

Preliminary Study on the Artificial Propagation and Cultivation of Belcher's Venus Clam, *Tapes belcheri*, Compared with *T. literatus*

Wei-Yi Cheng, Jiun-Yau Wang*, Min-Ru Wang, Shu-Jen Kung and Hernyi Justin Hsieh

Penghu Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

Belcher's venus clams, *T. belcheri*, were used to develop artificial propagation techniques and juvenile cultivation strategies in this study. The results showed that *T. belcheri* larvae hatched after 5 hours of fertilization and metamorphosed into juveniles 8–10 days after fertilization under conditions of 28°C and 33 psu. Juveniles raised at a salinity of 33 psu were then transferred to salinity conditions of 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, and 45 psu for 72 hours, and survival rates were measured. The survival rates of juveniles at less than 10 psu, 15 psu, 20 psu, 25 – 35 psu, 40 psu, and 45 psu were 0%, 22.2%, 98.9%, 97.8%, 95.6%, and 76.7%, respectively. Comparing between the presence and absence of base medium, no significant differences in the growth rates of juveniles were observed ($p > 0.05$). The mean shell lengths *T. belcheri* and *T. literatus* juveniles that were maintained in a field farm for 140 days increased from 0.39 ± 0.07 cm to 1.72 ± 0.17 cm and from 0.63 ± 0.12 cm to 1.42 ± 0.17 cm, respectively. Therefore, the growth rate of *T. belcheri* was faster than that of *T. literatus*.

Key words: *Tapes belcheri*, artificial propagation, salinity, field farming

*Correspondence: Division of Aquaculture, Fisheries Research Institute, 199 Hou-Ih Rd, Keelung, Taiwan 202. TEL: (02)2463-2101 ext. 2509; FAX: (02) 2462-4627; E-mail: jywang@mail.tfrin.gov.tw

硬殼淺蜆人工繁養殖技術開發及其與淺蜆之成長比較

鄭維毅·王俊堯*·王敏儒·龔淑仁·謝恆毅

行政院農委會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心

摘 要

本研究進行硬殼淺蜆 (*Tapes belcheri*) 的人工繁殖以及稚貝培育試驗，結果顯示在水溫 28°C，鹽度 32 psu 條件下，硬殼淺蜆受精卵於受精 1.5 hr 後分裂成二細胞期；2 hr 後進入四 - 八細胞期；2.5 hr 後進入十六 - 三十二細胞期；3 hr 後進入桑椹期；4 hr 後進入囊胚期；5 hr 後進入擔輪子期；8 hr 後發育成緣膜 (D 型) 幼生；6 - 7 天後發育成足盤緣膜幼生；8 - 10 天後為沉底苗。將馴養在鹽度 33 psu 海水的硬殼淺蜆稚貝，分別移至鹽度 0、5、10、15、20、25、30、35、40、45 psu 的環境 72 hr 後，發現在 10 psu 以下稚貝的活存率為 0；15 psu 組活存率為 22.2%，20 - 40 psu 稚貝的活存率均在 95.0% 以上；將鹽度提高至 45 psu 則活存率下降至 76.7%。探討基質有無對硬殼淺蜆稚貝成長之影響，顯示無論有無基質，對於稚貝的成長沒有顯著影響。比較田間放養之硬殼淺蜆和淺蜆 (*T. literatus*) 之成長，結果顯示，硬殼淺蜆 140 天之殼長自 0.39 ± 0.07 cm 成長至 1.72 ± 0.17 cm；而淺蜆則是由 0.63 ± 0.12 cm 增加為 1.42 ± 0.17 cm，亦即硬殼淺蜆的成長速率比淺蜆為快。

關鍵詞：硬殼淺蜆、繁殖、鹽度、田間放養

前 言

二枚貝類如蛤蜊 (clams)、牡蠣 (oysters)、扇貝 (scallops)、貽貝 (mussels) 等，為廣受世人喜愛的海鮮食品，需求量很高。2018 年全球海水二枚貝類之養殖產量約為 1,582 萬公噸，產值約 273 億美元，分佔養殖總產量、值的 13.8% 及 10.4%。其中蛤蜊類的產量及產值分別為 558 萬公噸及 97 億美元，牡蠣類為 599 萬公噸及 72 億美元，貽貝類為 211 萬公噸及 45 億美元，扇貝類則為 214 萬公噸及 59 億美元 (FAO, 2018)。臺灣目前主要養殖的二枚貝種類為牡蠣與文蛤，根據漁業署漁業年報資料顯示，2019 年兩者產量分別為 19,473 mt 及 19,501 mt 左右，產值為新臺幣 36.4 億及 44.3 億元，牡蠣的產量與產值幾乎分別涵括了全臺灣淺海養殖 96.9% 及 93.1%，而文蛤的產量與產值則分別占了內陸鹹水魚塢的 35.7% 及 26.8% (漁業署, 2020)，由此可見國人對於二枚貝類的需求相當的高。

