

遠海梭子蟹稚蟹於模擬不同類型棲地之活存率與成長探討

陳彥愷・陳東本・王俊堯*・謝恆毅

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

本研究目的為探討遠海梭子蟹 (*Portunus pelagicus*) 稚蟹在模擬澎湖海域常見之棲地類型，如珊瑚砂底質及與海藻或海草混生，並與無鋪砂裸缸環境為對照，比較稚蟹活存與成長的差異。試驗 6 週後，鋪設珊瑚砂及單脈二葉草 (*Halodule uninervis*) 稚蟹活存率為 $14.1 \pm 1.4\%$ ，其次是珊瑚砂及中國半葉馬尾藻 (*Sargassum hemiphyllum*) 組活存率是 $10.0 \pm 5.0\%$ ，這 2 組活存率高於其他各組，如：珊瑚砂及石蓴 (*Ulva lactuca*) 組： $3.3 \pm 1.4\%$ 、珊瑚砂組： $5 \pm 2.5\%$ 和無砂裸缸組： $2.5 \pm 1.5\%$ ，且有顯著差異 ($p < 0.05$)。在稚蟹體重成長及甲殼寬與體重關係式上，各組間無顯著差異 ($p > 0.05$)。試驗結果顯示，放流遠海梭子蟹蟹苗時，選擇有海草床或是藻場的棲息環境應是提高育成率的必要條件，其中又以海草床環境為放流優先考量的地點。

關鍵詞：遠海梭子蟹、棲地類型、稚蟹活存率

前 言

遠海梭子蟹 (*Portunus pelagicus*) 廣泛分布於印度及西太平洋海域，棲息於河口濕地、潮間帶乃至水深 50 公尺處，因具潛沙習性，沙泥底常見其蹤跡，故又稱沙蟹 (Sukumaran, 1997; Kangas, 2000)。此蟹種個體大且肉量多，為熱帶地區重要食用蟹類，深受民眾喜愛，又因經濟價值高，漁法簡易，作業成本低，成為漁民漁獲對象之一 (何等, 2016)。正因如此，遠海梭子蟹於各地均受到極大的採捕壓力，在主要產地之一的澳洲西部海域及以及印尼蘇拉維西海域，其野生族群數量大幅下降 (Johnson *et al.*, 2011; La Sara *et al.*, 2019)；臺灣高雄沿海之遠海梭子蟹資源量亦呈現衰退現象 (何等, 2019)。為了臺灣蟬蟹類資源能永續利用，漁業署於 2014 年公告「沿近海漁船捕撈蟬蟹類漁獲管制措施」，以限制特定蟬蟹類甲殼寬與禁漁期方式管制採捕。2022 年 7 月進一步修正相關規範，其中遠

海梭子蟹捕撈甲殼寬從原來的 8 cm 限制提高至 9 cm；抱卵母蟹禁止捕撈期則由原來的 8 月 16 日至 11 月 15 日延長為 8 月 1 日至 12 月 31 日止。

依據漁業署漁業統計年報資料顯示，遠海梭子蟹年產量從 2014 年的 7,073 mt 逐年驟減，到 2019 年只有 74 mt，6 年間的衰退率幾達 99%。而產量減少原因是蟬蟹類漁獲管制措施導致捕獲量受限或是資源量實質性的衰退，則未有相關資料呈現。澎湖周邊海域也是遠海梭子蟹的主要產地之一，經實地訪談澎湖漁民，表示近幾年遠海梭子蟹資源縮減程度極為明顯。有鑒於此，有關單位亦開展栽培漁業計畫進行增殖放流來增裕資源，水產試驗所澎湖海洋生物研究中心連續幾年在澎湖海域已放流數十萬隻遠海梭子蟹稚蟹，配合棲地改善及棲地營造等作為，積極挹注澎湖海域遠海梭子蟹資源復育的量能。

根據漁業署定義，種苗放流是用人工方法直接向天然水域流放、移植或放置生物的卵、幼體或成體，以恢復或增加族群量或資源量。邵 (2017) 闡述栽培漁業之種苗放流過程為：選擇放流種類→培育優良種魚→種苗生產→中間育成→放流→資源育成管理→計畫性漁獲→效果評估，環環相扣，

*通訊作者 / 澎湖縣馬公市崙裡里 266 號; TEL: (06) 995-3416 轉 233; FAX: (06) 995-3058; E-mail: jywang@mail.tfrin.gov.tw

每一環節在在影響整體之放流成效。目前臺灣已能大量人工繁殖生產之海水種苗計有數十種之多，在種苗生產及中間育成的技術層面，是整個栽培漁業環節中較能掌握的部分。而在放流階段，種苗體型、放流時機及適合的棲地環境是提高放流種苗存活的因素 (Oceanic Institute, 1990; Lebber *et al.*, 1996; Welcomme and Bartley, 2003)。在放流環境選擇方面，澎湖海域棲地環境多樣性極高，其中不乏遠海梭子蟹喜愛棲息的類型環境，如：砂泥底、岩礁區、海藻或海草床等 (洗等, 2010)，而若能進一步探討對於稚蟹成長及存活有助益的微棲地類型則更能增進放流的效益。

