

ISSN 1018 - 7324
GPN 2008200207

水產研究

JOURNAL OF
TAIWAN FISHERIES RESEARCH

Vol. 33 No.2 / December 2025

水產研究

出版者：農業部水產試驗所

發行人：張錦宜

總編輯：葉信明

管理編輯：蔡惠萍、曾振德

諮詢委員：丘臺生、吳金冽、胡興華、孫璐西、郭光雄、許建宗、黃登福、陳瑤湖、張清風
張水錯、廖一久、劉錫江、鄭森雄、蕭錫延

編輯委員：江偉全、朱永桐、吳豐成、城振誠、翁進興、黃美瑩、張可揚、楊順德、蔡慧君

(皆依姓氏筆劃排列)

執行編輯：吳美錚、陳威克

本刊連絡處：

基隆市 202 和一路199號 農業部水產試驗所 水產研究執行編輯

電話：(02) 2462-2101 轉 2506 或 2517

傳真：(02) 2462-4627

E-mail：mcwu@mail.tfrin.gov.tw / wkchen@mail.tfrin.gov.tw

本刊刊登本所同仁研究成果，非經本所同意，不得重製、數位化或轉載

JOURNAL OF TAIWAN FISHERIES RESEARCH

Published by *Fisheries Research Institute, Ministry of Agriculture*

Publisher: *Chin-I Chang*

Editor-in-Chief: *Hsin-Ming Yeh*

Managing Editors: *Hui-Ping Tsai, Chen-Te Tseng*

Advisory Board: *Ching-Fong Chang, Shui-Kai Chang, Yew-Hu Chien, Tai-Sheng Chiu, Chien-Chung Hsu
Sing-Hwa Hu, Deng-Fwu Hwang, Lucy Sun Hwang, Sen-Shyong Jeng, Guang-Hsiung Kuo
I-Chiu Liao, Hsi-Chiang Liu, Shi-Yen Shiau, Jen-Leih Wu*

Editorial Board: *Huey-Jine Chai, Ke-Yang Chang, Chen-Cheng Cheng, Wei-Chuan Chiang, Yeong-Tornng Chu
Mei-Ying Huang, Jinn-Shing Weng, Feng-Cheng Wu, Shuenn-Der Yang*

(in alphabetical order)

Executive Editors: *Mei-Chen Wu, Wei-Ke Chen*

The Journal of Taiwan Fisheries Research contains scientific contributions from colleagues of Fisheries Research Institute, Ministry of Agriculture (MOA) and researchers of fisheries science. It is published by Fisheries Research Institute, MOA. Correspondence should be addressed to the Editor-in-Chief, Journal of Taiwan Fisheries Research, 199 Hou-lh Road, Keelung 202, Taiwan. Phone: +886-2-2462-2101 ext. 2517 or 2506. Fax: +886-2-2462-4627. E-mail: wkchen@mail.tfrin.gov.tw or mcwu@mail.tfrin.gov.tw.

水產研究 JOURNAL OF TAIWAN FISHERIES RESEARCH

第 33 卷 第 2 期 / 民國 114 年 12 月

Vol. 33, No. 2 / December 2025

目次

Seasonal Variation in the Catch Composition of Gillnet Fisheries in the Southwestern Waters off Taiwan / Yu-Kai Chen, Yan-Chi Lan and Jinn-Shing Weng 臺灣西南海域刺網漁業漁獲組成結構及其季節性變化 / 陳郁凱·藍揚麒·翁進興	1
臺灣西南海域吉打副葉鰲之生殖生物學研究 / 陳郁凱·吳伊淑·藍揚麒·翁進興 Reproductive Biology of the Shrimp Scad (<i>Alepes djedaba</i>) in the Southwestern Waters off Taiwan / Yu-Kai Chen, Yi-Shu Wu, Yang-Chi Lan and Jinn-Shing Weng	13
東北角野生九孔資源現況調查及棲地移植之前導研究 / 金映玥·曾福生 Pilot Study on the Status of Wild Small Abalone (<i>Haliotis diversicolor</i>) Resources and Habitat Outplantation in Northeastern Taiwan / Ying-Yueh Chin and Fu-Shen Tseng	25
澎湖海域之遠海梭子蟹 (<i>Portunus pelagicus</i>) 繁殖特性研究 / 陳彥愷·劉祐瑜·陳東本·曹鈺萌· 鄭維毅·謝恆毅 Reproductive Characteristics of the Blue Swimmer Crab, <i>Portunus pelagicus</i> , in the Waters off Penghu / Yen-Kai Chen, You-Yu Liou, Tung-Pen Chen, Yu-Meng Tsao, Wei-Yi Cheng and Heryi Justin Hsieh	39
臺灣淡水長臂大蝦養殖戶對產業問題點的認知與觀點分析 / 楊清閔 An Analysis of Farmers' Perspectives on Key Industrial Issues of Giant Freshwater Prawn (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) in Taiwan / Ching-Min Yang	59

Seasonal Variation in the Catch Composition of Gillnet Fisheries in the Southwestern Waters off Taiwan

Yu-Kai Chen, Yan-Chi Lan* and Jinn-Shing Weng

Coastal and Offshore Fishery Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

This study investigated the catch composition and status of gillnet fisheries using landing data collected from southwestern Taiwan between 2015 and 2019. In 2019, 136, 262, and 37 vessels with active landing records were identified in Tainan, Kaohsiung, and Pingtung, respectively. A total of 229, 252, and 106 fish taxa were recorded across these regions. Overall, landings were lower from May to August and peaked from October to February, a trend that coincided with the northeast monsoon during autumn and winter. In Tainan, the top five species — *Parastromateus niger*, *Trichiurus* spp., *Chrysochir aureus*, *Eleutheronema rhadinum*, and *Saurida* spp. — accounted for 37.1% of the total catch. In Kaohsiung, the dominant species were *Trichiurus* spp., *Portunus pelagicus*, *Atrobucca nibe*, *Portunus sanguinolentus*, and *Sepia pharaonis* (57.4% of total catch). In Pingtung, the top five species — *Trichiurus* spp., *Parastromateus niger*, *Pomadasyds kaakan*, *Atrobucca nibe*, and *Leiognathus equulus* — constituted 70.0% of the catch. Hierarchical cluster analysis and non-metric multidimensional scaling (nMDS) revealed significant regional differences in catch structure. Interannual variations from 2015 to 2019 were weak for Tainan and Kaohsiung but significant for Pingtung. Furthermore, the catch composition exhibited strong seasonality in all counties. In conclusion, the spatio-temporal dynamics of gillnet catches are distinct for each county in southwestern Taiwan.

Key words: gillnet fisheries, catch composition, demersal fishes, seasonal variation

INTRODUCTION

Gillnets are an essential fishing gear for coastal and offshore domestic fisheries in Taiwanese waters. Their advantages include operational simplicity, low cost, and the flexibility to change mesh sizes quickly to target different species (Hovgard and Lassen, 2000). Consequently, they are extensively used by small-scale local fishing vessels in the waters off southwestern Taiwan.

In the past, studies concerning gillnet use in Taiwan primarily focused on mesh selectivity and catch efficiency for specific target fish. Examples include research on blackhead seabream (*Acanthopagrus schlegelii*) (Huang, 2004), rabbitfish

(*Siganus canaliculatus*) (Huang, 2004), croaker (*Johnius distinctus*) (Hsueh, 2006), and blue sea chub (*Kyphosus cinerascens* and *K. lembus*) (Lai, 2002). More recently, studies on the fish assemblage structure of gillnet fisheries have been conducted in areas such as the Chang-Yuen Rise (Lee, 2015), the coastal waters of Tamsui (Lo *et al.*, 2017), and waters off northwestern Taiwan (Su *et al.*, 2017). Furthermore, Sung (2018) analyzed the overall spatio-temporal characteristics of fishing operations for the gillnet fishery in the waters surrounding Taiwan. However, specific information on the catch composition of gillnet fisheries in the southwestern waters of Taiwan remains limited.

Fishery landing records have shown a continuously decreasing trend in the coastal waters of Taiwan in recent decades (Chou, 2006). Although most gillnet fishing vessels are small-scale and local, they make a substantial contribution to total fishery production (Fisheries Agency, 2019). Therefore, this

*Correspondence: No. 6, Yugang N. 3rd Rd., Qianzhen Dist., Kaohsiung City, Taiwan. TEL: (07) 821-8103 ext. 219; Fax: (07) 821-8205; E-mail: yclan@mail.tfrin.gov.tw

study aims to present detailed fishery information and analyze the catch compositions of gillnet fisheries in the southwestern waters of Taiwan. The results derived from this study will establish baseline information on coastal demersal fishes, providing baseline information for fisheries management

MATERIALS AND METHODS

1. Fishery Data

The gillnet fishery landing data used in this study were collected from the port sampling observer program managed by the Fisheries Agency of Taiwan. Daily landing records from 13 fishing ports in Tainan City, Kaohsiung City, and Pingtung County between 2015 – 2019 were analyzed. These data include vessel size category, trip duration (days), gear type, and landing weight by species (kg) for each vessel. Vessel size categories were based on the Taiwanese Gross Register Tonnage (GRT) system: CTS for sampan, CTR for fishing craft, CT0 for <5 GRT, CT1 for 5 – 9 GRT, CT2 for 10 – 19 GRT, and CT3 for 20 – 49 GRT.

2. Catch Composition

In the southwestern waters of Taiwan, most gillnet vessels operate as day-boats, returning to their original port within 24 hours. Consequently, their fishing grounds are primarily located in the coastal and offshore waters adjacent to each county. This criterion was applied to exclude data from vessels operating outside their home county's waters. Subsequently, we analyzed the number of active vessels, landings by vessel size category, interannual and monthly landing variations, catch composition, and fishing seasons.

3. Assemblage Structures

The abundance index for each species or taxon was standardized as the weight per vessel per day (kg/vessel/day) on a monthly basis. Hierarchical cluster analysis and non-metric multidimensional scaling (nMDS) ordinations were employed to group

and visualize months with similar assemblage compositions. Only the top 30 taxa by total landing weight in each county were included in the analysis. Abundance data were $\log(x+1)$ transformed to normalize distributions and homogenize variances before generating a Bray–Curtis similarity matrix (Bray and Curtis, 1957). Group-average linking was used to delineate clusters with distinct structures. One-way analysis of similarity (ANOSIM) was applied to test for significant differences between assemblages. For pairwise comparisons, *R*-statistic values were used to determine group dissimilarity, where *R* values near 0 indicate similarity and values near 1 indicate complete distinctness. Finally, similarity percentage analysis (SIMPER) was employed to identify the taxa contributing most to group differences (Clarke, 1993). All analyses were conducted using PRIMER v.6.0 (Clarke and Warwick, 2001).

RESULTS

1. Fishing Vessels and Operating Days

According to the *Fisheries Statistical Yearbook* (2019), the number of registered gillnet vessels in Tainan, Kaohsiung, and Pingtung was 889, 824, and 213, respectively. In this study, we examined landing data from the port observer program and excluded vessels without active operation records in 2019. Furthermore, vessels with fewer than 20 landing days per year were excluded from further analysis to ensure the focus remained on active commercial operations.

Based on these criteria, 136 vessels in Tainan were recorded with active landing records in 2019, of which 56.8% were CTR and 16.9% were CT2 vessels. Ultimately, 86 vessels were identified as main fishing vessels, averaging 88 days of operation per year. In Kaohsiung, 262 vessels had active landing records (66.6% CTR), with 169 main fishing vessels averaging 96 days per year. Pingtung had 37 vessels with active records (100% CTR), with 24 main fishing vessels averaging 83 days per year. The maximum annual operating days for individual vessels were 225, 290, and 217 days for Tainan, Kaohsiung, and Pingtung, respectively.