近年來，學者針對水產養殖業提出以生態考量的永續經營對策，主要的轉變是以養殖草食性物種為主，採用多營養階層整合式蓄養以及純海水養殖並減少魚粉 (油) 添加 (Baily, 1997; Tacon and De Silva, 1997; Pauly *et al.*, 2002)，而貝類養殖則是符合水產養殖永續經營的典範 (Naylor *et al.*, 2000)。由於貝類大多直接以浮游性或附著性藻類為食，不涉及多營養階層的能量流動具有營養效率 (trophic efficiency) 較高的特點，因此以養殖貝類來提供蛋白質來源，在生態上來看是更為經濟 (Kemp *et al.*, 2001)。二枚貝自孵化後皆以浮游性植物為食，因浮游植物的生活史短，可以在短時間大量的繁殖，養殖從業人員所需要花費的時間與資本相對經濟低廉，同時也不會耗用動物性蛋白作為飼料，且其市場價格高，從業人員收益也可望提高。綜上所述，發展新興高單價二枚貝養殖，不僅在國內具有全球性發展潛力，同時在華人市場以及全球需求的產業布局考量，亦有相當大的發展空間。

二枚貝的養殖對於環境來說尚有許多正面的助益，例如淨化水質以及移除優養化水體當中過多的浮游藻類 (Callier *et al.*, 2008; D'Amours *et al.*, 2008)。同時 Zhou *et al.* (2014) 研究指出，牡蠣以及

*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號; TEL: (02) 2463-2101 ext. 2509; FAX: (02) 2462-4627; E-mail: jywang@mail.tfrin.gov.tw

貽貝等濾食性的養殖物種可以主動加速水中懸浮粒子的淨化，同時生產出經濟價值的產品。然而在進行二枚貝養殖時亦應該注意許多養殖管理的細節，例如外來種的引入、附著生物的侵害、病原菌的引入與疾病的防治以及非在地族群的基因污染等問題 (Brenner *et al.*, 2014)，因此以本地種原進行繁養殖技術的開發，可有助於降低環境生態的風險。

硬殼淺蜊 (*Tapes belcheri*) 在分類上為軟體動物門 (Mollusca)、雙殼綱 (Bivalvia)、簾蛤目 (Veneroida)、簾蛤科 (Veneridae)、淺蜊屬 (*Tapes*)，俗稱紅嘴仔，因其活體斧足呈紅橘色，烹煮之後仍然保持鮮豔之紅色，顧以此名之。Kuroda (1941) 指出臺灣有 4 種淺蜊屬生物，Wu (1980) 增加為 5 種，而目前中央研究院生物多樣性研究中心臺灣貝類資料庫 (https://shell.sinica.edu.tw/chinese/taiwanshell_result.php?type=science&keyword=tapes) 則登錄有 6 種，分別為淺蜊 (*Tapes literatus*)、硬殼淺蜊 (*T. belcheri*)、寬幅淺蜊 (*T. dorsatus*)、花斑淺蜊 (*T. platyptycha*)、鈍綴錦蛤 (*T. turgida*) 及未有中文名之 *T. sericeus* 等，其中體型較大、產量較高的是淺蜊，而硬殼淺蜊的體型次之 (Fig. 1)。硬殼淺蜊體型近橢圓形，殼長大於殼高，前後端圓形。殼頂略突出，位於背緣偏前方，貝殼表面黃白色，具突出而厚的同心生長紋，生長紋平寬而微突出殼面。殼面具有 4 條較明顯的放射狀色帶。左殼前、中主齒和右殼中、後主齒分裂為二。硬殼淺蜊主要分佈於印度-太平洋海域，從模里西斯群島 (Mauritius Islands)、亞丁灣 (the Gulf of Aden) 到菲律賓，北到中國及日本南方，南至澳洲昆士蘭中部，在臺灣主要分佈在澎湖海域、屏東、基隆及金門等地的海域，多半棲息於淺海的珊瑚砂及泥底質海域，潮間帶至潮下帶都可見其蹤跡。

硬殼淺蜊為臺灣具商業價值的大型貝類之一，也是澎湖重要經濟貝類，硬殼淺蜊以往野生族群產量豐富，但近來因為澎湖地區觀光遊客數量日增，市場餐廳需求日殷，在極大的採捕壓力下，野外族群量亦日漸稀少，且採獲個體之平均體長逐漸下降，造成該貝類的市場價格水漲船高，市場價格每斤為新台幣 180–250 元之間，是目前市售常見之二枚貝價格的 2–4 倍。

淺蜊屬物種之相關文獻極少，在臺灣本地的研究報告方面，綜整黃等 (2008) 對寬幅淺蜊之研究，

其分佈緯度、攝食對象、棲息環境以及生殖季節，皆與硬殼淺蜊相近；水產試驗所澎湖海洋生物研究中心，亦成功建立淺蜊 (俗稱大蛤、大殼) 人工繁養殖技術，同時也實驗證明淺蜊稚貝可進行無基質模式之培育 (王等, 2016)。在以往的研究基礎上，我們繼續投入硬殼淺蜊的繁養殖研發，並積極推動技術轉移，以期提供產業界具高經濟效益的新興二枚貝養殖物種選項。



Fig. 1 The morphology of *Tapes belcheri* (above) and size comparison (below) between *T. belcheri* (right) and *T. literatus* (left).