在放流的過程，因蟹苗體型小且尚未具備良好的逃生及禦敵能力，若無法立即的掩蔽躲藏，往往就成為魚類掠食的目標；而在放流後的成長階段，若無適當的掩蔽棲息環境，再加上蟹類生物相互殘食的天性，種種因素就容易導致稚蟹大量死亡，影響了資源增裕的成效。因此，本試驗的目的為在人為飼育環境下模擬澎湖海域常見之棲地類型，如珊瑚砂底質及與海藻或海草混生，並與無鋪砂裸缸環境為對照，來探討稚蟹之成長、活存及殘食率的差異，提供最適稚蟹存續的放流棲地類型之建議，並進而研發在人工養殖環境下改善殘食問題的後續研究。

材料與方法

一、試驗材料

(一) 遠海梭子蟹蟹苗培育

於 2021 年 4 - 5 月在澎湖海域批採捕野生抱卵母蟹，將母蟹放置於 300 L FRP 桶中蓄養，蓄養期間每日投餵魚、蝦肉混和飼料，並適量打氣及流水，待其所抱的卵自然孵化成無節幼蟲 (zoea)。

收集孵化後之 zoea 蟹苗，置於 200 噸容積之室外圓形水泥池，水泥池注入擬球藻 (*Nannochloropsis oculata*) 藻水以維持水色，並少量流水；蟹苗培育期間，視蟹苗發育階給予不同之餌料，在 zoea I - zoea II 期，投餵輪蟲 (輪蟲密度為 5 - 10 隻/ml)；zoea III - IV 期，除輪蟲外再添加豐年蝦 (豐年蝦密度為 1-3 隻/ml)；發育至大眼

幼蟲 (megalopa) 則餵以豐年蝦另添加人工微粒飼料，另於池內放置石蓴及馬尾藻，以利蟹苗攀附及躲藏；變態成稚蟹期 (C1) 後，則餵以糠蝦及魚肉；發育至 C2 - C3 期將稚蟹放流至澎湖當地海域，留存部分稚蟹以進行本次試驗。

(二) 藻類與海草

澎湖海洋生物研究中心所在之嵵裡青灣海域，是經常實施遠海梭子蟹稚蟹放流之地點，本試驗使用之石蓴 (*Ulva lactuca*)、中國半葉馬尾藻 (*Sargassum hemiphyllum*) 及單脈二藥草 (*Halodule uninervis*) 皆於嵵裡及青灣海域採集取得。

二、試驗器具

試驗用桶槽為 FRP 材質，尺寸為 62 cm (長) × 40 cm (寬) × 45 cm (高)，水體容積約 90 L。試驗桶槽底部隔成二重底、底部上層鋪設珊瑚沙 (無鋪設組除外)，由底部下層進水，以流水式養殖方式進行。各個試驗桶槽上方設置水族用 5W 之 LED 燈具，試驗期間因值 6 - 8 月，故採行夏季時之每日光 (L)、暗 (D) 時數比 14L : 10D 來進行。試驗期間水溫為 $27.8 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ，溶氧量 (DO) 為 $6.6 \pm 0.2 \text{ mg/L}$ 。

三、試驗分組

試驗之稚蟹甲殼寬 $19.32 \pm 1.43 \text{ mm}$ 、甲殼長 $10.14 \pm 0.55 \text{ mm}$ 、體重 $0.51 \pm 0.09 \text{ g}$ (Fig. 1)。試驗分為：無砂裸缸 (N)、珊瑚砂 (C)、珊瑚砂及石蓴 (C+U)、珊瑚砂及中國半葉馬尾藻組 (C+S) 及珊瑚砂及單脈二藥草組 (C+H) (Fig. 2) 等 5 組，每組 3 重複，每個試驗桶槽放入 40 隻稚蟹。



Fig. 1 A juvenile *Portunus pelagicus* used in this experiment.