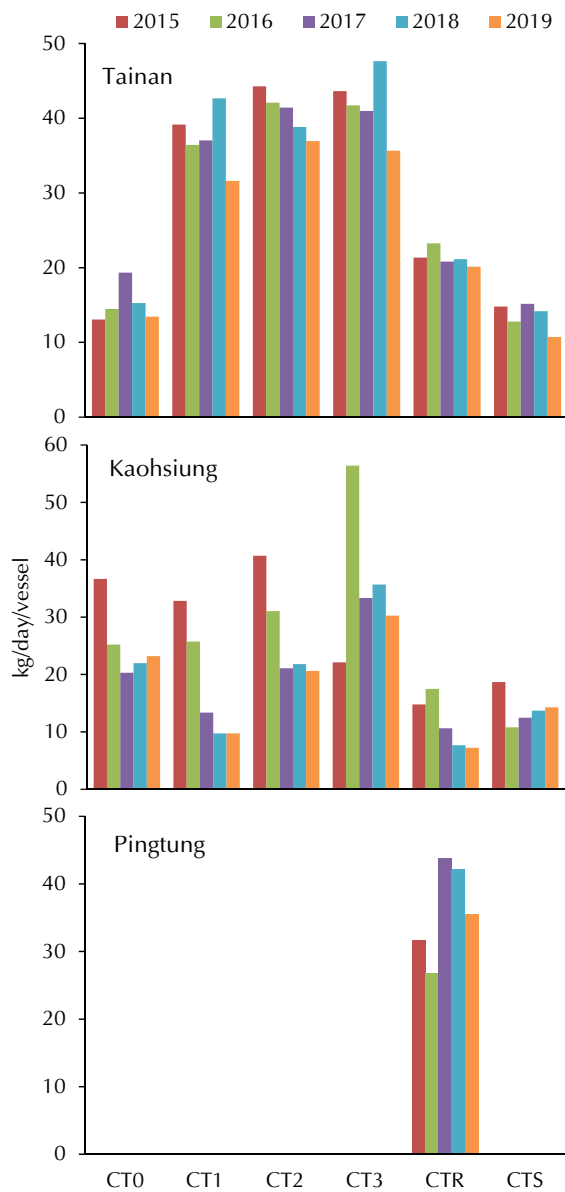


Fig. 1 Mean daily landings (kg/vessel/day) of gillnet fisheries across different vessel size categories in Tainan, Kaohsiung, and Pingtung during 2015 – 2019. Vessel size categories follow the Taiwanese classification system based on gross register tonnage (GRT): CTS for sampan, CTR (fishing craft), CT0 (<5 GRT), CT1 (5 – 9 GRT), CT2 (10 – 19 GRT), and CT3 (20 – 49 GRT).

2. Average Landings by Size Category

For gillnet fisheries in Tainan, the mean catch per unit effort (CPUE) during the study period for CT1, CT2, and CT3 vessels was 40 kg/vessel/day (Fig. 1), while CTR vessels averaged 20 kg/vessel/day. Annual variations in Tainan were relatively minor. In Kaohsiung, the mean CPUE ranged from 25 – 30

kg/vessel/day for CT2 and CT3 vessels and was 13 kg/vessel/day for CTR vessels. These values were lower than those in Tainan and exhibited greater interannual variation. In Pingtung, the mean CPUE for CTR vessels was 34 kg/vessel/day.

3. Seasonal Variations of Landings

Monthly landings (Fig. 2) exhibited a distinct seasonal pattern in the southwestern waters of Taiwan. Overall, landings were lowest during the summer months (May – August). In September, landings began to increase following the end of the southwest monsoon. The peak season lasted from October–February, coinciding with the prevailing northeast monsoon and cooler water temperatures. Landings differed significantly between the low and high seasons, with the most pronounced variation observed in Pingtung.

4. Catch Composition

Landing data from 2019 recorded 229, 252, and 106 taxa in Tainan, Kaohsiung, and Pingtung, respectively. Catch compositions were more diverse in Tainan and Kaohsiung compared to Pingtung. In Tainan, the top five species by weight were *Parastromateus niger*, *Trichiurus* spp., *Chrysochir aureus*, *Eleutheronema rhadinum*, and *Saurida* spp., accounting for 37.1% of the total catch. In Kaohsiung, the dominant taxa were *Trichiurus* spp., *Portunus pelagicus*, *Atrobuca nibe*, *Portunus sanguinolentus*, and *Sepia pharaonis* (57.4% of the total catch). In Pingtung, the top five species were *Trichiurus* spp., *Parastromateus niger*, *Pomadasy kaakan*, *Atrobuca nibe*, and *Leiognathus equulus*, comprising 70.0% of the total catch.

5. Assemblage Structures of Fishes

(1) Spatial differences

Cluster analysis based on the monthly fish composition for each county was performed. Differences among Tainan, Kaohsiung, and Pingtung were highly significant, as indicated by the high *R*-statistics in the ANOSIM analysis (Global *R* = 0.93) based on the *a priori* factor of county. Moreover, the

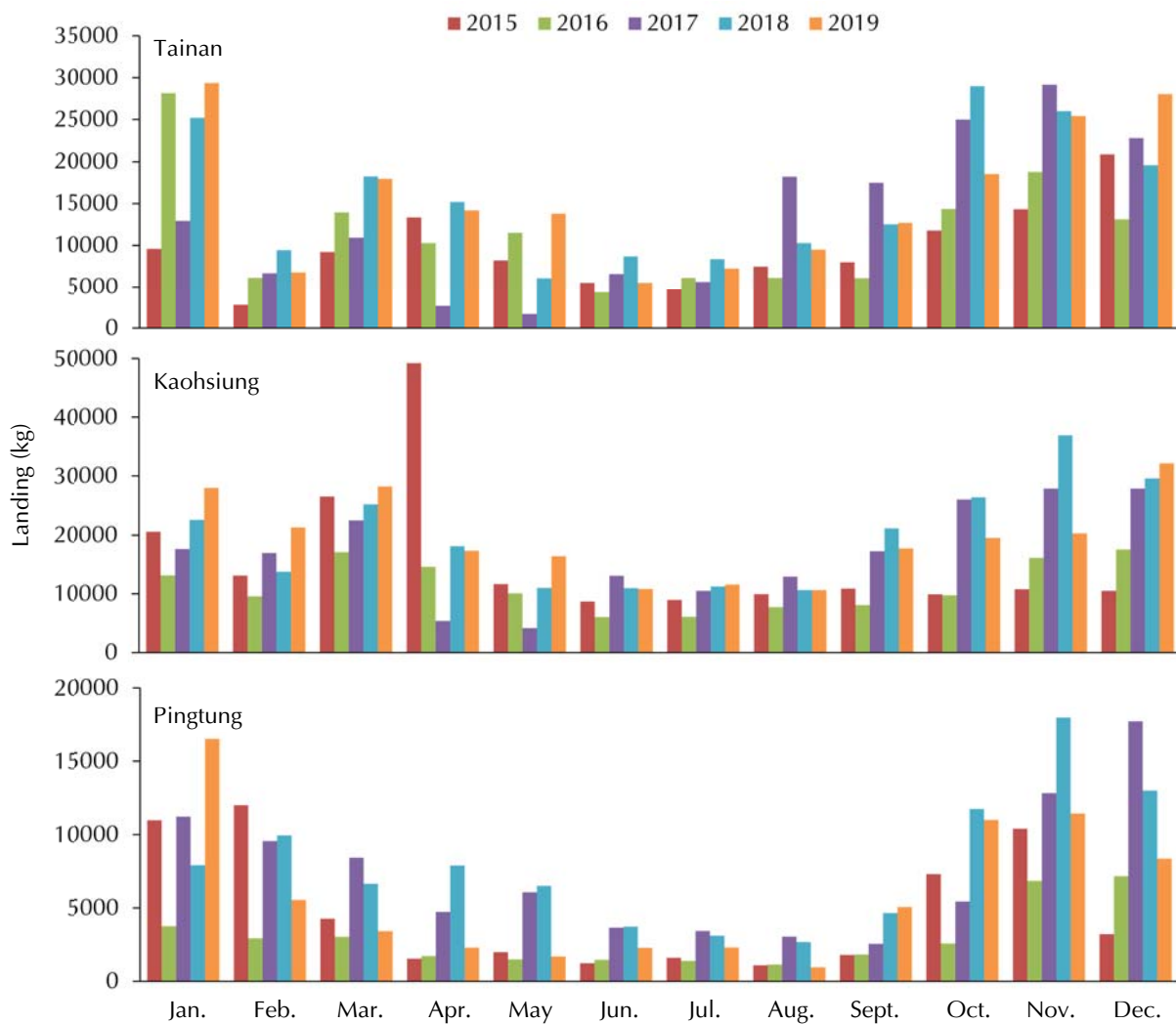


Fig. 2 Comparison of monthly gillnet landings across three regions from 2015 to 2019.

nMDS ordination showed clear separation among counties, with data points from the same location clustering together (Fig. 3).

The SIMPER routine was applied to identify the taxa characteristic of each assemblage and those most responsible for differences between them. Results showed that species compositions were particularly distinct between the Tainan/Kaohsiung and Tainan/Pingtung groups, with high average dissimilarity values of 73.7% and 76.6%, respectively (Table 1). The first ten taxa contributed to 62.95% and 57.98% of the measured dissimilarity for Tainan and Kaohsiung, respectively. By comparison, the average dissimilarity (63.8) was relatively lower for the Kaohsiung/Pingtung group.

(2) Interannual differences

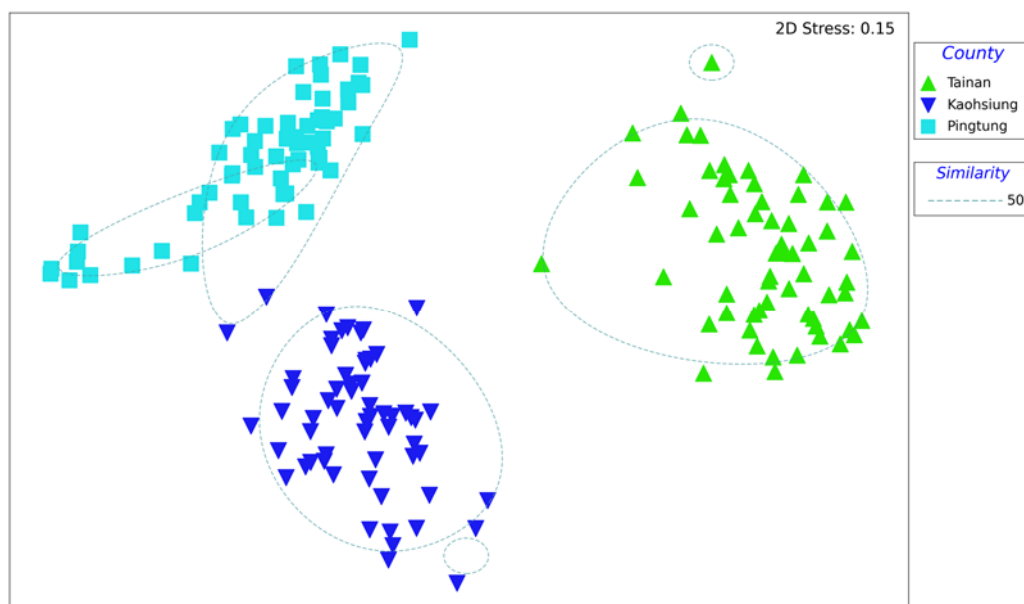
The nMDS ordination produced a poor representation of the structure of fish assemblages when grouped by year for each county (Fig. 4). For Tainan, the overall interannual differences were minor, as indicated by the low R -statistics (Global $R = 0.116$; Table 2a), and pairwise tests showed no significant differences between years. For Kaohsiung, the overall interannual differences were also weak (Global $R = 0.226$; Table 2a). In contrast, for Pingtung, the overall differences among years were significant (Global $R = 0.501$; Table 2a). Pairwise tests indicated that interannual differences were strong, while the differences among 2016, 2017, and 2018 remained weak (Table 2a).