材料與方法

一、硬殼淺蜊之繁殖

(一) 種貝的採集

於 2016 年 4 月起，於澎湖海域分批採捕野生種貝，共採集 300 餘顆，平均殼長 5.2 cm。採進之後在水溫 28°C、鹽度 33 psu 之條件下蓄養，開始進行催產的步驟。

(二) 種貝催產

自 2016 年 4 月起開始進行催產，每次催產間

隔一個禮拜，最後催產時間為 9 月底，根據本試驗的紀錄，硬殼淺蜆有 4 – 5 個月的期程可進行人工繁養殖工作。

擬催產之種貝先乾出 2 – 4 hr，再置入產卵桶利用溫差刺激生殖腺，誘發排放精卵。雄貝通常會先排精，水體中的精子會進一步誘導雌貝排卵，待充分受精後，使用 400 目浮游生物網以虹吸方式蒐集受精卵，再以網目 1 μm 濾袋過濾之海水清洗受精卵，除去多餘精子以免重複受精之情形。

(三) 受精卵收集及胚胎發育

將少量受精卵放入水溫 28°C、鹽度 33 psu 的 1,000 ml 燒杯中，進行孵化觀察。受精卵孵化為擔輪子幼蟲後，以 0.8 – 1.2 隻 / ml 之密度，蓄養於室內 2.5 mt FRP 桶槽內 (水溫約 28°C，鹽度約 33 psu 等條件下)，約 8 hr 變態至 D 型幼生後，開始餵食，初期餌料以等鞭金藻 (*Isochrysis galbana*) 為主，待 3 – 5 天後開始混合添加牟氏角毛藻 (*Chaetoceros muelleri*)，餵食濃度以 1 hr 內水色變清為基準，再視幼生攝食狀況調整，並依水質狀況少量換水。浮游期約為 8 – 9 日後，開始沈底行底棲生活，著苗之幼貝會以足絲黏附於固著物上，並以斧足進行短距離的移動，殼面逐漸出現褐色帶狀花紋，此時投餌以止水式飼養，並視池底狀況抽底清池。孵化後 30 天外殼紋路出現，再放置有鋪沙的 FRP 桶槽飼養，此時可以開始篩取不同大小的稚貝，進行後續養殖及放養試驗。

二、基質有無對稚貝成長與活存率之影響

篩選體長約 3.5 mm 之稚貝，分別進行底質有無對成長及存活率影響之比較試驗。針對鋪設底質之處理，以底面積 1 m^2 之 FRP 桶，使用二層底，水流由下往上，基質鋪設珊瑚細沙 10 cm，放入硬殼淺蜆稚貝 250 顆，適量打氣，每天早晚投餵牟氏角毛藻 100 L (濃度 10 – 15 $\times 10^6$ cells/ml)，實驗進行 14 週，每 2 週測量一次，隨機取樣 30 顆三重複，測量殼長、體重，待試驗結束後記錄活存率。

無底質之處理，以相同規格之 FRP 桶，但底部無鋪設珊瑚細沙，放入硬殼淺蜆稚貝 250 顆，

同樣的餵飼方式及實驗週數，每 2 週測量一次，隨機取樣 30 顆三重複，測量殼長、體重，待試驗結束後紀錄活存率。

以 One-way ANOVA 進行統計分析並以 Scheffe 法判定不同組別之差異顯著性 ($p < 0.05$)。

三、不同鹽度對稚貝活存率之影響

本試驗使用之稚貝平均體長為 5.63 ± 0.58 mm。試驗處理以 1 L 燒杯分別調配成 10 個鹽度試驗組 (0、5、10、15、20、25、30、35、40、45 psu)，原飼養海水鹽度為 33 psu。每組放入稚貝 30 顆，不投餌，觀察 72 hr 後的存活率。

四、硬殼淺蜆沉沙苗提供養殖業者進行試驗性放養

硬殼淺蜆之第 1 批及次批幼貝各約 10 萬顆，分別於 2016 年 8 月 29 日及同年 10 月 26 日，交付予雲林臺西鄉富鑫養殖場養殖，放養於文蛤養殖池內約 10 m $\times$ 10 m 之區域中，而為了比較硬殼淺蜆與淺蜆的成長速率，亦於同一池不同區域同時放養 5 萬顆淺蜆稚貝。隨後定期隨機取樣 30 顆硬殼淺蜆及淺蜆個體，測量其殼長、體重以比較成長差異。

結 果

一、硬殼淺蜆之繁殖

硬殼淺蜆之胚胎發育各階段時間如下 (Fig. 2、Table 1): 受精卵 (fertilized eggs) 大小約 60 – 65 μm ; 於受精後大約 1.5 hr 開始分裂成二細胞期 (2-cell stage)，大小約 90 μm ; 2 hr 進入四細胞期 (4-cell stage) 及八細胞期 (8-cell stage)，大小約 90 – 95 μm ; 2.5 hr 進入十六細胞期 (16-cell stage) 及三十二細胞期 (32-cell stage)，大小約 90 μm ; 3 hr 進入桑椹期 (morula)，大小約 90 μm ; 4 hr 進入囊胚期 (blastula)，大小約 90 μm ; 5 hr 進入擔輪子期 (tochophore)，大小約 90 – 100 μm ，此時期具有纖毛及鞭毛且開始游動; 約 8 hr 後發育成 D 型幼生 (D-shaped larvae) 稱面盤緣膜幼生 (veliger)，大小約 100 –