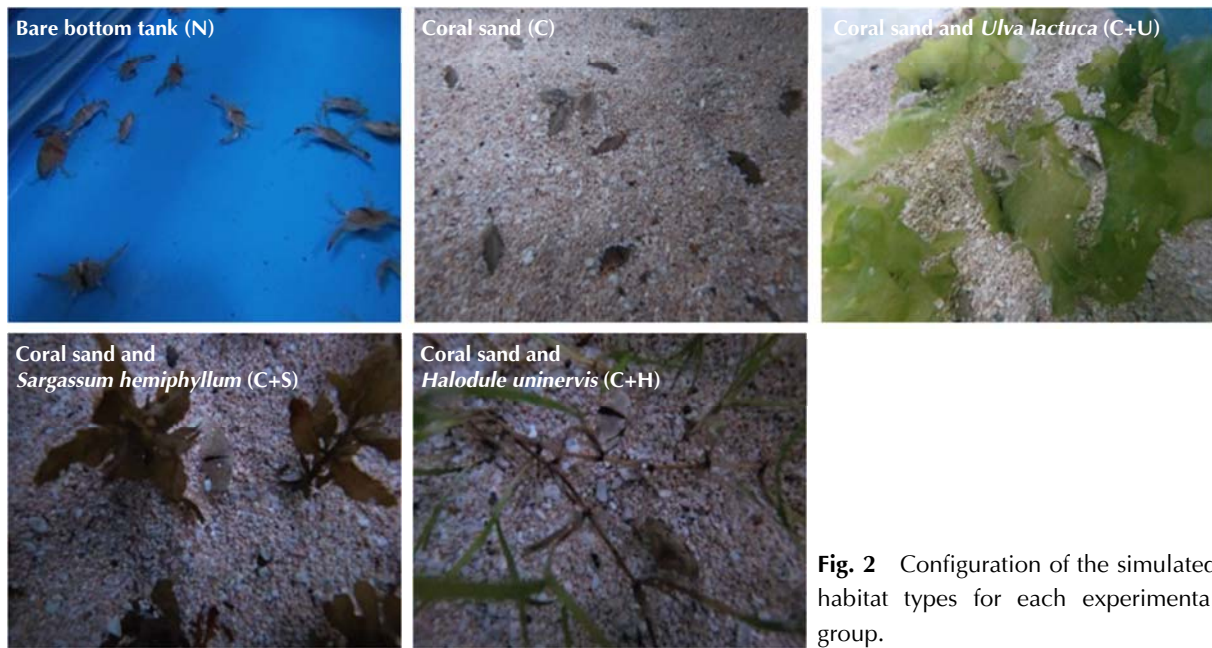


Fig. 2 Configuration of the simulated habitat types for each experimental group.

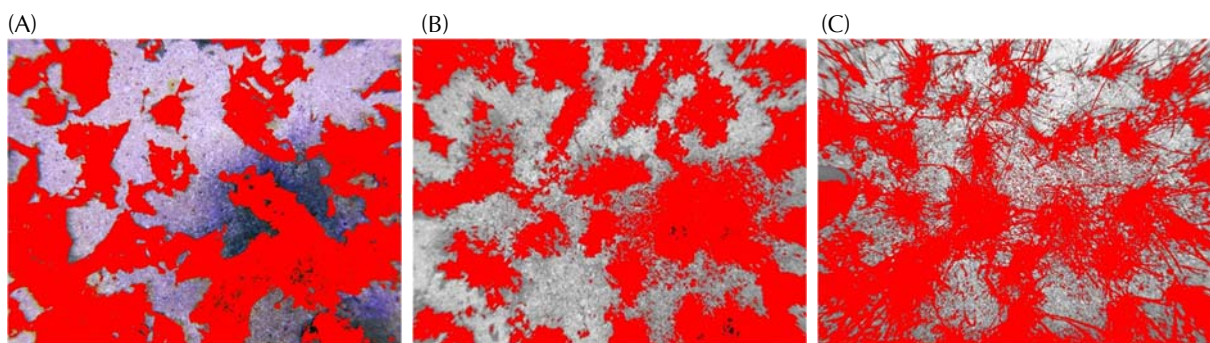


Fig. 3 Analysis of the area covered by the seaweed or seagrass in each test tank. Images analyzed using Image J software. (A) Coral sand and *Ulva lactuca* group (C+U), the coverage area of *U. lactuca* was 50.41%; (B) Coral sand and *Sargassum hemiphyllum* group (C+S), the coverage area of *S. hemiphyllum* was 50.26%; Coral sand and *Halodule uninervis* group (C+H), the coverage area of *H. uninervis* was 50.56%.

四、海藻及海草覆蓋率分析

參考澎湖大倉北海域海草床復育區之長期測站，其海草覆蓋率約為 48 - 58% 之間，遂以覆蓋率 50% 來進行本試驗。將採集之海藻及海草，依試驗組別分別植入試驗桶槽內，而為使各試驗槽之海藻或海草所覆蓋的面積一致，以數位相機於各試驗桶槽上方一定距離拍攝，然後以 ImageJ (美國國家衛生院開發之公共圖像處理軟體，<https://imagej.nih.gov/ij/>) 將所拍攝的相片內海藻或海草所分布之區塊匡出，並計算所匡列區塊在整張相片所佔之比例，接著調整各試驗槽海藻或

海草數量，以使海藻或海草影像區塊占比在 50% 左右 (Fig. 3)。試驗期間每週進行影像分析，並補充調整各試驗槽內的海藻或海草，使覆蓋率占比維持在 50% 左右。