Table 1 Results of the similarity percentage (SIMPER) analysis showing the contribution of dominant taxa to the dissimilarities in fish assemblage structures among Tainan, Kaohsiung, and Pingtung

Comparison / Taxa	Average abundance		Average dissimilarity	Cumulative contribution (%)
	Tainan	Kaohsiung		
Tainan vs. Kaohsiung	Tainan	Kaohsiung	(Total: 73.7%)	
<i>Chrysochir aureus</i>	2.01	0	5.84	7.93
<i>Pomadasys kaakan</i>	2.16	0.22	5.68	15.64
<i>Pampus argenteus</i>	1.70	0	4.90	22.29
<i>Ichthyscopus lebeck</i>	1.65	0	4.79	28.79
<i>Drepane punctata</i>	1.60	0	4.71	35.19
<i>Penaeus penicillatus</i>	1.56	0	4.54	41.35
<i>Saurida</i> spp.	1.75	0.40	4.34	47.25
<i>Trichiurus</i> spp.	1.89	1.17	4.03	52.71
<i>Scomberoides commersonianus</i>	1.35	0	3.86	57.95
<i>Pomadasys argenteus</i>	1.39	0.10	3.68	62.95
Tainan vs. Pingtung	Tainan	Pingtung	(Total: 76.6%)	
<i>Chrysochir aureus</i>	2.01	0	5.52	7.20
<i>Portunus pelagicus</i>	1.89	0	5.24	14.04
<i>Pampus argenteus</i>	1.70	0	4.63	20.09
<i>Ichthyscopus pollicaris</i>	1.65	0	4.52	25.99
<i>Trichiurus</i> spp.	1.89	2.37	4.32	31.63
<i>Penaeus penicillatus</i>	1.56	0	4.28	37.22
<i>Sepia pharaonis</i>	1.48	0	4.11	42.58
<i>Portunus sanguinolentus</i>	1.47	0	4.06	47.87
<i>Drepane punctata</i>	1.60	0.15	4.05	53.16
<i>Saurida</i> spp.	1.75	0.63	3.69	57.98
Kaohsiung vs. Pingtung	Kaohsiung	Pingtung	(Total: 63.8%)	
<i>Trichiurus</i> spp.	1.17	2.37	11.77	18.67
<i>Portunus pelagicus</i>	1.07	0	8.19	31.65
<i>Pomadasys kaakan</i>	0.22	1.04	6.94	52.85
<i>Portunus sanguinolentus</i>	0.85	0	6.44	60.09
<i>Atrobucca nibe</i>	0.88	1.19	4.57	65.31
<i>Saurida</i> spp.	0.40	0.63	3.29	70.43
<i>Johnius dussumieri</i>	0.23	0.55	3.23	74.73
<i>Sepia pharaonis</i>	0.36	0	2.71	79.01
<i>Megalaspis cordyla</i>	0	0.40	2.70	83.24
<i>Leiognathus equulus</i>	0	0.40	2.67	87.02

Table 2 Results of the one-way analysis of similarity (ANOSIM) for differences in fish assemblage structures in each county off southwestern Taiwan during 2015 – 2019, based on the factors of (a) year and (b) season

Comparison group	Tainan		Kaohsiung		Pingtung	
	<i>R</i>	Signif. Level (%)	<i>R</i>	Signif. level (%)	<i>R</i>	Signif. level (%)
(a) Year	Global <i>R</i> : 0.116		Global <i>R</i> : 0.226		Global <i>R</i> : 0.501	
2015, 2016	0.07	12.1	0.10	5.7	0.37	0.2
2015, 2017	0.22	0.7	0.43	0.1	0.64	0.1
2015, 2018	0.27	0.6	0.53	0.1	0.67	0.1
2015, 2019	0.30	0.2	0.57	0.1	0.83	0.1
2016, 2017	0.01	36.4	0.20	0.5	0.23	1.6
2016, 2018	0.09	9.4	0.16	2.7	0.34	0.3
2016, 2019	0.12	4.4	0.27	0.5	0.74	0.1
2017, 2018	0.03	22.1	0.03	24.6	0.18	1.1
2017, 2019	0.09	8.0	0.02	31.3	0.57	0.1
2018, 2019	-0.02	51.5	0.00	40.6	0.65	0.1
(b) Season	Global <i>R</i> : 0.687		Global <i>R</i> : 0.478		Global <i>R</i> : 0.221	
Winter, Spring	0.73	0.1	0.29	0.1	0.27	0.1
Winter, Summer	0.98	0.1	0.83	0.1	0.41	0.1
Winter, Autumn	0.60	0.1	0.38	0.1	0.17	0.1
Spring, Summer	0.62	0.1	0.40	0.1	0.08	9.2
Spring, Autumn	0.64	0.1	0.48	0.1	0.22	0.2
Summer, Autumn	0.62	0.1	0.52	0.1	0.19	0.3

**Fig. 3** Non-metric multidimensional scaling (nMDS) ordination of the fish assemblage structure of gillnet fisheries among Tainan, Kaohsiung, and Pingtung during 2015 – 2019. Each symbol represents an individual sampling month. Data were $\log(x+1)$ transformed and analyzed based on Bray-Curtis similarity (2D stress = 0.15). Dashed lines indicate 50% similarity clusters determined by group-average cluster analysis.

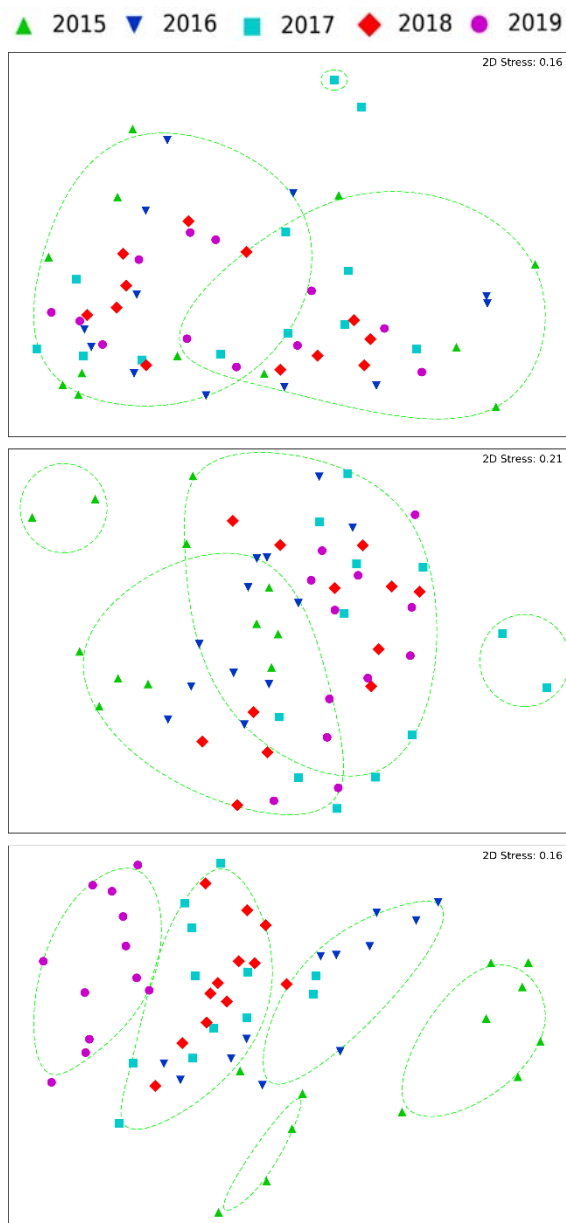


Fig. 4 Interannual differences in the fish assemblage structure of gillnet fisheries for Tainan (top), Kaohsiung (middle), and Pingtung (bottom) during 2015–2019. Each symbol represents an individual sampling month. Data were $\log(x+1)$ transformed and analyzed based on Bray-Curtis similarity; 2D stress values are indicated on each ordination plot. Dashed lines indicate similarity clusters determined by group-average cluster analysis (50% for Tainan; 55% for Kaohsiung and Pingtung).

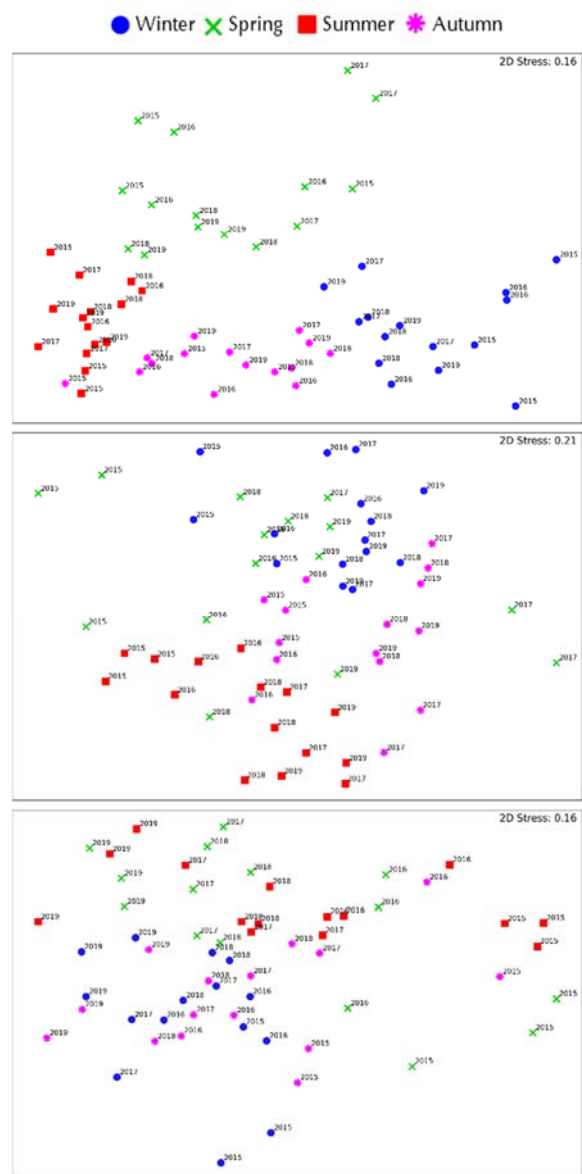


Fig. 5 Seasonal differences in the fish assemblage structure of gillnet fisheries for each county during 2015–2019. Each symbol represents an individual sampling month. Seasons are defined as: Winter (December–February), Spring (March–May), Summer (June–August), and Autumn (September–November). Data were $\log(x+1)$ transformed based on Bray-Curtis similarity; 2D stress values are indicated on each ordination plot.

(3) Seasonal differences

The nMDS ordinations derived from monthly fish compositions showed significant seasonal structures for Tainan and Kaohsiung (Fig. 5), supported by high *R*-statistics in the ANOSIM analysis (Table 2b). The seasonality of fish assemblages was strongest for

Table 3 SIMPER results showing the dominant taxa contributing to the seasonal fish assemblage structures for each county off southwestern Taiwan during 2015 – 2019

Season / County	Tainan	Kaohsiung	Pingtung
Winter	Sim. Percent. : 62.3%	Sim. Percent. : 65.6%	Sim. Percent. : 61.3%
	<i>Trichiurus</i> spp. (12.2)	<i>Trichiurus</i> spp. (19.6)	<i>Trichiurus</i> spp. (34.1)
	<i>Saurida</i> spp. (8.5)	<i>Portunus pelagicus</i> (12.3)	<i>Saurida</i> spp. (10.8)
	<i>Eleutheronema rhadinum</i> (6.5)	<i>Portunus sanguinolentus</i> (11.5)	<i>Atrobucca nibe</i> (9.4)
	<i>Scomberomorus commerson</i> (5.9)	<i>Saurida</i> spp. (9.3)	<i>Pomadasys kaakan</i> (6.3)
	<i>Penaeus penicillatus</i> (5.8)	<i>Atrobucca nibe</i> (8.6)	<i>Leiognathus equulus</i> (6.2)
Spring	Sim. Percent. : 58.8%	Sim. Percent. : 56.3%	Sim. Percent. : 50.9%
	<i>Pomadasys kaakan</i> (8.7)	<i>Atrobucca nibe</i> (19.4)	<i>Trichiurus</i> spp. (29.9)
	<i>Alepes djedaba</i> (7.6)	<i>Trichiurus</i> spp. (14.7)	<i>Atrobucca nibe</i> (18.3)
	<i>Atrobucca nibe</i> (5.4)	<i>Portunus pelagicus</i> (13.7)	<i>Pomadasys kaakan</i> (13.4)
	<i>Penaeus penicillatus</i> (4.8)	<i>Portunus sanguinolentus</i> (11.3)	<i>Nemipterus bathybius</i> (7.7)
	<i>Drepane punctata</i> (4.6)	<i>Saurida</i> spp. (5.3)	<i>Saurida</i> spp. (7.1)
Summer	Sim. Percent. : 68.7%	Sim. Percent. : 63.5%	Sim. Percent. : 54.5%
	<i>Ichthyoscopus lebeck</i> (8.9)	<i>Portunus pelagicus</i> (21.2)	<i>Atrobucca nibe</i> (23.4)
	<i>Portunus pelagicus</i> (8.0)	<i>Atrobucca nibe</i> (14.5)	<i>Trichiurus</i> spp. (20.7)
	<i>Chrysochir aureus</i> (7.9)	<i>Portunus sanguinolentus</i> (13.3)	<i>Pomadasys kaakan</i> (15.8)
	<i>Drepane punctata</i> (7.5)	<i>Trichiurus</i> spp. (7.3)	<i>Johnius dussumieri</i> (9)
	<i>Pomadasys kaakan</i> (7.3)	<i>Terapon jarbua</i> (6.1)	<i>Saurida</i> spp. (6.3)
Autumn	Sim. Percent. : 65.7%	Sim. Percent. : 65.3%	Sim. Percent. : 56.3%
	<i>Portunus pelagicus</i> (7.3)	<i>Trichiurus</i> spp. (21.2)	<i>Trichiurus</i> spp. (24.9)
	<i>Chrysochir aureus</i> (6.4)	<i>Portunus pelagicus</i> (19.4)	<i>Atrobucca nibe</i> (16.3)
	<i>Sepia pharaonis</i> (6.1)	<i>Sepia pharaonis</i> (10.2)	<i>Pomadasys kaakan</i> (9.8)
	<i>Pomadasys kaakan</i> (5.0)	<i>Portunus sanguinolentus</i> (9.3)	<i>Megalaspis cordyla</i> (5.7)
	<i>Pomadasys argenteus</i> (4.9)	<i>Atrobucca nibe</i> (8.8)	<i>Saurida</i> spp. (5.3)