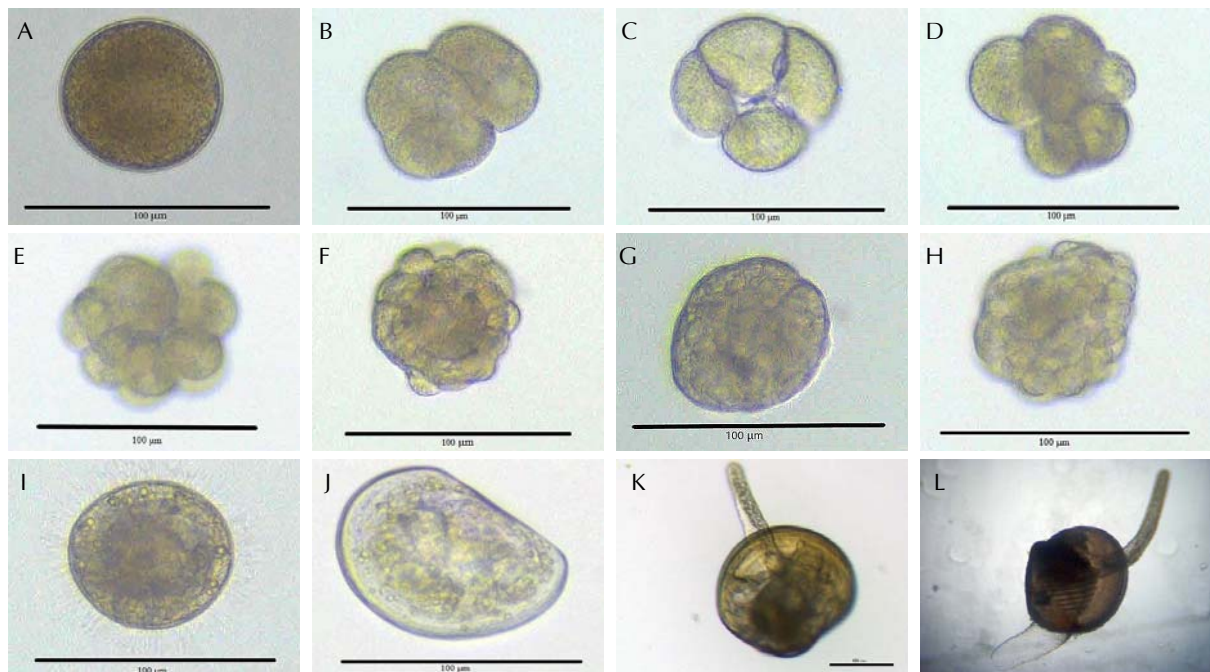


Fig. 2 *Tapes belcheri* embryonic developmental stages and juveniles under conditions of water temperature at 28°C and salinity at 33 psu. A: fertilized eggs; B: 2-cell stage; C: 4-cell stage; D: 8-cell stage; E: 16-cell stage; F: 32-cell stage; G: morula; H: blastula; I: trochophore; J: veliger (D-shaped larvae); K: pediveliger; L: settled juvenile.

Table 1 The embryonic development of *Tapes belcheri* at a water temperature of 28°C and salinity of 33 psu

Stage	Size (µm)	Cumulative Time
Fertilized eggs	60 – 65	0
2-cell stage	90	1.5 hrs
4-cell stage	90	2 hrs
8-cell stage	90	2 hrs
16-cell stage	90	2.5 hrs
32-cell stage	90	2.5 hrs
Morula	90	3 hrs
Blastula	90	4 hrs
Trochophore	90 – 100	5 hrs
Veliger (D-shaped larvae)	100 – 110	8 hrs
Pediveliger	200 – 300	6 – 7 days
Settled juvenile	500 – 700	8 – 10 days

110 µm；6 – 7 天後發育成足緣膜幼生 (pediveliger)，開始出現沉底行為，發育至 8 – 10 天則完全行底棲活動，為初期的稚貝 (settled juvenile)，此期間外殼呈透明狀，靠著斧足活動，爬行能力強，開始具有潛砂能力。

二、基質有無對稚貝成長與活存率之影響

稚貝在有鋪設珊瑚細沙基質的試驗環境下，歷經 14 週，殼長由 3.53 ± 0.061 mm 成長至 13.8 ± 0.17 mm；無鋪設基質的試驗環境，同樣的飼育時