五、統計分析

各試驗組存活率及平均體重數據採用 One-way ANOVA 進行統計分析，並以 Tukey HSD 法檢定不同組別之差異顯著性 ($p < 0.05$)。以線性迴歸建立各組稚蟹甲殼寬與體重關係式，並以共變數分析 (ANCOVA) 來檢驗該等關係式各組間有無差異。

Table 1 The average survival rate of juvenile crabs in various simulated habitat type groups at 2 weeks, 4 weeks, and 6 weeks after the initiation of the experiment. N: bare bottom tank group; C: coral sand group; C+U: coral sand and *Ulva lactuca* group; C+S: coral sand and *Sargassum hemiphyllum* group; C+H: coral sand and *Halodule uninervis* group

Time	N	C	C+U	C+S	C+H
2 week	23.3±3.8%	47.5±8.7%*	55.8±8.8%*	57.5±6.6%*	48.3±8.0%*
4 week	7.5±2.5%	12.5±4.3%	14.2±3.8%	20.0±6.9%*	20.1±3.8%*
6 week	2.5±1.5%	5±2.5%	3.3±1.4%	10.0±5.0%*	14.1±1.4%**

* and ** indicate a significant difference at $p < 0.05$

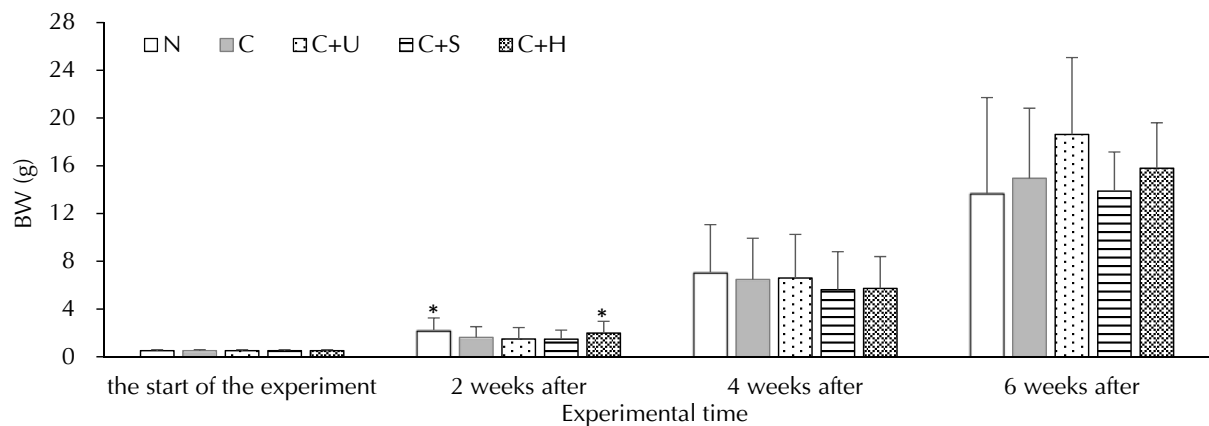


Fig. 4 Comparison of the average body weight (BW) of juvenile *Portunus pelagicus* in each experimental group at 2 weeks, 4 weeks, and 6 weeks after the initiation of the experiment. N: bare bottom tank group; C: coral sand group; C+U: coral sand and *Ulva lactuca* group; C+S: coral sand and *Sargassum hemiphyllum* group; C+H: coral sand and *Halodule uninervis* group. *indicates a significant difference at $p < 0.05$.

結 果

一、各組稚蟹之活存率及體重比較

試驗開始 2 週後進行第 1 次測定，各組的稚蟹平均活存率和體重分別為：無砂裸缸組 (N)：23.3±3.8% 和 2.24±1.00 g；珊瑚砂組 (C)：47.5±8.7% 和 1.62±0.90 g；珊瑚砂及石蓴組 (C+U)：55.8±8.8% 和 1.49±0.95 g；珊瑚砂及中國半葉馬尾藻組 (C+S)：57.5±6.6% 和 1.48±0.75 g 以及珊瑚砂及單脈二葉草組 (C+H)：48.3±8.0% 和 1.99±0.98 g。在存活率方面，N 組低於其他各試驗組，且有顯著差異 ($p < 0.05$)，而鋪珊瑚砂及加設海藻或海草之各試驗組間，則無顯著差異。在體重方面，以 N 組及 C+H 組最高，相較其他各組有顯著差異。

4 週後進行第 2 次測定，各組平均活存率和體重分別為，N 組：7.5±2.5% 和 7.07±4.00 g、C

組：12.5±4.3% 和 6.47±3.46 g、C+U 組：14.2±3.8% 和 6.60±3.65 g、C+S 組：20.0±6.9% 和 5.62±3.18 g 以及 C+H 組：20.8±3.8% 和 5.73±2.66 g。在稚蟹存活率的分析，C+S 和 C+H 這 2 組較高，且相較各組有顯著差異；而在體重方面，N 組有較高之平均體重，其次為 C 組及 C+U 組，C+S 及 C+H 組較低，但統計分析結果，各組無顯著差異。