Tainan (Global $R = 0.687$), with significant differences among all seasons. For Kaohsiung, the Global R value (0.478) also indicated strong seasonality (Table 2b). The only insignificant pairwise test was between winter and spring ($R = 0.29$; Table 2b). For Pingtung, no seasonal structures were observed in the nMDS diagram (Fig. 5), and the Global R value was low (0.221).

SIMPER analysis identified the top five taxa contributing to within-group similarity for each season (Table 3). For Tainan, the highest percentage contributions to similarity were from *Trichiurus* spp., *Pomadasys kaakan*, *Ichthyoscopus lebeck*, and *Portunus pelagicus* for winter, spring, summer, and autumn, respectively (Table 3). For Kaohsiung, *Trichiurus* spp.

was the primary contributor in both autumn and winter and the second highest in spring. Additionally, *Atrobucca nibe* was highest in spring and second in summer. For Pingtung, *Trichiurus* spp. was the primary contributor in winter, spring, and autumn, while *Atrobucca nibe* was the highest contributing taxon in summer.

6. Fishing Seasons

The fishing seasons of the aforementioned dominant taxa for each county are summarized in Fig. 6 and classified into three categories: main fishing season, secondary fishing season, and non-fishing season. Overall, fishes in Tainan exhibited the most pronounced seasonality, while Pingtung also



Fig. 6 Fishing seasons of the dominant catch taxa in gillnet fisheries for each county off southwestern Taiwan during 2015–2019.

showed strong seasonal trends. In contrast, fishing seasons for individual taxa were relatively stable in Kaohsiung, where the majority of species were caught year-round.

DISCUSSION

The port sampling observer program managed by the Fisheries Agency aims to facilitate the Monitoring, Control, and Surveillance (MCS) of coastal and offshore fisheries in Taiwan. This observer system has been implemented across major fishing ports since 2013 (Lee *et al.*, 2021), and the intensity and coverage of these landing records are more robust and reliable than traditional data collection methods, such as logbooks or fisher self-reports. Consequently, the data

provided by this program are sufficient to offer reliable insights into the gillnet fisheries examined in this study.

The results indicate that gillnet fishery resources exhibit significant regional differences in the southwestern waters of Taiwan. Spatial variations in fish assemblage structures among Tainan, Kaohsiung, and Pingtung were highly significant. Interannual differences in assemblage structures were weak for Tainan and Kaohsiung but significant for Pingtung. Regarding seasonal variations, gillnet landings demonstrated strong seasonality throughout the region. Overall, landings were lowest during the summer months (May – August) and peaked from October – February, coinciding with the prevailing northeast monsoon and cooler water temperatures during the autumn and winter.

These distinct patterns may be attributed to differences in seabed topography and the benthic environments of the fishing grounds across counties. Furthermore, many species migrate through the coastal and offshore waters of the study area for spawning or in response to ocean circulation. Such species include the melon seed chin *Psenopsis anomala* (Wu *et al.*, 2012; Sun *et al.*, 2023), black pomfret *Parastromateus niger* (Mondal *et al.*, 2023), and fourfinger threadfin *Eleutheronema rhadinum* (Sihombing *et al.*, 2024). These migrations result in the observed spatio-temporal differences in species distribution. Therefore, the spatio-temporal composition of gillnet catches remains distinct for each county.

Bottom trawling and gillnets are the primary fishing methods for demersal fishes in southwestern Taiwan. While both fisheries target a wide variety of species, their catches frequently overlap. Consequently, future studies on the spatio-temporal structure of demersal fish communities should integrate data from both fisheries to achieve a more comprehensive understanding of population dynamics. Such an integrated approach will facilitate the development of effective management measures to reach sustainability goals in the southwestern waters of Taiwan.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was financially supported by a grant from the Ministry of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan (Grant no. 109AS-9.2.2-AI-A2). We extend our sincere thanks to the Taiwan Ocean Conservation and Fisheries Sustainability Foundation and the Fisheries Agency for providing the detailed and robust fisheries data derived from the port observer program. Furthermore, the authors are grateful to the anonymous reviewers for their insightful comments, which significantly improved the quality of this manuscript.

REFERENCES

- Bray, J. R. and J. T. Curtis (1957) An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27: 325-349.
- Chou, L. Y. (2006) A study on time series analysis of the landings from the fishers' associations in western Taiwan. Master Thesis, Department of Environmental Biology and Fisheries science, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan.
- Clarke, K. R. (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.*, 18:117-143.
- Clarke, K. R. and R. M. Warwick (2001) Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd ed. PRIMER-E, Plymouth.
- Feng, H. Y. (2012) Studies on the spatial-temporal characteristics of catch composition and fishing ground of gillnet fishery in the waters off eastern Taiwan using vessel location records. Master Thesis, Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan.
- Fisheries Statistical Yearbook-Taiwan, Kinmen and Matsu Area (2019) Fisheries Agency, Council of Agriculture, Taipei, Taiwan.
- Hsueh, C. H. (2006) The comparisons of catching efficiency of Croaker (*Johnius distinctus*) by using trammel net and drift net. Master Thesis, Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan.
- Huang, C. Y. (2004) The comparisons of catching efficiency of black porgy (*Acanthopagrus schlegelii*) season by using trammel net and gill net. Master Thesis, Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan.
- Huang, S. C. (2004) Gill net selectivity for rabbitfish *Siganus canaliculatus*. Master Thesis, Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan.
- Lai, C. C. (2002) Gill net selectivity for *Kyphosus cinerascens* and *Kyphosus lembus*. Master Thesis, Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan.

- Lee, L. S. (2015) Preliminary studies on the seasonal variations in fish assemblage structure of gillnet fishery in the coast waters of Chang-Yuen Rise. Master Thesis, Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan.
- Lee, Y. J., N. J. Su, C. H. Liao, W. C. Chiang and C. H. Li (2021) A two-stage approach to integrate vessel geo-tracking data and logbooks for monitoring fishing activity of coastal fisheries in waters off northwestern Taiwan. *J. Mar. Sci. Tech.*, 29: 9.
- Liu, X., J. Dong, X. Yu, M. Sun, B. Wang and X. Wang (2014) Fishery resource structure in coastal waters of Liaoning Province. *Mar. Fish.*, 36: 289-299.
- Lo, K. C., S. Y. Teng, Y. C. Wang, M. A. Lee, J. L. Lin, T. H. Lu and I. L. Huang (2017) Resource structure of an artisanal gillnet fishery in the coastal waters of Tamsui, Taiwan. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 44: 147-157.
- Mondal S., M. A. Lee, Y. K. Chen and Y. C. Wang (2023) Ensemble modeling of black pomfret (*Parastromateus niger*) habitat in the Taiwan Strait based on oceanographic variables. *PeerJ*, 11: e14990.
- Sihombing, R. I., S. Mondal, A. Ray, M. A. Lee and Q. H. Lu (2024) Recent global climate change effects: A study of *Eleutheronema rhadinum* in Chang-Yuen Ridge, Taiwan. *Mar. Environ. Res.*, 195: 106352.
- Su, N. J., Y. S. Lu, C. Y. Cheng, L. C. Huang and C. H. Li (2017) Investigation on fishing activity and catch composition of coastal gillnet fisheries in waters off northwestern Taiwan. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 44: 159-169.
- Sun, C. H., Q. Zhang, Y. L. Lao and J. L. Huang (2023) Genetic structure and historical demography of the Pacific rudderfish *Psenopsis anomala* in the Northwestern Pacific Ocean. *Mar. Biodivers.*, 53: 63.
- Sung, P. H. (2018) Spatial and temporal characteristic of fishing operations for gillnet fishery in the waters off Taiwan. Master Thesis, Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan.
- Wu, C. C., W. C. Su, K. M. Liu, J. S. Weng and L. J. Wu (2012) Reproductive biology of the Japanese butterfish, *Psenopsis anomala*, in the waters off southwestern Taiwan. *J. Appl. Ichthyol.*, 28: 209-216.

臺灣西南海域刺網漁業漁獲組成結構及其季節性變化

陳郁凱·藍揚麒*·翁進興

農業部水產試驗所沿近海漁業生物研究中心

摘 要

本研究分析 2015 年至 2019 年間自臺南市、高雄市及屏東縣主要漁港港口查報資料蒐集之刺網漁獲紀錄，以掌握臺灣西南海域刺網漁業之作業概況、漁獲組成結構及其季節變化。以 2019 年為例，具有查報紀錄之刺網漁船數於臺南市、高雄市及屏東縣分別為 136、262 及 37 艘，漁獲種類則分別記錄到 229、252 及 106 個分類單元。整體而言，西南海域刺網漁業之漁獲量在夏季 (5 - 8 月) 較低，於秋、冬季 (10 月至翌年 2 月) 達高峰。在臺南市，前五大優勢漁獲物依序為烏鯧 (*Parastromateus niger*)、帶魚屬 (*Trichiurus* spp.)、黃金鱸 (*Chrysochir aureus*)、多鱗四指馬鮫 (*Eleutheronema rhadinum*) 及蛇鯔屬 (*Saurida* spp.)，共佔總漁獲量的 37.1%。在高雄市，前五大優勢漁獲物為帶魚屬、遠海梭子蟹 (*Portunus pelagicus*)、黑鰾 (*Atrobucca nibe*)、紅星梭子蟹 (*Portunus sanguinolentus*) 及虎斑烏賊 (*Sepia pharaonis*)，佔總漁獲量的 57.4%。在屏東縣，前五大優勢漁獲物為帶魚屬、烏鯧、星雞魚 (*Pomadasys kaakan*)、黑鰾及短棘鰻 (*Leiognathus equulus*)，佔總漁獲量的 70%。透過多變量分析之集群分析與非度量多向度尺度法探討漁獲群聚結構之時間與空間分布，結果顯示三地之魚類群聚組成具有明顯的地區性差異。整體而言，臺南市與高雄市之魚類群聚組成年際變化較小，惟屏東縣之年際差異則較為顯著。此外，各縣市之魚類群聚組成都呈現顯著的季節性變化。由於各地漁場地形、底質與水文環境條件不同，致使漁獲組成呈現明顯的地區特性，並反映於魚類群聚結構與漁期之差異。

關鍵詞：刺網、漁獲組成、底棲魚類、季節性變化

* 通訊作者 / 高雄市前鎮區漁港北三路 6 號, TEL: (07) 821-8103 ext. 232; Fax: (07) 821-8205; E-mail: yclan@mail.tfrin.gov.tw