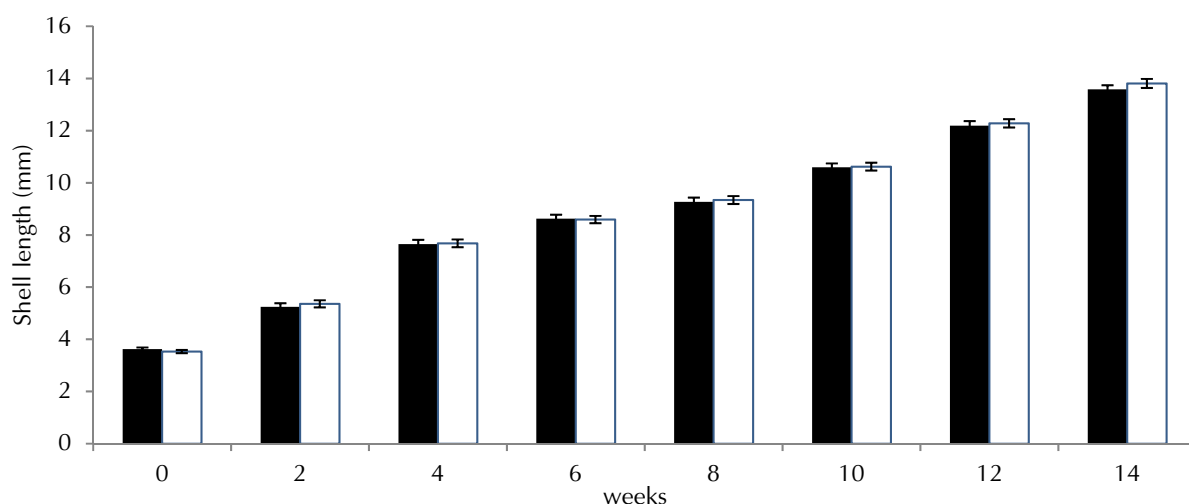


Fig. 3 The comparison of shell lengths between *Tapes belcheri* grown with no base medium (filled column) and with base medium (empty column) for 14 weeks.

間及條件，殼長自 3.62 ± 0.07 mm 成長至 13.6 ± 0.16 mm。試驗期間，稚貝在基質有無之試驗條件下，存活率皆超過 98% 而殼長的平均值在統計上沒有顯著差異 ($p > 0.05$) (Fig. 3)。

三、不同鹽度對稚貝活存率之影響

將硬殼淺蜆稚貝從 33 psu 的海水中分別移至 0、5、10、15、20、25、30、35、40、45 psu 的環境 72 hr 後，0、5、10 psu 組的活存率為 0%，15 psu 組為 22.2%；20 psu 組為 98.9%；25–35 psu 組為 97.8%；40、45psu 組的存活率則分別為 95.6% 及 76.7% (Table 2)。

四、硬殼淺蜆沉沙苗提供養殖業者進行試驗性放養

2016 年 8 月 29 日將 10 萬顆平均殼長約 0.5 cm 之硬殼淺蜆苗放養於雲林臺西鄉富鑫養殖場文蛤養殖池之 100 m² 區域。放養期間 9 月份遭逢莫蘭蒂、馬勒卡及梅姬颱風連續侵襲，持續強降雨造成養殖池水鹽度驟降至 7 psu，導致池中的硬殼淺蜆大量死亡，幾乎無一倖免。

2016 年 10 月 30 日再次於同區域放養 10 萬顆，平均殼長、殼寬及殼高分別為 0.39 ± 0.07 cm， 0.33 ± 0.07 cm 及 0.15 ± 0.06 cm 的稚貝，於 2016 年 11 月 15 日採樣測量，稚貝殼長、殼寬及殼高

分別為 0.72 ± 0.14 cm、 0.55 ± 0.08 cm 及 0.30 ± 0.05 cm，和初放養時比較有明顯差異 ($p < 0.05$) (Table 3)。105 年 11 月 29 日時硬殼淺蜆的殼長，殼寬及殼高分別為 1.31 ± 0.14 cm、 0.95 ± 0.22 cm 及 0.48 ± 0.06 cm。自 2016 年 11 月到隔年 3 月期間的低水溫期，成長速率趨緩。2017 年 03 月 21 日時硬殼淺蜆的殼長，殼寬及殼高分別為 1.72 ± 0.16 cm、 1.18 ± 0.11 cm 及 0.65 ± 0.07 cm。

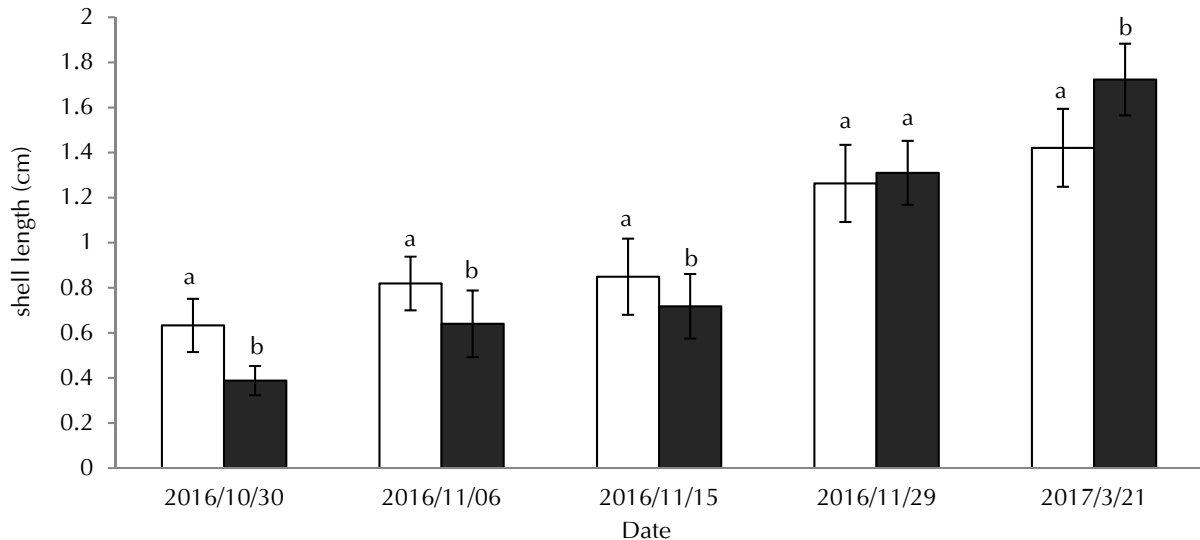
Table 2 Survival rates of *Tapes belcheri* juveniles under various salinity conditions for 72 hours (All juveniles were maintained at a salinity of 33 psu before treatments)