6 週後第 3 次測定結果，各組平均活存率和體重分別為，N：2.5±2.5% 和 13.63±8.08 g、C：5.0±2.5% 和 14.95±5.87 g、C+U：3.3±1.4% 和 18.64±6.44 g、C+S：10.0±5.0% 和 13.88±3.27 g 以及 C+H：14.2±1.4% 和 15.79±3.81 g。C+S 和 C+H 組存活率較高，且相較於 N、C 及 C+U 組有顯著差異；平均體重則各組間無顯著差異。各試驗組稚蟹之平均存活率與平均體重比較如 Table 1 及 Fig. 4 所示。

二、各組稚蟹甲殼寬與體重之關係

各試驗組稚蟹量測所得之體重 (BW) 與甲殼寬 (CW) 資料進行迴歸分析顯示，各組稚蟹之體重與甲殼寬迴歸關係式屬於乘冪函數曲線，在本試驗階段為指數增長型模式，各組之體重與甲殼寬迴歸關係式為：無砂裸缸組 (N)：BW = $0.00009CW^{2.9283}$ (n=82, r=0.991) (Fig. 5)；珊瑚砂組 (C)：BW = $0.0001CW^{2.8832}$ (n=116, r=0.9481) (Fig. 6)；珊瑚砂 + 石蓴組 (C + U)：BW = $0.0001CW^{2.8832}$ (n=128, r=0.9893) (Fig. 7)；珊瑚砂 + 中國半葉馬尾藻組 (C + S)：BW = $0.0001CW^{2.2892}$ (n=145, r=0.9822) (Fig. 8)；珊瑚砂 + 單脈二葉草組 (C + H)：BW = $0.0001CW^{2.2787}$ (n=140, r=0.9636) (Fig. 9)。各組體重與甲殼寬迴歸關係式無顯著差異性。

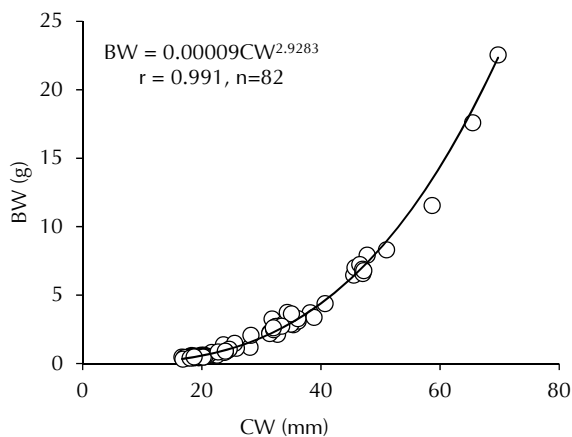


Fig. 5 Relationship between the carapace width (CW) and body weight (BW) of juvenile *Portunus pelagicus* in the bare bottom tank group without coral sand (N).

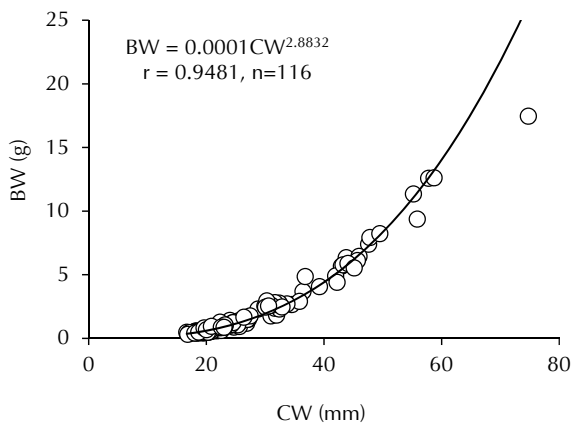


Fig. 6 Relationship between the carapace width (CW) and body weight (BW) of juvenile *Portunus pelagicus* in the coral sand group (C).

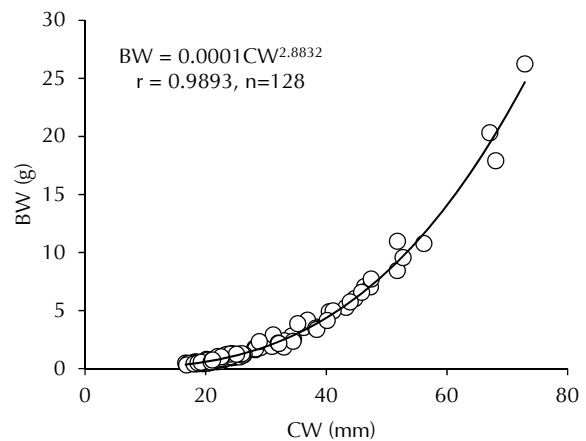


Fig. 7 Relationship between the carapace width (CW) and body weight (BW) of juvenile *Portunus pelagicus* in the coral sand and *Ulva lactuca* group (C+U).