臺灣西南海域吉打副葉鰱之生殖生物學研究

陳郁凱·吳伊淑·藍揚麒*·翁進興

農業部水產試驗所沿近海漁業生物研究中心

摘要

吉打副葉鰱 (*Alepes djedaba*) 是臺灣西南海域刺網及拖網漁業捕獲的重要經濟魚種之一。然而，目前關於其生殖生物學的調查報告相當有限。因此，本研究旨在建立吉打副葉鰱的生殖生物學參數，以供未來資源評估及漁業管理之參考。自 2022 年 11 月至 2023 年 10 月期間，於嘉義東石、高雄彌陀及梓官漁港共計採集 687 尾樣本，其中雌魚 311 尾、雄魚 376 尾，性比（雌魚佔總數之比例）為 0.45。雌魚之尾叉長 (fork length, FL) 介於 151.1 - 232.3 mm，體重 (body weight, BW) 介於 48.9 - 214.9 g；雄魚之 FL 介於 135.2 - 247.5 mm，BW 介於 38.0 - 242.7 g。雌、雄魚之 FL 與 BW 關係式分別為 $BW = 4.8 \times 10^{-6} FL^{3.22}$ 及 $BW = 3.9 \times 10^{-6} FL^{3.26}$ ，兩者間具顯著差異 ($p < 0.05$)。依據生殖腺指數 (gonadosomatic index, GSI) 變化及卵巢組織觀察推估，其繁殖期為 2 - 9 月，4 - 7 月為高峰期。雌魚孕卵數介於 30,430 - 212,033 粒，平均為 119,508 粒；雌魚的 50% 性成熟尾叉長 (fork length at 50% maturity, L_{m50}) 為 198.4 mm。

關鍵詞：性成熟體長、生殖腺指數、生殖季節、*Alepes djedaba*

前言

吉打副葉鰱 (*Alepes djedaba*) (Fig. 1)，俗稱瓜仔魚、黃尾瓜仔、甘仔魚，屬於鰱科 (Carangidae)，副葉鰱屬之魚種 (沈, 1993)。吉打副葉鰱廣泛分布於非洲東岸至西太平洋，臺灣周邊海域均有分布，且以西部沿海分布數量最多 (臺灣魚類資料庫, 2024)。主要棲息沿近海礁區及混濁水域，西南海域全年均可捕獲，主要作業漁法為拖網及刺網，延繩釣及定置網亦有零星捕獲，為西南海域重要經濟魚種之一。

以往國內有關吉打副葉鰱之研究仍少，僅於吳 (2009)、羅 (2017) 與林 (2017) 等報告中略見述及。國外的部分則有 Raje (1993) 探討印度西部阿拉伯海吉打副葉鰱之生殖生物學及其食性；Osman *et al.* (2021) 分析其分布於埃及地中海沿岸之生殖生物學；Quayed *et al.* (2022) 透過耳石分析分布於地中海西奈半島族群之年齡成長；Artüz and

Tuncer (2017) 研究土耳其海域吉打副葉鰱仔稚魚時期與大型水母之共生關係等。魚類生殖生物學之各項參數是漁業資源評估管理之參考指標，亦是探索魚類生活史的關鍵資料 (翁, 2003)。吉打副葉鰱為臺灣西南海域主要經濟魚種之一，但尚無其生殖生物學相關研究報告。因此，本研究針對臺灣西南海域吉打副葉鰱之生殖生物特性進行調查分析，期能建立該方面之重要參數，以作為日後進行其資源評估及管理之用。



Fig. 1 A female shrimp scad (*Alepes djedaba*) (FL = 168.6 mm; BW = 73.8 g) collected from Keziliao Harbor, southwestern Taiwan.

*通訊作者 / 高雄市前鎮區漁港北三路 6 號, TEL: (07) 821-8103 轉 219; FAX: (07) 821-8205; E-mail: yclan@mail.tfrin.gov.tw

材料與方法

一、樣本採集

本研究於 2022 年 11 月至 2023 年 10 月期間，按月至嘉義東石漁港、彌陀南寮漁港及梓官蚵仔寮漁港以隨機採樣方式進行吉打副葉鰱樣本採集。樣本攜回實驗室後進行尾叉長 (fork length, FL)、體重 (body weight, BW) 及生殖腺重 (gonad weight, GW) 等量測。生殖腺先以 10% 福馬林溶液固定，隨後分別進行蘇木精與伊紅 (hematoxylin and eosin, H&E) 染色之組織切片觀察、孕卵數估算及卵徑量測。

二、資料分析

(一) FL 與 BW 關係

以各月份量測之吉打副葉鰱 FL 與 BW 資料進行迴歸分析，求得其體長體重關係式如下：

$$BW = a \times FL^b$$

其中，BW 為體重 (g)；FL 為尾叉長 (mm)； a 、 b 為迴歸係數

(二) 生殖腺指數 (gonadosomatic index, GSI)

GSI 計算公式如下 (Uosaki and Bayloff, 1999; Armas *et al.*, 2006)：

$$GSI = (GW / BW) \times 100$$

其中，GW 為生殖腺重 (g)；BW 為去內臟重 (g)

(三) 卵巢發育判別

觀察卵巢外觀，判定生殖腺發育階段，並選取 120 尾進行組織切片，以光學顯微鏡察看與判別各卵粒樣本之發育階段。分別計算各月別不同性成熟階段百分比，作為判定生殖期的依據。

(四) 性比

性比 (sex ratio, %) 係指雌魚佔總樣本數之比率，分別探討月別性比及體長別性比，計算式如下：
性比 = 雌魚數量 / (雌魚數量 + 雄魚數量) × 100%

(五) 孕卵數與單次產卵數

本研究參考蕭 (2014) 針對臺灣西南海域黑鰱

之研究，選擇 3 幅不同發育階段之卵巢，進行不同部位之孕卵數 (fecundity, F) 及卵徑之差異檢定。將此 3 幅卵巢分為左右兩葉，每葉再分為前、中、後 3 個部位，整幅卵巢總計有 6 個測定部位。經雙因子變異數分析檢定結果顯示，同一樣本不同部位間之卵徑及孕卵數並無差異，而同一部位在不同個體之間則有顯著差異，顯示任何部位均可代表整幅卵巢之發育狀況，為求一致性，本研究乃統一採樣左葉之中間部位進行分析。

本研究參考張 (2008) 採用之重量法 (gravimetric method) 進行 F 與單次產卵數 (batch fecundity, BF) 之估算。F 係指卵巢中發育階段為包含卵黃胞期及其後之卵粒數，而 BF 則為完熟期之卵粒數。由本研究採樣的卵數樣本之卵徑及其發育階段之資料顯示，卵黃胞期之卵徑 ≥ 0.1 mm，完熟期之卵徑 ≥ 0.54 mm，透過隨機採取 0.05 g 重卵粒，以下列公式估算 F 及 BF。

$$F = (n_{0.1} / 0.05) \times W$$

其中， $n_{0.1}$ 為採樣卵粒中卵徑 ≥ 0.1 mm 之卵粒數；W 為卵巢總重 (g)。

$$BF = (n_{0.54} / 0.05) \times W$$

其中， $n_{0.54}$ 為採樣卵粒中卵徑 ≥ 0.54 mm 之卵粒數；W 為卵巢總重 (g)

(六) 50%性成熟尾叉長 (fork length at 50% maturity, L_{m50})

本研究以 10 mm 作為體長組距進行分析，透過組織切片、生殖腺指數及卵徑大小，來計算各組距內生殖腺達性成熟的比率，再利用邏輯曲線 (logistic curve) (King, 1995) 計算 L_{m50} ，其計算式如下：

$$Pr = 1 / (1 + e^{a+bFL})$$

其中，Pr 為成熟百分比；FL 為尾叉長 (mm)； a 、 b 為常數

結果

一、FL 與 BW 關係

研究期間共計採集 687 尾樣本魚，其中雌魚 311 尾、雄魚 376 尾，雌雄別之 FL 範圍分別為 151.1 - 232.3 mm、135.2 - 247.5 mm，BW 則介於 48.9 - 214.9 g 及 38.0 - 242.7 g (Table 1)。

Table 1 Specimens of *Alepes djedaba* collected from November 2022 to October 2023 in the southwestern waters off Taiwan

Year	Month	Female			Male			Total
		n	Range of FL	Range of BW	n	Range of FL	Range of BW	
2022	Nov.	43	151.1-221.7	48.9-185.6	33	154.5-227.6	55.6-199.3	76
	Dec.	28	162.3-228.8	63.8-214.5	32	165.7-226.8	67.4-212.4	60
2023	Jan.	16	163.1-212.5	89.0-106.6	25	163.2-225.6	67.5-185.1	41
	Feb.	50	157.1-218.1	52.0-155.1	70	157.3-221.7	55.0-161.7	120
	Mar.	19	165.0-193.5	69.0-110.8	41	160.0-195.6	68.6-114.3	60
	Apr.	24	178.3-218.3	85.6-149.7	16	178.0-202.1	86.1-125.6	40
	May	6	210.1-229.3	154.4-214.9	9	210.0-238.3	140.5-235.6	15
	Jun.	19	156.0-232.3	54.6-190.3	35	141.7-247.5	38.0-242.7	54
	Jul.	42	156.1-229.7	56.9-202.2	54	141.4-237.6	43.8-208.5	96
	Aug.	27	151.4-211.2	50.7-138.6	24	135.2-222.5	39.5-160.6	51
	Sep.	9	214.8-230.0	154.3-192.3	7	205.7-217.2	151.0-172.3	16
	Oct.	28	160.8-202.3	57.4-136.6	30	155.3-193.4	55.9-103.7	58
Total		311	151.1-232.3	48.9-214.9	376	135.2-247.5	38.0-242.7	687

Note: FL, fork length (mm); BW, body weight (g); n, number of specimens.

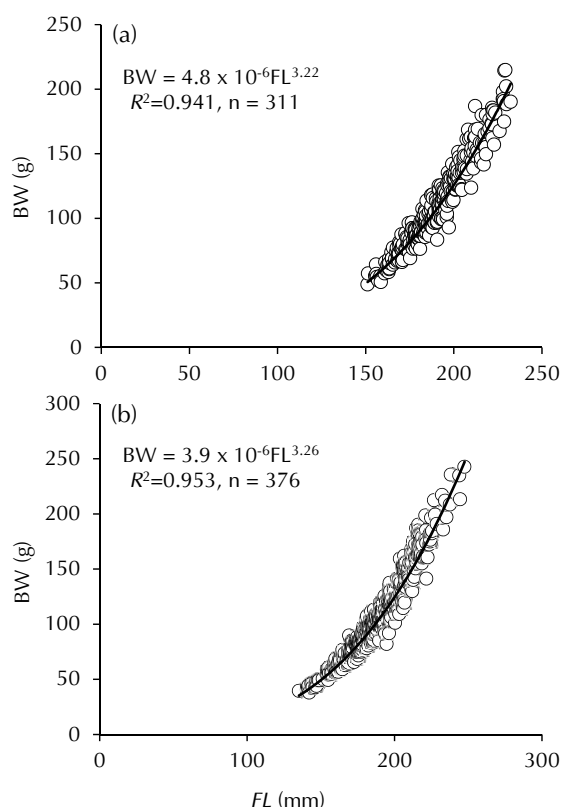


Fig. 2 Relationship between fork length (FL) and body weight (BW) for female (a) and male (b) shrimp scad (*Alepes djedaba*) collected from the southwestern waters off Taiwan during November 2022 to October 2023.

經最大概似法檢定結果顯示，雌、雄魚的 FL 與 BW 關係式具顯著差異 ($p < 0.05$)，因此將兩者資料個別分析。其關係式如下 (Fig. 2)：

$$\text{雌魚：BW} = 4.8 \times 10^{-6} \text{FL}^{3.22} \quad (R^2=0.941, n=311)$$

$$\text{雄魚：BW} = 3.9 \times 10^{-6} \text{FL}^{3.26} \quad (R^2=0.953, n=376)$$

二、性比月別變化

吉打副葉鰱雌、雄性比之月別變化如 Table 2 所示。除了 11、2、4、8、9 月之外，其餘月份均以雄魚樣本居多。性比月別經卡方檢定結果顯示，3 月及 6 月雌、雄比例具顯著差異；總樣本性比亦具顯著差異 ($\chi^2 = 6.15, p < 0.05$)，整體呈現雄魚多於雌魚之現象。

三、卵細胞發育階段

參考翁 (2003)、Lee *et al.* (2005)、Wu *et al.* (2012) 等研究的判斷標準，將卵細胞發育分成下列八個階段：

1. 染色質核仁期 (chromatin-nucleolus stage, Cn)

卵粒極小，肉眼無法辨識，外型大致呈圓形，

Table 2 Monthly sample sizes of female and male *Alepes djedaba* collected from the southwestern waters off Taiwan between November 2022 and October 2023

Year	Month	Number of female	Number of male	Sex ratio (%)	χ^2	<i>p</i> -value
2022	Nov.	43	33	56.58	1.32	ns
	Dec.	28	32	46.67	0.27	ns
2023	Jan.	16	25	39.02	1.98	ns
	Feb.	50	70	41.67	3.33	ns
	Mar.	19	41	31.67	8.07	0.0045*
	Apr.	24	16	60.00	1.60	ns
	May	6	9	40.00	0.60	ns
	Jun.	19	35	35.19	4.74	0.0296*
	Jul.	42	54	43.75	1.50	ns
	Aug.	27	24	52.94	0.18	ns
	Sep.	9	7	56.25	0.25	ns
	Oct.	28	30	48.28	0.07	ns
Total		311	376	45.27	6.15	0.0131*

Notes: Sex ratio (%) indicates the proportion of females in the monthly or total samples. Asterisks (*) denote significant differences according to the chi-square (χ^2) test ($p < 0.05$).