Salinities (psu)	Survival rates (%)
0	0
5	0
10	0
15	22.2
20	98.9
25	97.8
30	97.8
35	97.8
40	95.6
45	76.7

Table 3 The growth of *Tapes belcheri* in a field farm (2016/10/30 – 2017/03/21)

	2016/10/30	2016/11/06	2016/11/15	2016/11/29	2017/3/21
Length (cm)	0.39±0.07 ^a	0.64±0.15 ^b	0.72±0.14 ^b	1.31±0.14 ^c	1.72±0.16 ^d
Width (cm)	0.33±0.07 ^a	0.51±0.07 ^b	0.55±0.08 ^b	0.95±0.22 ^c	1.18±0.11 ^d
Height (cm)	0.15±0.06 ^a	0.28±0.07 ^b	0.30±0.05 ^b	0.48±0.06 ^c	0.65±0.07 ^d

Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$)

**Fig. 4** The comparison of shell lengths between *Tapes belcheri* (filled column) and *T. literatus* (empty column) raised in a field farm (at Taixi, Yunlin). Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$).

為了比較淺蜆與硬殼淺蜆的成長速率，2016 年 10 月亦同時放養 5 萬顆、平均殼長為 0.63 ± 0.12 cm 的淺蜆稚貝（同時間放養硬殼淺蜆之平均殼長為 0.39 ± 0.07 cm）；2016 年 11 月 29 日量測，淺蜆的平均殼長為 1.26 ± 0.17 cm，而硬殼淺蜆的平均殼長為 1.31 ± 0.14 cm，在統計上無顯著差異。而同樣經歷冬季低溫的成長遲滯期，2017 年 3 月 21 日淺蜆的平均殼長則為 1.42 ± 0.17 cm，而硬殼淺蜆的平均殼長為 1.72 ± 0.16 cm，硬殼淺蜆體型明顯大於淺蜆，且在統計上具有顯著差異 ($p < 0.05$) (Fig. 4)。

討 論

一、硬殼淺蜆之繁殖

硬殼淺蜆之生殖季節為每年 4–9 月間，種貝可多次產卵，在 4–7 月份間野外採得之成貝

生殖腺多呈現飽滿情形，但若遭逢颱風等劇烈天氣變化則會影響其肥滿度，因該期間之種貝易受水溫等環境條件影響而誘發排精排卵，因此種貝之採集最好選擇氣候穩定期間，檢選體型一致之野外及蓄養個體作為種貝。硬殼淺蜆的人工繁殖過程與其他二枚貝的操作方式基本相同，挑選生殖腺飽滿的種貝，不論利用乾出、溫度刺激或是生殖腺懸浮液等常用方式來進行催精、產卵誘導，都可以獲致大量的受精卵。而種貝體型的大小、當季是否已經排放配子以及蓄養馴化肥育的環境等因素，則會影響後續受精卵及胚胎發育的狀況。較大體型（3–4 cm 以上）、當季尚未排放配子以及在良好水質環境下馴化肥育的種貝，產出配子的數量多、卵質好、受精卵孵化率及幼生成功率高、後續幼生發育期程較一致等優點，對於後續優質種苗量產的助益頗大。

王等 (2016) 針對淺蜆進行人工繁殖試驗，與本研究之硬殼淺蜆比較，在相同水溫、鹽度下，

硬殼淺蜆胚胎發育的速率比起淺蜆要快，硬殼淺蜆自受精後約 5 hr 左右，即可孵化成擔輪子幼生行自由生活，而淺蜆則要將近 17 hr 才會孵化；前者發育至 D 型幼生約需 8 hr，後者則需 31 hr；前者發育至足緣膜幼生約需 6 - 7 日，後者則需約 9 日；而前者變成稚貝行底棲生活約需 8 - 10 日，而後者則需 15 日。胚胎的大小兩者相近，外觀亦難辨，必須等到變態為稚貝行底棲生活後，稚貝殼表的殼紋顯現之後，方可分辨出兩者的差異。硬殼淺蜆胚胎的發育速率與文蛤相近（浮游期約 7 - 10 天），繁殖方式與幼生稚貝初期的餌料亦相仿，後續的飼養方式也大同小異，唯獨對於鹽度的耐受性不若文蛤，後續養殖的推廣應該對文蛤養殖的從業人員來說問題不大。另外跟 *T. dorsus* 繁殖的參數比較起來（巫等, 2017），在鹽度 25 psu、溫度約 30°C 條件下，硬殼淺蜆的發育速度也稍快。