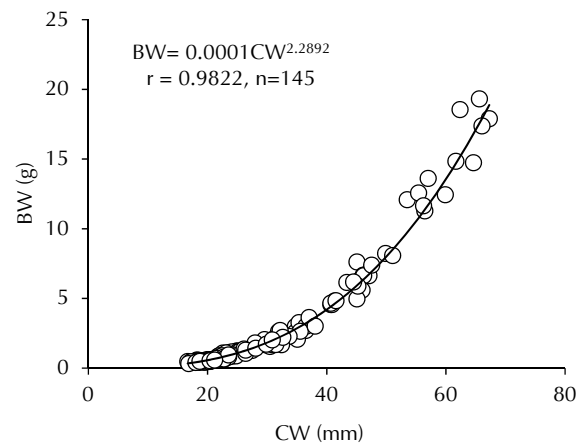


Fig. 8 Relationship between the carapace width (CW) and body weight (BW) of juvenile *Portunus pelagicus* in the coral sand and *Sargassum hemiphyllum* group (C+S).

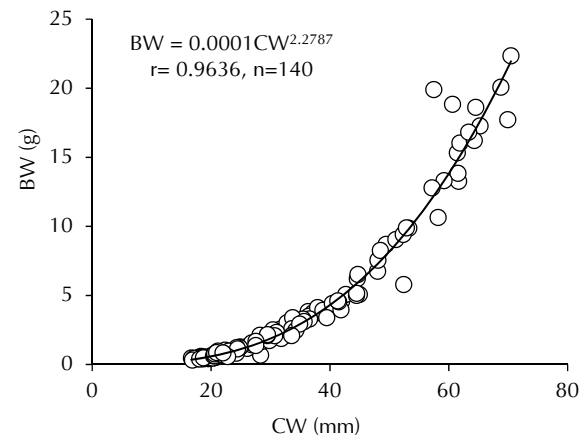


Fig. 9 Relationship between the carapace width (CW) and body weight (BW) of juvenile *Portunus pelagicus* in the coral sand and *Halodule uninervis* group (C+H).

討 論

海洋的藻場及海草床提供海洋生物隱蔽，尤其是幼生庇護之處，也是水生動物覓餌場所，是非常重要的生態系統。澎湖海洋生物研究中心近年積極在澎湖海域設置中國半葉馬尾藻苗的人工藻場，也進行海草移植復育，透過海藻及海草床植被隱蔽的功能，除可降低放流蟹苗被掠食者捕食的機率外，海藻及海草床豐富的初級消費者如扁跳蝦、麥稈蟲、稚貝與稚螺等，也可提供所放流蟹苗的食物來源，進而確保遠海梭子蟹種苗得以順利成長(冼等, 2020)。冼等(2010)研究指出，將遠梭子蟹 C3 期稚蟹(平均甲寬為 6.45 ± 0.52 mm)移至沙質與海草底質的潮間帶海域進行中間育成，20 天後的存活率為 36.2%；而在沙質底並有石蓴的水槽中，稚蟹存活率為 18%；未有隱蔽物的水槽，稚蟹存活率僅為 9%；該研究及 Edgar (1990) 亦指出，遠海梭子蟹稚蟹偏好棲息在有海草之棲息環境，同時有少量攝食海草。本研究則未發現實驗的稚蟹有攝食海草或海藻的行為。

本次研究在稚蟹在不同棲地型態的存活率探討方面，試驗進行 2 週後，鋪珊瑚砂及加設海藻或海草之試驗組，存活率在 47.5% 以上，與無砂裸缸組的 23.3% 有顯著差異；而 4 週及 6 週後，鋪設珊瑚沙加中國半葉馬尾藻及珊瑚沙加單脈二藥草之試驗組，稚蟹存活率明顯優於其他各組。從本研究結果來看，遠海梭子蟹蟹苗放流時，選擇有海草床或是藻場的棲息環境應是提高育成率的必要條件，其中又應以海草床環境為放流優先考量的地點。

許多研究指出，不論是在自然環境或在人工養殖場所，相互殘食(cannibalism)是稚蟹階段最主要死亡原因(Zmora et al., 2005; Marshall et al., 2005)。Jormalainen and Shuster (1997) 推論一些特定條件有利於殘食行為的產生，如：棲地範圍小、族群密度高、食物短缺以及棲地的結構單純等。本研究結果發現，多樣化的棲地環境，確有提高蟹苗存活率的效用，在毫無掩蔽的試驗水槽中，稚蟹的死亡大多是相互殘食所造成，但在有砂底及可供掩蔽躲藏的海藻、海草情形下，在試驗開始前 2 週，能大幅提升蟹苗存活率，但隨著稚蟹的成長，試驗水槽過小且限制的空間，就難以讓稚蟹在脫殼時逃離同伴的殘食；在試驗的第 6 週，珊瑚砂底質加