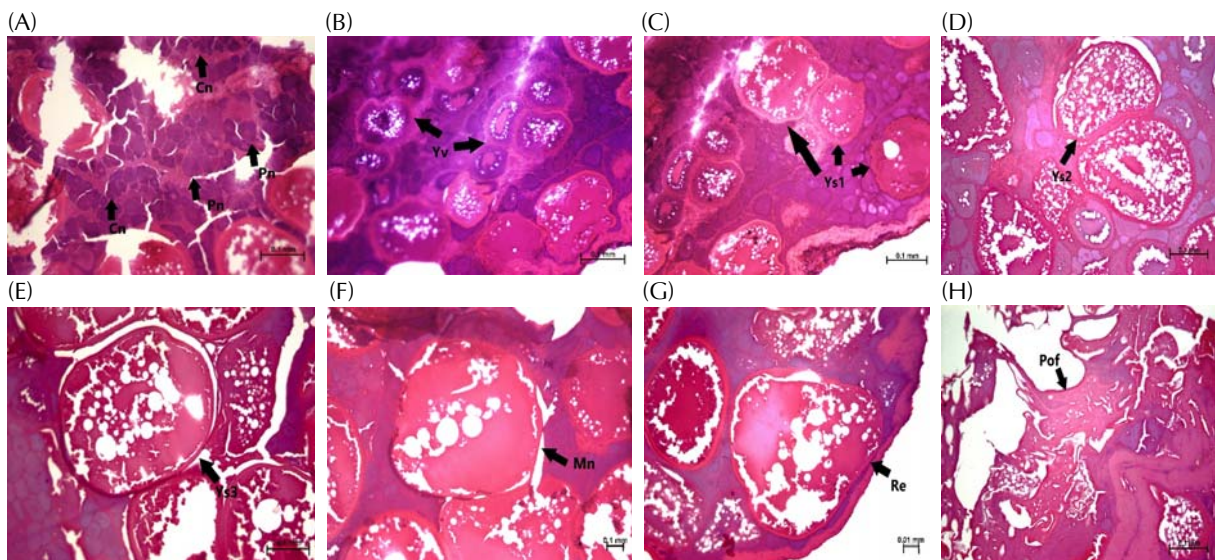


Fig. 3 Histological sections of the ovary of *Alepes djedaba*, illustrating oocytes at different developmental stages: (A) Cn, chromatin-nucleolus stage; Pn, peri-nucleolus stage; (B) Yv, yolk vesicle stage; (C) Ys1, primary yolk stage; (D) Ys2, secondary yolk stage; (E) Ys3, tertiary yolk stage; (F) Mn, migratory nucleus stage; (G) Re, ripe egg stage; (H) Pof, post-ovulatory follicle.

卵徑 < 0.05 mm；經 H&E 染色後，細胞質呈深紫色之嗜鹼性反應 (Fig. 3A)。

2. 周邊核仁期 (peri-nucleolus stage, Pn)

具明顯細胞核，卵徑介於 0.06 – 0.09 mm，亦呈嗜鹼性 (Fig. 3A)。

3. 卵黃胞期 (yolk vesicle stage, Yv)

卵粒變大，開始出現油滴及卵黃胞，卵徑介於

0.10 – 0.15 mm 之間 (Fig. 3B)。

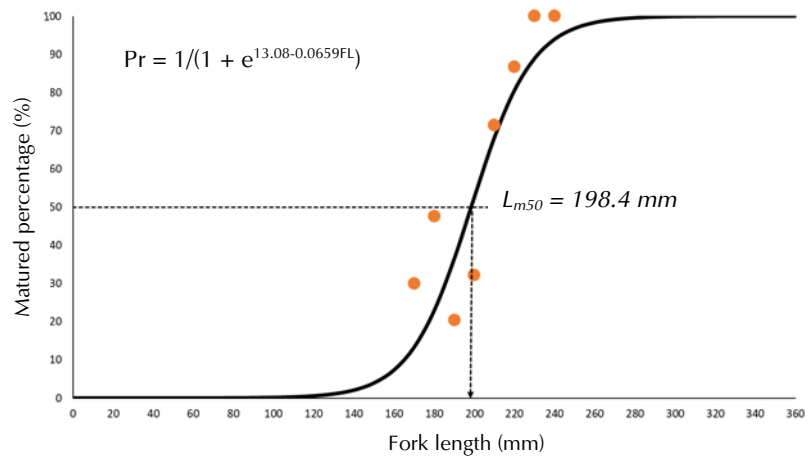
4. 初級卵黃期 (primary yolk stage, Ys1)

細胞質遍佈較小的油滴和卵黃球，卵徑在 0.15 – 0.24 mm 之間 (Fig. 3C)。

5. 次級卵黃期 (secondary yolk stage, Ys2)

油滴往細胞核周圍聚集，卵黃球數量增加，卵徑介於 0.18 – 0.28 mm (Fig. 3D)。

Fig. 4 Relationship between percent maturity and fork length (FL) for female *Alepes djedaba* collected from the southwestern waters off Taiwan. The fork length at 50% maturity (L_{m50}) is indicated by the intersection of the logistic curve and the dashed lines.



6. 第三級卵黃期 (tertiary yolk stage, Ys3)

卵黃球開始合併成卵黃團，油滴大小及數量持續增加，卵徑在 0.25 – 0.39 mm 之間 (Fig. 3E)。

7. 核仁移動期 (migratory nucleus stage, Mn)

卵黃球合併為卵黃團，油滴大小增加，細胞核向動物極移動或消失不見，卵徑在 0.40 – 0.55 mm 之間 (Fig. 3F)。

8. 完熟期 (mature stage, Re)

油滴癒合成一個或二個大型油滴，卵黃團充滿整個卵粒，細胞外圍顆粒層及卵鞘細胞皆消失，卵徑 >0.54 mm (Fig. 3G)。此階段亦可發現產後濾泡 (post-ovulatory follicles, Pof) (Fig. 3H)。

四、卵巢發育階段

參考林 (2007) 及羅 (2010) 等報告，將卵巢發育情形區分為四個階段：

(一) 未成熟階段 (immature stage)

此階段卵巢呈細小線狀，肉眼無法看到卵粒。透過光學顯微鏡觀察，卵細胞處於染色質核仁期至周邊核仁期階段， $GSI \leq 0.90$ ，卵徑範圍在 0.02 – 0.09 mm 之間。

(二) 成熟中階段 (maturing stage)

卵巢逐漸增大，肉眼可以看到細小的卵粒；根據組織學的觀察，約在卵黃胞期至第三級卵黃期階段， GSI 在 1.10 – 2.80 之間，卵徑範圍在 0.10 –

0.53 mm 之間。

(三) 已成熟階段 (Mature stage)

卵巢明顯變大，肉眼可以看到明顯的卵粒；根據組織學的觀察，約在核仁移動期至完熟期階段， $GSI \geq 2.90$ ，卵徑 ≥ 0.54 mm。

(四) 產卵後階段 (spent stage)

產卵後的卵巢較成熟階段時小，外觀呈暗紅色且鬆弛狀，卵巢內會殘留些許大的卵粒，並可發現已經萎縮的卵細胞。

五、性成熟體長

經由卵巢組織切片觀察及成熟度判定，顯示雌性吉打副葉鰩在 FL 達 179.8 mm 即有成熟魚出現。套用 Logistic 曲線公式，雌魚性成熟比率與 FL 關係式如下：

$$Pr = 1/(1 + e^{13.08-0.0659FL})$$

將 $Pr = 0.5$ 代入此關係式求得雌魚之 L_{m50} 為 198.4 mm (Fig. 4)。

六、孕卵數與單次產卵數

(一) 孕卵數 (F)

觀察組織切片結果，選取成熟期之卵巢 50 幅 (FL 介於 179.8 – 229.3 mm；BW 介於 85.28 – 214.91 g)，估計之 F 為 30,430 – 212,033 粒，平均 F 為 119,508 粒卵。

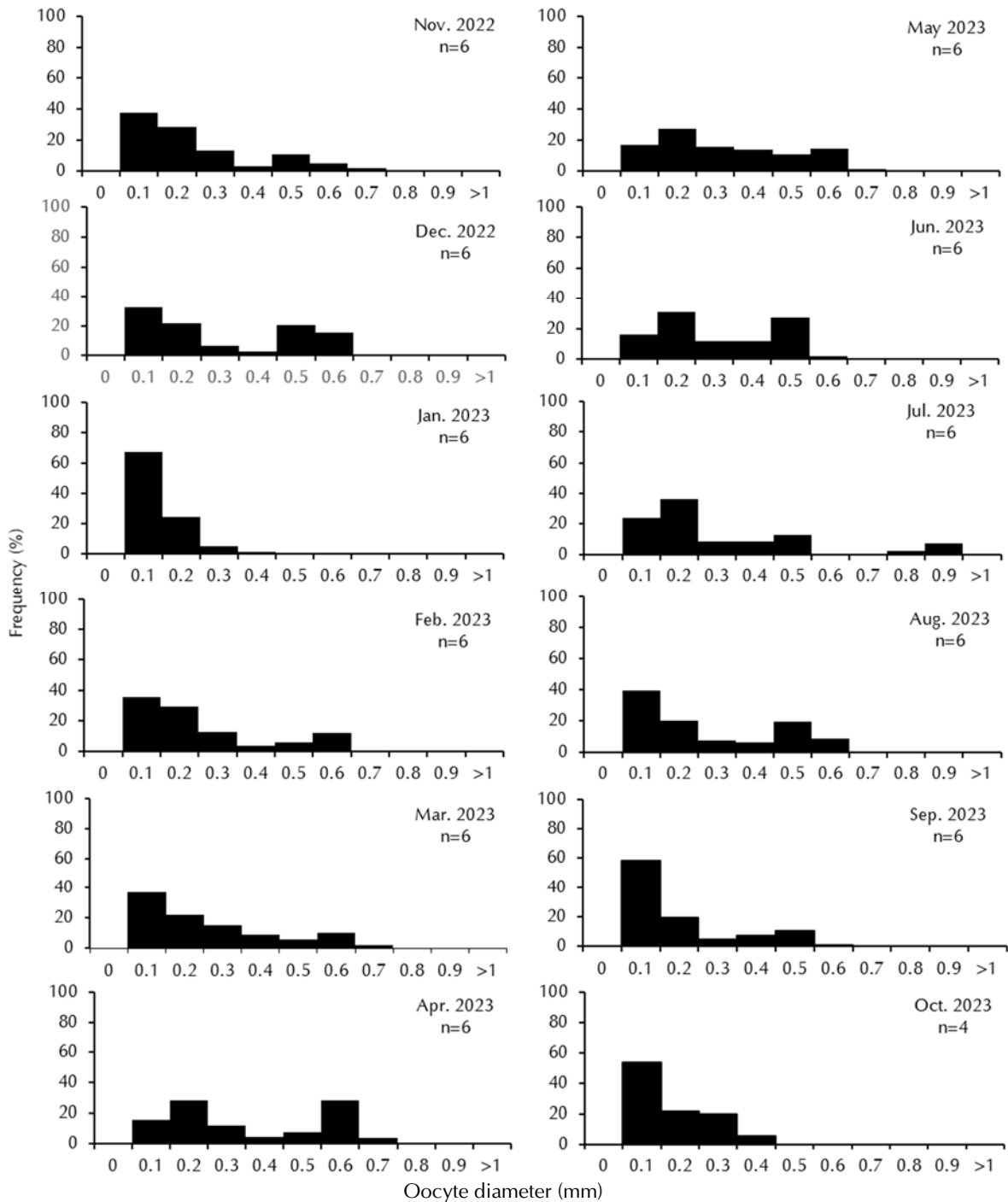


Fig. 5 Monthly frequency distribution of oocyte diameters for female *Alepes djedaba* collected from November 2022 to October 2023 in the southwestern waters off Taiwan.

