78.
- 菊地省吾, 浮永久 (1974b) アワビ屬の採卵技術に關する研究 - 第5報. クロアワビ *Halotis discus Reeve* の性成熟と温度との關係. 東北水産研究報告, 34: 77-85.
- 奧谷喬司 (1987) 貝類. 日本東海大學出版會, 98 pp.
- 隆島史夫, 羽生功 (1989) 水族繁殖學. 綠書房, 365-402.
- 蔡維原, 趙婷英, 陳明輝, 李展榮 (2000) 恆春半島西部潮間帶腹足類相調查. 第四屆海洋環境大會論文集 - 許澎湖珊瑚礁一個未來, 75 pp.
- 賴景陽 (1988) 貝類. 渡假出版社, 38 pp.
- Ai, T. (1965) Spawning and early development of the topshell *Turbo cornutus* solander - II. Induction of spawning and larval development. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 3(2): 105-111.
- Crowe, T. P., G. Dobson, C. L. Lee (2001) A novel method for tagging animals in complex habitats and its use in research into stock enhancement of *Trochus niloticus*. Aquaculture, 194: 383-391.
- Crowe, T. P., C. L. Lee, K. A. McGuinness, M. J. Amos, J. Dangeubun, S. A. P. Dwiono, P. C. Makatipu, J. Manuputty, F. N. guyen, K. Pakoa, J. Tetelepta (2002) Experimental evaluation of the use of hatchery-reared juveniles to enhance stocks of the top shell *Trochus niloticus* in Australia, Indonesia and Vanuatu. Aquaculture, 206: 175-197.
- Dwiono, S. A. P., Pradina and P. C. Makatipu (2001) Spawning and seed production of the green snail (*Turbo marmoratus* L.) in Indonesia. SPC Trochus Inform. Bull., 7: 9-13.
- Gapasin, R. S. J., W. G. Gallardo and B. Polohan (2002) Successful induced spawning of the top shell, *Trochus niloticus*, at SEAFDEC/AQD, Philippines. SPC Trochus Inform. Bull., 9: 14 pp.
- Heslinga, G. A. and A. Hilman (1981) Hatchery culture of the commercial top shell *Trochus niloticus* in Palau, Caroline Island. Aquaculture, 22: 35-43.
- Kubo, H., E. Tamaki and T. Katsumata (1989) Study of *Trochus niloticus* for aquaculture-hatchery culture. Okinawa Pref. Fish. Exp. Station, Annu. Rep. 1988 Fiscal Year, 217-221 (in Japanese).
- Kudo, M., K. Tsutsumi, M. Minagawa, Y. Aoki and S. Tsubakawa (1994) Induction of spawning, larval development and growth of top shell, *Tectus pyramis* in the laboratory. Suisanzoshoku, 42(4): 571-575.
- Lapointe, B. E. (1997) Nutrient thresholds for bottom-up control of macroalgal blooms on coral reefs in Jamaica and southeast Florida. Limnology & Oceanography, 42(5): 1119-1131.
- Morse, D. E., H. Duncan, N. Hooker and A. Morse (1976) Hydrogen peroxide induces spawning in

- mollusks, with activation of prostaglandin endoperoxide synthetase. *Science*, 196: 298-300.
- Toba, M. and Y. Miyama (1992) Comparison of the effects of Several treatments for spawning induction in manila clam *Ruditapes philippinarum*. *Suisanzoshoku*, 40(3): 303-311.
- Takashi, I. (1952) Biological studies on the propagation of Japanese abalone (Genus *Haliotis*). Tokai Regional Fisheries Research Laboratory Tsukishima, Tokyo, Japan, 5: 1-24.
- Wu, F. C., Y. Y. Ting and H. Y. Chen (2003) Dietary docosahexaenoic acid is more optimal than eicosapentaenoic acid affecting the level of cellular defence responses of the juvenile grouper *Epinephelus malabaricus*. *Fish and Shellfish Immun.*, 14: 223-238.

Induced Spawning and Embryonic Development of the Top Shell, *Tectus pyramis*

Kim-Jung Lin^{*}, Tung-Pen Chen, Ting-Shih Huang and Wann-Sheng Tsai
Penghu Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute

Abstract

The top shell, *Tectus pyramis*, is one of the most heavily exploited marine gastropods in the Penghu area, Taiwan. Experiments on induced spawning of this species were conducted in this study to establish a technique for mass seed production and stock enhancement. Mature shells were collected from the Penghu area. The effects of temperature, desiccation, and their combination on induction of spawning were studied. Results showed that the 3 methods were significantly effective at induced spawning. The combined method had no significant extra effect as compared to the other 2 methods. Fertilized eggs of the top shell are granular, spherical, green, and demersal, with a mean diameter of $252.0 \pm 4.8 \mu\text{m}$. The first cleavage occurred at about 40 min after fertilization at a water temperature of 27.1°C . The second cleavage occurred at 60 min, and the third cleavage occurred at 80 min after fertilization. In the third cleavage, there were 4 bigger, white cells at the vegetable pole, whereas there were 4 small, green cells at the animal pole. The cells in both the vegetable and animal poles individually symmetrically cleaved. Prototrochal cilia appeared at 4 h and 50 min, and the trochophore stage developed at 8 h and 40 min. The formation of the larval shell in the veliger stage was at 17 h and 40 min. Metamorphosis to become a crawling larva occurred at 35 h.

Key words: *Tectus pyramis*, induced spawning, embryonic development.

^{*}Correspondence: Penghu Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute, 57 Chi-Tou, Paisha 884, Penghu, Taiwan. TEL: (06) 993-1026; FAX: (06) 993-1309; e-mail: k-j.lin@mail.tfrin.gov.tw