海草組縱然有較高的存活率，但也僅約 14.3%，且無珊瑚砂裸缸組(N)及珊瑚砂組(C)的稚蟹存活率已低於 5%。考量試驗持續已無差異比較之意義，遂終止試驗進行。然而，馬尾藻與單脈二藥草其相較於石蓴有較多之分枝結構，在相同覆蓋率基礎上，可提供較複雜且立體式的躲藏空間，可能是有較佳的稚蟹存活率表現的原因。Zeng et al. (2017) 在中華絨毛蟹(*Eriocheir sinensis*)的研究亦發現，結構較複雜的水生植物確可提供稚蟹較高的庇護效果，進而降低殘食率。後續將進一步探討，提高或降低海藻或海草之覆蓋占比，對於存活率是否有顯著影響；甚或研究採用何種構型之人工掩蔽物，可獲致與海草棲地近似或更加的掩蔽及存活效果。

在各組稚蟹成長方面，在試驗前 2 週，裸缸組及珊瑚砂加海草組較其他組有較高之增重，但之後各組就無顯著差異；在甲殼寬與體重關係式方面，各組間亦無差異，具有相似的體型結構。這樣的結果顯示，縱使各試驗組每日餵飼充分且相同體重比例的飼料，仍有相互殘食的情形發生，到試驗開始後 4 週及 6 週，各試驗組稚蟹之體重數值歧異度增高，體型差異性加大，然而殘食率較高的試驗組如無砂裸缸組及珊瑚砂組，倖存稚蟹的體重與體型的分佈相較於其他存活率高之組並無明顯差異。Møller et al. (2008) 亦指出，養殖池中較大的遠海梭子蟹個體並非單純是成長較快，且其具有較高的營養階層，應是殘食競爭下的直接結果。而提高餵食量可否減少殘食現象並增加個體之體重與甲殼寬，未有相關研究文獻可參考，後續可深入進行有關餵食量、餵食策略、餌料營養成分比等對稚蟹成長及殘食之影響研究。

遠海梭子蟹為雜食性，有成長快速、高繁殖力以及相對較短的幼苗期等優點，具很高的養殖潛力(Romano and Zeng, 2008)，若能突破人工養殖的瓶頸，以養殖來取代採捕，可減輕野外族群存續的壓力(Azra and Ikhwanuddin, 2015)。目前遠海梭子蟹種苗量產技術已臻成熟，但要如何降低甚或避免殘食，提高養成存活率，一直是產業化經營尚需克服的環節。近年本所海水繁養殖研究中心開發之鋸緣青蟹的獨立盒養殖系統，配合一系列之投餵、水質監控及管理設備，將蟹以獨立空間中養成或育肥，可有效避免殘食行為而提高育成率(林等, 2018)。而本試驗則顯示以海藻或海草來增

加飼育環境的複雜度，確可改善遠海梭子蟹的殘食率，從這論點出發，開發遠海梭子蟹與適宜的高機能性藻類混養模式，除可營造遠海梭子蟹躲藏掩蔽的空間，增加遠海梭子蟹養成率外，尚能從機能性藻類獲得附加的應用與收益，或許是另一種可深入繼續研究的方向。

謝 辭

本研究經費由行政院農業委員會水產試驗所科技計畫「定棲性魚介類增裕技術之研究」(110農科-6.5.1-水-A3)項下經費支應，研究期間承蒙澎湖海洋生物研究中心各同仁協助，尤其冼宜樂先生在海藻及海草相關資料的提供，讓本研究得以順利完成，特此感謝。