(二) 單次產卵數 (BF)

選取 GSI 高峰期 2 - 7 月期間之雌魚 24 尾 (FL 介於 179.8 - 228.5 mm; BW 介於 85.28 - 192.62 g), 計算 BF 範圍為 12,435 - 74,560 粒卵, 平均 BF 為 37,037 粒卵。

七、卵徑大小月別變化

吉打副葉鰱之卵徑分布介於 0.10 - 1.04 mm 之間 (Fig. 5), 自 11 月起大於 0.54 mm 之卵粒已開始出現, 且 0.1 mm 卵徑比例較低, 大型卵徑之比率增加, 1 月後 0.1 mm 卵徑比例增加, 成熟卵比例減少, 2 月後大型卵徑之比率再次增加, 至 7

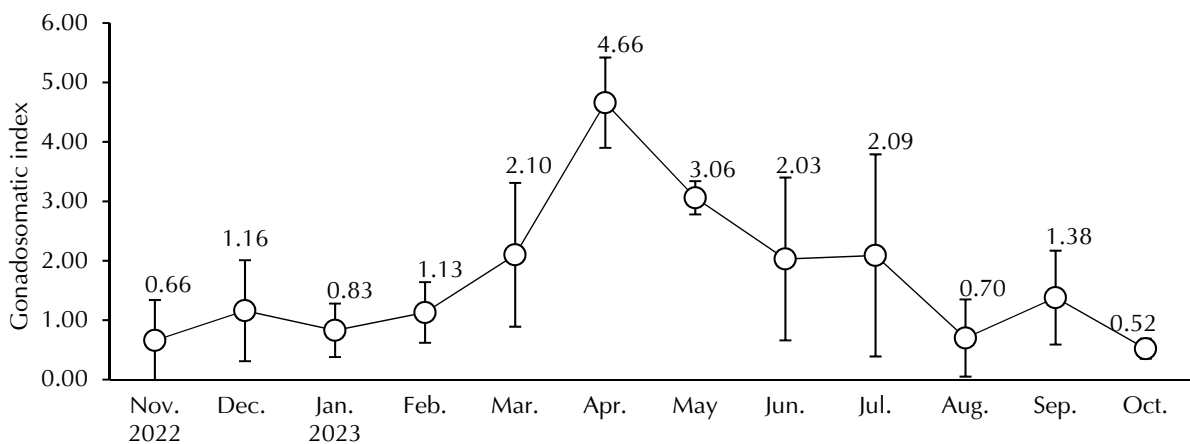


Fig. 6 Monthly frequency distribution of GSI for female *Alepes djedaba* ($n=311$) collected from November 2022 to October 2023 in the southwestern waters off Taiwan.

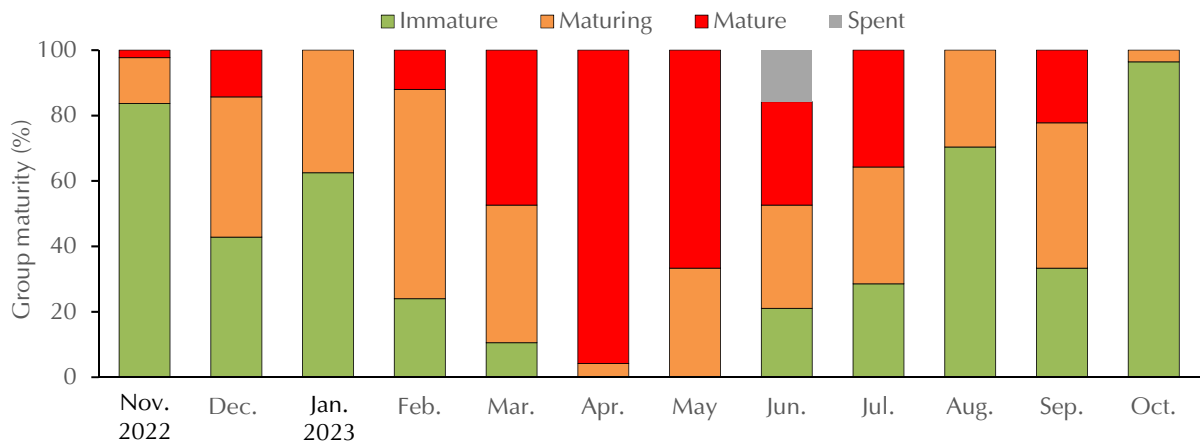


Fig. 7 Monthly variations in the proportion of ovarian maturation stages for female *Alepes djedaba* ($n=311$) collected from November 2022 to October 2023 in the southwestern waters off Taiwan.

月達高峰期，出現最大卵徑達 1.04 mm。而 8 月份後，此時卵徑大於 0.54 mm 之比例降低，小於 0.2 mm 比例增加。

八、GSI 與成熟度月別變化

雌魚 GSI 月別平均值介於 0.55 - 4.66，其值於 2022 年 11 月至 2023 年 2 月期間均低於 2；2023 年 3 - 7 月期間均高於 2，並於 4 月份達 4.66 為最高；2023 年 8 月之後再次下降至 2 以下 (Fig. 6)。

九、生殖期推估

吉打副葉鰩 GSI 在 4 - 5 月最高，達 3 以上，至 8 月時開始持續下降，至 10 月時降至約 0.52

(Fig. 6)。生殖腺成熟階段的月別變化顯示，2022 年 11 月至 2023 年 9 月期間除 1、8 及 10 月外，其他月份均有出現完熟期樣本，其中 2 - 7 月成熟魚所占比例最高 (Fig. 7)。綜合以上觀察，推估臺灣西南海域吉打副葉鰩之生殖期在 2 - 9 月，高峰為 4 - 7 月。

討 論

一、樣本體長組成

本研究所採得雌雄魚樣本體長範圍介於 135.2 - 247.5 mm，體重介於 38.0 - 242.7 g，然國內無吉打副葉鰩相關研究報告可供比較，生殖生物學分析研究更是闕如。Quayed *et al.* (2022) 於地中海西奈半島北海岸之研究利用耳石判讀吉打副

葉鱔年齡，不分性別進行 VBGE 成長參數估算，極限體長 (L_{∞}) 為 292.6 mm，成長係數 (K) 為 0.19，初始年齡 (t_0) 為 -1.99。吉打副葉鱔在當地的主要漁法為刺網，同樣有許多的網目大小，可捕捉底棲及洄游性魚類，另外一支釣、拖網及陷阱網也會漁獲，其漁法與臺灣的情況類似，因此，應無因作業漁法或網具差異所造成的採樣偏差。本研究採樣之最大個體體長為 247.5 mm (雄魚)，與 Quayed *et al.* (2022) 研究估計極限體長有差異，且該研究採獲最大個體為 269.0 mm (未述明性別)，略大於本研究樣本，可能因兩地海洋環境差異、漁獲壓力及作業漁法有所差異所致。

二、性比

吉打副葉鱔無法由外觀判斷性別，本研究利用組織學分析判斷該魚種之性別，結果顯示性比為 1 : 0.8 (M : F)。Bandkar *et al.* (2022) 於印度中西海岸之研究報告中顯示，吉打副葉鱔性比 1 : 0.85 (M:F) 與本研究相似。而 Osman *et al.* (2021) 在地中海沿岸之研究報告則指出，吉打副葉鱔之性比為 1 : 1.24 (M : F)，其研究報告顯示吉打副葉鱔的生殖週期明顯較長，可能因生殖週期長使得雌魚在族群中比例較高。其它海域的吉打副葉鱔也有類似的現象，例如 Quayed *et al.* (2022) 西奈半島北岸之研究的性比為 1 : 1.17。有關魚類之性比為何偏離 1 : 1 之假設，有許多可能的影響因子，例如雌雄同體 (hermaphroditism) 及性轉變的現象 (Young *et al.*, 1985)、雌雄魚存活率之差異 (Sadovy *et al.*, 1994)、雌雄魚體長別棲地利用的差異 (Heithaus, 2001; Kulbicki *et al.*, 2009) 及採樣漁法造成的差異 (Lehodey *et al.*, 1997)。

本研究中透過組織學方法並未發現同時具有精巢及卵巢之吉打副葉鱔個體存在，顯示臺灣西南海域之吉打副葉鱔並無雌雄同體之現象，與其它副葉鱔屬的研究結果相同。此外，本研究樣本主要來自拖網，每次採樣均可發現雌魚與雄魚，雌雄魚在體型上無明顯差異。因此在臺灣西南海域吉打副葉鱔是否存在棲地利用差異？是否刺網捕獲吉打副葉鱔之雌魚較多？由於目前缺乏來自刺網之樣本，無法排除雌雄魚可能因為體型大小差異而有棲息利用差異的現象。由於本研究並無

其成長率與死亡率之資訊，刺網漁法樣本不足，因此目前無法得知此兩因子對於性比之影響程度，尚待日後深加研究分析。

三、性成熟體長

生殖腺發育均為連續性之過程，故將其分為不同階段有一定的難度，尤其在性成熟階段時判定難度更高 (許, 2021)，故本研究除了觀察卵巢外觀，更配合組織學的方法來觀察生殖腺中卵母細胞的發育情形來進一步判斷魚體是否已達性成熟階段。目前國內針對吉打副葉鱔生殖生物學方面研究幾乎闕如，本研究估算臺灣西南海域吉打副葉鱔雌魚之最小性成熟體長為 179.8 mm，50%性成熟體長為 198.4 mm。Osman *et al.* (2021) 推估吉打副葉鱔雌魚最小性成熟體長為 167 mm，Sajana *et al.* (2019) 推估吉打副葉鱔雌魚最小性成熟體長為 174 mm 及 Quayed *et al.* (2022) 研究指出其 50%性成熟體長為 191 mm。前人研究推估之性成熟體長與本研究略有差異，可能是因為海洋地理環境差異大 (餌料、水溫、成長發育季節等) 或是判定成熟方式不同所致 (Jonsson *et al.*, 1991; Schaefer, 2001)。

四、生殖期及產卵類型

Sajana *et al.* (2019) 於印度南部海岸的研究指出該海域吉打副葉鱔生殖季節為 6 - 9 月，7 月為高峰生殖期，10 - 12 月為產後萎縮階段。Osman *et al.* (2021) 於埃及地中海研究報告顯示，4 - 11 月間均為生殖期，5 - 11 月為生殖高峰期，7 月至隔年 1 月為產後萎縮階段。

綜合本研究之生殖腺指數、卵徑等月別變動情形結果，推估臺灣西南海域吉打副葉鱔雌魚之產卵期有較長之現象，產卵盛期為 4 - 7 月。根據 Sajana *et al.* (2019) 研究中顯示印度南部海域之吉打副葉鱔雌魚 GSI 值於 7 月因卵巢排卵後開始萎縮因而下降，和本研究分析結果有些差異，可能因兩地海洋環境差異或作業漁法不同所致。

魚類的產卵模式根據卵細胞發育情形及排卵方式來判斷，一般可分為三種型式 (Nagahama, 1983; Murua and Saborido-Rey, 2003)：1. 完全同步型 (total synchronism)；2. 分批同步型 (group

synchronism)；3. 非同步型 (asynchronism)。第 2 型產卵類型最普遍，在產卵季時卵巢內至少可見兩群發育不同之卵粒，一群為當次產卵所排出的大群成熟卵，另一群則是為了下次排卵的未成熟卵，此類型魚種通常一年產卵一次，而一生可產許多次卵。Sajana *et al.* (2019) 亦指出吉打副葉鰩卵徑分布為多峰型，和本研究中卵徑之分布情形相似，再配合組織切片之觀察，與上述第 2 類型之特徵相符，故可判斷吉打副葉鰩是屬於生殖期長且一年產一次的分批同步型。