二、基質有無對稚貝成長與活存率之影響

二枚貝無基質的養殖方式已經被證明可以有效的提升養殖密度及存活率（Dunham *et al.*, 2013），本研究之結果也證明硬殼淺蜆稚貝也如淺蜆稚貝一樣，可於稚貝培育階段進行無基質模式之培育。無基質培育具有許多養殖管理上的優勢，由於硬殼淺蜆不論成、稚貝階段，對於水質要求及敏感程度皆非常高，若將之培育在有砂質底質之環境當中，死亡個體、排遺物及擬糞、微細藻類死亡殘餌等都會蓄積在基質間隙中，造成飼育個體之緊迫，進而產生拒食甚或死亡的狀況，雖可使用二層底並讓水流由下往上沖洗底質之設計，且頻繁地進行底質淘洗及移除死亡個體來改善，但稍有不慎便會導致大規模斃死。反之，若能以無基質的方式進行飼育，除了方便管理者檢視飼育個體之活存狀況，讓飼育個體之間依偎緊靠充作基質，飼育水體則很容易在個體與個體之間縫隙流動，對於排泄物及殘餌之移除來說，亦可收事半功倍之效。

此外，無基質的養殖方式也可提升單位水體的養殖密度，由於沒有基質的阻隔，養殖貝體之間個體的距離可以縮到最小，如此一來，養殖業者可以在充份供應藻水餵養的前提之下，利用最

小的面積獲致最大的養殖密度。由於二枚貝的生長與放養密度有密切關係，適當的放養密度可充分發揮水體生產力，從而達到降低生產成本及增加生產的效益。潛沙棲息的菲律賓簾蛤成貝，其最適飼育密度可以達到 300 隻/m²（Baud, 1992）。大陸地區的青蛤苗（*Cyclina sinensis*）放養密度為 1,400 - 5,600 隻/m²（楊等, 2004）；西施舌稚貝的最佳放養密度為 3,000 隻/m²（劉, 2008）。紫貽貝（*Mytilus galloprovincialis*）生長在同一臺竹筏上，苗繩吊掛密度小的貽貝生長較快而密度大的貽貝則生長緩慢（羅, 1983）。山東沿海櫛孔扇貝（*Chlamys farreri*）大規模死亡原因為養殖密度過大，造成嚴重自身汙染所致（張和楊, 1999；張, 1999）。在有無基質下，最適之硬殼淺蜆放養密度，則是後續研究的目標之一。

三、不同鹽度對稚貝活存率之影響

本研究針對硬殼淺蜆進行鹽度耐受性試驗，結果發現硬殼淺蜆與淺蜆（王, 2016）對於鹽度變化的耐受性幾乎相同，兩者皆無法耐受 15 psu 以下的鹽度超過 72 hr（Table 2），這樣的現象可從硬殼淺蜆與淺蜆的野外分佈區域看出端倪，在臺灣西南部河口、潟湖等具有大量淡水注入的沿海區域，此兩種淺蜆幾乎闕如。而臺灣西南部的傳統養殖區域，夏季面臨午後雷陣雨以及颱風所帶來強降雨的氣候型態，要在室外養殖池保持池水的鹽度有其困難度，因此將與業者合作開發室內蓄養、戶外培育藻類的改良養殖模式，避免強降雨鹽度降低導致硬殼淺蜆大量死亡的問題。此外，建議當氣象局預測發生強降雨的幾天前，先將池水放到最滿，當雨水下到養殖池時，淡水會因比重的關係浮在表層而溢流出，可以減緩鹽度降低的程度。

四、硬殼淺蜆沉沙苗提供養殖業者進行試驗性放養

一般而言，成熟體型越大的物種，成長速率越快。以淺蜆屬中的兩個物種來看，淺蜆的成熟體型約在 5 - 6 cm（最大體型個體可超過 10 cm），硬殼淺蜆的成熟體型約在 3 - 4 cm（最大體型個

體可超過 6 cm) 相較，預期淺蜆稚貝在相同養殖條件及環境下，其成長速率應比硬殼淺蜆要快速。可是在本實驗結果發現，同時開始放養的硬殼淺蜆與淺蜆，一個月之後初始殼長較小的硬殼淺蜆，其平均殼長成長至 1.31 cm，而初始殼長較大的淺蜆僅成長 1.26 cm；而放養 5 個月後硬殼淺蜆平均殼長成長約 4.4 倍，而淺蜆約成長 2.2 倍；硬殼淺蜆生長速率顯著較快。這樣的結果顯示，硬殼淺蜆對於臺灣西南沿海的放養環境條件以及攝食餌料的接受度等等面向的適應狀況都要優於淺蜆。

臺灣西南沿海文蛤為主要養殖物種之一，養殖業者為了增快文蛤的成長速率、預防病害以及控制藻相等原因，習慣將養殖池鹽度調整在 20 psu 左右。在這樣的鹽度範圍，根據實驗的數據，對於淺蜆屬的這兩個物種來說，已經是接近或是低於生存的臨界點。因此即使在這樣低鹽度的環境沒有立即死亡，也可能在生理表現(滲透壓調節)及能量分配產生負面的影響，而表現出生長遲滯、死亡率增加的結果。而此次配合放養這兩種淺蜆的養殖業者觀察發現，每當驟雨發生時，淺蜆會表現出從潛沙中“躍出”底質表面的行為，而緊接著出現大量死亡的情況；但是飼養在同一環境的硬殼淺蜆則比較不會出現這樣的行為，似乎對於急性的鹽度變化，硬殼淺蜆表現出較佳的耐受性，據此推測這樣的特性也是硬殼淺蜆的殼長增長表現優於淺蜆的原因。無論如何，確保養殖環境維持在高鹽度，對於淺蜆或是硬殼淺蜆在臺灣西南沿海養殖都是重要的成功關鍵。