參考文獻

- 何珈欣, 陳羿惠, 黃婉綺, 吳龍靜 (2016) 遠海梭子蟹成熟特性研究. 水試專訊, 54: 5-7.
- 何珈欣, 黃星翰, 陳羿惠, 吳龍靜 (2018) 高雄沿岸遠海梭子蟹單位努力漁獲量季節變動情形. 水試專訊, 62: 1-4.
- 邵廣昭 (2017) 復育漁業資源方法－種苗放流. 邵老師的海洋講堂-106年海洋講堂系列專書, 行政院農業委員會漁業署, 66-69.
- 冼宜樂, 黃丁士, 黃文卿, 林綉美, 陳東本, 蔡萬生 (2010) 遠海梭子蟹種苗中間育成效益評估. 水試專訊, 32: 6-9.
- 冼宜樂, 謝恆毅 (2020) 水試所開發人工藻場有助於沙蟹放流應用. 水試專訊, 70: 43。
- 林峰右, 吳育甄, 胡益順, 魏梓傑, 葉信利 (2018) 鋸緣青蟹養殖技術提升與創新開發. 水試專訊, 62: 26-29.
- Azra, M. N. and M. Ikhwanuddin (2015) Larval culture and rearing techniques of commercially important crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758): Present status and future prospects. Songklanakarin J. Sci. Technol., 37 (2): 135-145.
- Edgar, G. J. (1990) Predator-prey interactions in seagrass beds. II. Distribution and diet of the blue manna crab *Portunus Pelagicus* linnaeus at Cliff Head, Western Australia. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 139: 23-32.
- Johnston, D., D. Harris, N. Caputi and A. Thomson (2011) Decline of a blue swimmer crab (*Portunus pelagicus*) fishery in Western Australia – History, contributing factors and future management strategy. Fish. Res., 109: 119-130.
- Jormalainen, V. and S. M. Shuster (1997) Microhabitat segregation and cannibalism in an endangered freshwater isopod, *Thermosphaeroma thermophilum*. Oecologia, 111: 271–279.
- Kangas, M. I. (2000) Synopsis of the biology and exploitation of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* Linnaeus, in Western Australia. Fish. Res. Rep. Fish. Dept. West. Aust., 121: 1–22.
- La Sara, O, Astuti, Muzuni and Safilu (2019) Status of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) population in Southeast Sulawesi waters, Indonesia. AACL Bioflux, 12: 1910-1917.
- Leber, K. M., S. M. Arce, D. A. Sterritt and N. P. Brennan (1996) Marine stock-enhancement potential in nursery habitats of striped mullet, *Mugil cephalus*, in Hawaii. Fish. Bull., 94: 452-471.
- Marshall, S., K. Warburton, B. Paterson and D. Mann (2005) Cannibalism in juvenile blue swimmer crabs, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1766): Effects of body size moult stage and refuge availability. Appl. Anim. Behav. Sci., 90: 65-82.
- Møller, H., S. Y. Lee, B. Paterson and D. Mann (2008) Cannibalism contributes significantly to the diet of cultured sand crabs, *Portunus pelagicus* (L.): A dual stable isotope study. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 361: 75-82.
- Oceanic Institute (1990) Stock enhancement of marine fish in the State of Hawaii (SEMFISH, Phase 11). Annual report to NMFS, February 1989-June 1990. Waimanalo, Hawaii, 106 pp.
- Romano, N. and C. Zeng (2006) The effects of salinity on the survival, growth and haemolymph osmolality of early juvenile blue swimmer crabs, *Portunus pelagicus*. Aquaculture, 260: 151-162.
- Sukumaran, K. K. (1997) Food and feeding of *Portunus* (*Portunus*) *sanguinolentus* (Herbst) and *Portunus* (*Portunus*) *pelagicus* (Linnaeus) (Brachyura: Portunidae) along Karnataka coast. Indian J. Mar. Sci., 26: 35-38.
- Welcomme, R. L. and D. M. Bartley (1998) Current approaches to the enhancement of fisheries. Fish. Manag. Ecol., 5: 351-382.
- Zeng, Q., E. Jeppesen, X. Gu, Z. Mao and H. Chen (2018) Cannibalism and habitat selection of cultured Chinese mitten crab: effects of submerged aquatic vegetation with different nutritional and refuge values. Water, 10: 1542-1555.
- Zmora, O., A. Findiesen, J. Stubblefield, V. Frenkel and Y. Zohar (2005) Large-scale juvenile production of the blue crab *Callinectes sapidus*. Aquaculture, 244: 129-139.

Investigation of the Survival Rate and Growth of Juvenile *Portunus pelagicus* in Various Simulated Habitat Types

Yen-Kai Chen, Tung-Pen Chen, Jiun-Yau Wang* and Hernyi Justin Hsieh

Penghu Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the common habitat types of juvenile *Portunus pelagicus* crabs using various simulated habitat types found in Penghu waters, such as coral sand bottom mixed with seaweed or seagrass. Additionally, the survival and growth of the juvenile crabs in these habitats were compared with those in an unpaved bare bottom tank environment. After six weeks of the experiment, the survival rate of the juvenile crabs was $14.1 \pm 1.4\%$ in the coral sand and *Halodule uninervis* seagrass group, and for the coral sand and *Sargassum hemiphyllum* seaweed group, the survival rate was $10.0 \pm 5.0\%$. The survival rate of these two groups was higher than that of other groups (the coral sand and *Ulva lactuca* seaweed group [$3.3 \pm 1.4\%$], the coral sand group [$5 \pm 2.5\%$], and the unpaved bare bottom tank group [$2.5 \pm 1.5\%$]), and a significant difference was observed ($p < 0.05$). No significant difference was observed between the groups regarding the weight increase of the juvenile crabs and the relationship between the carapace width and body weight ($p > 0.05$). The results of this study showed that when releasing *P. pelagic* juveniles, a habitat with seagrass beds or algae farms is necessary to increase the breeding rate. Moreover, the seagrass bed environment is the priority consideration for release.

Key words: *Portunus pelagicus*, habitat type, survival rate of juvenile crabs

*Correspondence: No. 266 Shili, Magong City, Penghu County, Taiwan. TEL: (06) 995-3416 ext. 233; FAX: (06) 995-3058; E-mail: jywang@mail.tfrin.gov.tw