謝 辭

本研究經費係由科技部科技發展基金補助計畫 - 硬殼淺蜆人工繁殖技術建立 (MOST 105-3111-Y-056-015) 計畫項下經費支應。感謝雲林縣臺西鄉富鑫養殖場黃炫凱先生協助田間放養試驗進行。

參考文獻

王敏儒, 歐俊龍, 邱韻霖, 許秀媛, 謝恆毅 (2016) 淺蜆人工繁殖之初步研究. 水產研究, 24(2): 89-96.

- 行政院農業委員會漁業署 (2020) 中華民國台閩地區漁業統計年報. 行政院農業委員會漁業署, 臺北.
- 巫旗生, 文字, 曾志南, 王曉清, 寧岳, 祁劍飛, 羅娟, 賈圓圓 (2017) 鈍綴錦蛤繁殖周期和胚胎發育. 中國水產科學, 24(3): 488-496.
- 張景山 (1999) 養殖櫛孔扇貝大量死亡的原因和預防對策. 水產科學, 18(1): 44-46.
- 張福綏, 楊紅生 (1999) 山東沿岸夏季櫛孔扇貝大規模死亡原因的分析. 海洋科學, 23(1): 44-46.
- 黃洋, 杜濤, 楊世平 (2008) 鈍綴錦蛤生態習性的初步研究. 水產科學, 27(4): 175-178.
- 楊星星, 吉紅九, 於業紹, 管加興, 孫益奎 (2004) 青蛤稚貝中間培養初步研究. 上海水產大學學報, 13(3): 213-217.
- 劉德經, 張克存, 李正華 (2008) 放養密度對西施舌稚貝生長的影響. 特產研究, 4: 14-16.
- 羅有聲 (1983) 貽貝養殖技術. 上海科學技術出版社, 37-54.
- Baily, C. (1997) Aquaculture and basic human needs. World Aquacul., 27: 28-31.
- Baud, J. P., J. Haure and A. Bodoy (1992) Intensive culture of the Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) in marine ponds. The impact of rearing densities and feeding levels on growth rates and yields. Oceanis, 18(1): 121-132.
- Brenner, M., D. Fraser, K. Van Nieuwenhove, F. O'Beirn, B. H. Buck, J. Mazurie, G. Thorarinsdottir, P. Dolmer, A. Sanchez-Mata, O. Strand, G. Flimlin, L. Miossec and P. Kamermans (2014) Bivalve aquaculture transfers in Atlantic Europe. Part B: Environmental impacts of transfer activities. Ocean Coast. Manag., 89: 139-146.
- Callier, M. D., C. W. McKindsey and G. Desrosiers (2008) Evaluation of indicators used to detect mussel farm influence on the benthos: two case studies in the Magdalen Islands, eastern Canada. Aquaculture, 278: 77-88.
- D'Amours, O., P. Archambault, C. W. McKindsey and L. E. Johnson (2008) Local enhancement of epibenthic macrofauna by aquaculture activities. Mar. Ecol. Prog. Ser., 371: 73-84.
- Dunham, A., H. Gurney-Smith, N. Plamondon, S. Yuan and C. M. Pearce (2013) Aquaculture potential of the basket cockle (*Clinocardium nuttallii*). Part 1: effects of stocking density on first year grow-out performance in intertidal and off-bottom suspended culture. Aquacul. Res., 44: 1236-1253.
- FAO (2018) FAO Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics, 2016.

- Kemp, W., M. Brooks and R. Hood (2001) Nutrient enrichment, habitat variability and trophic transfer efficiency in simple models of pelagic ecosystems. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 223: 73-87.
- Kuroda, T. (1941) A catalogue of molluscan shells from Taiwan (Formosa), with descriptions of new species. *Memoirs of the Faculty of Science and Agriculture, Taihoku Imperial University*, 22: 65-216.
- Naylor, R. L., R. J. Goldburg, J. H. Primavera, N. Kautsky, M. C. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney and M. Troell (2000) Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405(6790): 1017-1024.
- Pauly, D., V. Christensen, S. Gu  nette, T. Pitcher, U. R. Sumaila, C. Walters, R. Watson and D. Zeller (2002) Toward sustainability in world fisheries. *Nature*, 418: 689-695.
- Tacon, A. J. and S. S. De Silva (1997) Feed preparation and feed management strategies within semi-intensive fish farming systems in the tropics. *Aquaculture*, 151: 379-404.
- Wu, W. L. (1980) list of Taiwan bivalve fauna. *J. Taiwan Mus.*, 33 (1, 2): 55-208.
- Zhou, Y., S. Zhang, Y. Liu and H. Yang (2014) Biologically induced deposition of fine suspended particles by filter-feeding bivalves in land-based industrial marine aquaculture wastewater. *PLoS ONE*, 9(9): e107798. [oi:10.1371/journal.pone.0107798](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107798).