綜上所述，臺灣西南海域捕獲之吉打副葉鰩雄性個體比例略高於雌性個體，雌、雄魚之體長體重關係式有顯著差異，最小性成熟體長略高於印度南部海域及地中海沿岸海域分布之個體，其生殖特性屬長生殖期及分批同步型，主要生殖期為 2-9 月期間且高峰期為 4-7 月。

參考文獻

- 沈世傑, 李信徹, 邵廣昭, 莫顯蕎, 陳春暉, 陳哲聰 (1993) 臺灣魚類誌. 國立臺灣大學動物學系印行, 960 pp.
- 吳雅莉 (2009) 臺灣西南海域火誘網漁業漁獲組成及中上層魚類群聚結構之長期變動. 國立高雄海洋科技大學漁業生產與管理系 碩士論文, 58 pp.
- 林治瑜 (2017) 利用生產力與敏感性分析進行臺灣東部海域漁業資源之生態風險評估. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系 碩士論文, 92 pp.
- 林智文 (2007) 臺灣西南沿海產尖尾海鯽之生殖生物學研究. 國立高雄海洋科技大學漁業生產與管理系 碩士論文, 84 pp.
- 許紅虹, 張芸甄, 江偉全, 蔡富元, 吳瑞賢, 何源興 (2021) 臺灣東部海域正鰹之性比與性成熟研究. 水產研究, 29 (1): 1-14.
- 翁進興 (2003) 澎湖海域日本銀帶鯉之生殖生物學研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系 碩士論文, 85 pp.
- 張晉嘉 (2008) 漁業開發對臺灣東北龜山島海域產黑鰻生活史參數之影響評估. 國立臺灣海洋大學海洋事務與資源管理研究所 碩士論文, 89 pp.
- 臺灣魚類資料庫 (2024) <https://fishdb.sinica.edu.tw/chi/species.php?id=381904>.
- 蕭琍婷 (2014) 臺灣西南海域黑鰻之生殖生物學研究. 國立高雄海洋科技大學漁業生產與管理研究所 碩士論文, 74 pp.
- 羅盛鋒 (2017) 新竹附近海域刺網漁業漁獲組成季節變動及其漁況與月齡之關係. 國立高雄海洋科技大學漁業生產與管理研究所 碩士論文, 90 pp.
- 羅舜仁 (2010) 臺灣西南海域產小鰭鰻魚之生殖生物學研究. 國立高雄海洋科技大學漁業生產與管理系 碩士論文, 81 pp.
- Armas, R. G., K. T. Alexander and H. H. Agustin (2006) Evidence of billfish reproduction in the southern Gulf of California, Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, 79: 705-717.
- Artüz, M. L. and S. Tuncer (2017). On the association of carangid juveniles, *Alepes djedaba*, with the jellyfish *Rhizostoma pulmo*. *Cybium*, 41: 69-71.
- Bandkar, D. S., V. H. Nirmale, U. R. Gurjar, S. Y. Metar, R. A. Pawar and N. D. Chogale (2022). Reproductive biology and feeding dynamics of the shrimp scad *Alepes djedaba* (Forsskal, 1775) from Ratnagiri, central west coast of India. *Indian J. Fish.*, 69 (1): 37-44.
- Heithaus, M. R. (2001) The biology of tiger sharks, *Galeocerdo cuvier*, in Shark Bay, western Australia: sex ratio, size distribution, diet, and seasonal changes in catch rates. *Environ. Biol. Fish.*, 61: 25-36.
- Jonsson, N., B. Jonsson and L. P. Hansen (1991) Energetic cost of spawning of male and female Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *J. Fish Biol.*, 39: 739-744.
- King, M. (1995) Fisheries Biology, Assessment and Management. Oxford: Fishing News Book; Blackwell Science, Cambridge, Mass. Distributors, 341 pp.
- Kulbicki, M., E. Morzie and L. Wantiez (2009) Synopsis of the biology and ecology of *Pomadasys argenteus* (Haemulidae) in New Caledonia. *Cybium*, 33: 45-59.
- Lee, C. F., K. M. Liu, W. C. Su and C. C. Wu (2005) Reproductive biology of the common ponyfish *Leiognathus equulus* in the south-western waters off Taiwan. *Fish. Sci.*, 71 (3): 551-562.
- Lehodey, P., R. Grandperrin and P. Marchal (1997) Reproductive biology and ecology of a deep-demersal fish, alfonso *Beryx splendens*, over the seamounts off New Caledonia. *Mar. Biol.*, 128: 17-27.
- Murua, H. and F. Saborido-Rey (2003) Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 33:23-31.
- Nagahama, Y. (1983) The functional morphology of teleost gonads. In *Fish Physiology: Vol. IX Reproduction* (W. S. Hoar, D. J. Randall and E. M.

- Donaldson eds.), Acad. Press, New York, 223-275.
- Osman, H. M., E. A. Abo Eleneen, M. H. Bahnasawy and A. A. El Ganainy (2021) Reproductive biology of the Lessepsian migrant shrimp scad *Alepes djedaba* (Forsskal, 1775) from the Egyptian Mediterranean Sea coast. Egypt. J. Aquat. Biol. Fish., 25(4): 401-415.
- Quayed, W., G. Hassanen, M. Ahmed and A. ElAiatt (2022) Some biological aspects of shrimp scad, *Alepes djedaba* (Forsskal, 1775) landing at north coast Sinai, Mediterranean sea, Egypt. Sinai J. Appl. Sci., 11(3): 463-476.
- Raje, S. G. (1993) Some aspects of biology of *Alepes djedaba* (Forsskal) from Vera val, Gujarat. Indian J. Fish., 40(3): 189-192.
- Sadovy, Y. (1994) Grouper stocks of the western central Atlantic: the need for management and management needs. Proc. Gulf Carib. Fisheries Inst., 43: 43-64.
- Sajana, N., S. B. Nandan and C. K. Radhakrishnan (2019) Feeding behaviour and reproductive biology of the shrimp scad *Alepes djedaba* (Forsskal, 1775) off Cochin coast, Kerala, south India. Indian J. Fish., 66(3): 32-40.
- Schaefer, K. M. (2001) Reproductive biology of tunas. In Tuna: Physiology, Ecology, and Evolution. (B. A. Block and E. D. Stevens, eds.), Academic Press, New York, 225-270 pp.
- Uosaki, K. and W. H. Bayliff (1999) A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1988-1992. Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., 21 (6): 275-439.
- Wu, C. C., W. C. Su, K. M. Liu, J. S. Weng and L. J. Wu (2012) Reproductive biology of the Japanese butterfish *Psenopsis anomala* in the south-western waters off Taiwan. J. Appl. Ichthyol., 28: 209-216.
- Young, P. C. and R. B. Martin (1985) Sex ratios and hermaphroditism in nemipterid fish from northern Australia. J. Fish Biol., 26(3): 273-287.

Reproductive Biology of the Shrimp Scad (*Alepes djedaba*) in the Southwestern Waters off Taiwan

Yu-Kai Chen, Yi-Shu Wu, Yang-Chi Lan* and Jih-Shing Weng

Coastal and Offshore Fishery Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The shrimp scad (*Alepes djedaba*) is one of the commercially important species caught by gillnet and bottom trawl fisheries in the southwestern waters off Taiwan. However, information on its reproductive biology remains limited. This study aimed to estimate the reproductive parameters of *A. djedaba* to support stock assessment and fishery management. From November 2022 to October 2023, a total of 687 specimens were collected from Dongshi, Mituo, and Keziliao fishing harbors. Among them, 311 were females and 376 were males, with a female proportion (sex ratio) of 0.45. Fork length (FL) and body weight (BW) ranged from 151.1 to 232.3 mm and 48.9 to 214.9 g for females, and 135.2 to 247.5 mm and 38.0 to 242.7 g for males, respectively. The length-weight relationships were $BW = 4.8 \times 10^{-6}FL^{3.22}$ for females and $BW = 3.9 \times 10^{-6}FL^{3.26}$ for males, showing a significant difference between sexes. Based on the fluctuation of the gonadosomatic index (GSI) and histological observations, the spawning season extended from February to September, with a peak from April to July. Fecundity (F) ranged from 30,430 to 212,033 oocytes, with an average of 119,508 oocytes. The estimated length at 50% maturity (L_{m50}) for females was 198.4 mm FL.

Key words: length at maturity, gonadosomatic index, spawning season, *Alepes djedaba*

*Correspondence: No. 6, Yugang N. 3rd Rd., Cianjhen District, Kaohsiung 80672, Taiwan. TEL: (07) 8218103 ext. 219; E-mail: yclan@mail.tfrin.gov.tw

東北角野生九孔資源現況調查及棲地移植之前導研究

金映玥* · 曾福生

農業部水產試驗所水產養殖組

摘要

本前導研究旨在針對東北角野生九孔 (*Haliotis diversicolor*) 資源之環境與遺傳現況，以及九孔棲地移植方法進行基線資料建立與初步架構測試，以作為後續研究設計之基礎與依據。2022 年夏季及 2023 年春季，分別於基隆市大武崙、新北市蝙蝠洞及濱海公路 82.5 K 處之 10 m 內沿岸進行潛水調查，並擇定其中一處 (A 地點) 作為試驗場地。2024 年調查結果顯示，A 地點大型海藻平均覆蓋率約為 10.22%，並受颱風及高水溫影響而有所波動；野生九孔平均個體數約 4.75 顆，密度約為 0.0038 顆/m²。以 3 組微衛星標記 (Microsatellite DNA / SSR) 進行遺傳分析，結果顯示野生族群 (WAB = WA & WB) 具有較高的等位基因數 (N_a) 與有效等位基因數 (N_e)，群內遺傳多樣性亦偏高 (平均期望雜合度 $H_e = 0.934$)，略高於養殖九孔 C108 品系 ($H_e = 0.929$)。然而，WAB 呈現顯著的雜合型缺失 ($F_{is} = 0.72$)，其程度亦高於 C108 ($F_{is} = 0.43$)，推測可能受到族群瓶頸效應與小族群規模下遺傳漂變影響；此外，因九孔屬底棲性物種，浮游期短且幼生擴散能力有限，導致族群內基因交流受限，進而造成遺傳同質性上升，可能對族群適應力與長期存續帶來不利影響。族群間遺傳分化結果顯示，兩採樣地點的野生族群 (WA 與 WB) 之分化程度低 ($F_{st} = 0.025$, $N_m = 10.01$)，而野生族群 (WAB) 與養殖群 (C108) 之間亦僅呈現微弱分化 ($F_{st} = 0.017$, $N_m = 15.12$)，此現象可能歸因於 C108 育成過程中曾引入野生親本進行雜交，使族群間仍維持一定程度之基因交流。此外，本研究於 2023 年及 2024 年於 A 地點執行小規模九孔棲地移植試驗，建立移植前、中、後之標準操作流程。初步結果顯示，在歷經 5 次颱風影響後，2023 年仍回捕到少量移植個體，回捕率約為 3.9%，且可依據個體新生成之殼色區分其成長變化。本研究初步揭示 A 地點野生九孔資源及遺傳現況資料，並提供實地觀察與棲地移植操作經驗，為後續研究、長期追蹤及資源復育奠定基礎。

關鍵詞：野生九孔、資源調查、分子標記、棲地移植

前言

臺灣曾有九孔王國的美名，主要養殖的種類為鮑螺屬 (*Haliotis*) 下的九孔 (*Haliotis diversicolor*) (small abalone)，又稱臺灣鮑魚，然而 2002 年起九孔陸續發生落苗及大量死亡情形，導致九孔產業一蹶不振 (杜等, 2003; 曾等, 2008)，部分業者寄望藉由野生九孔來改善養殖貝的種原，但囿於野生資源稀少 (李, 2001; 林, 2001)，且無法有效保種而難以持續。此外，檢視臺灣傳統九孔養

殖模式，養殖的幼貝主要是由業者從自家養殖場中，選取成長快及外型佳者做為種貝後繁育產生，缺乏有效的配種策略，長期慣性操作下易造成養殖九孔瓶頸效應 (genetic bottleneck) 與遺傳漂變 (genetic drift)，進而逐年降低九孔遺傳多樣性，影響產業發展 (曾等, 2008; 杜等, 2015)。

另一方面，儘管國內的野生九孔資源因長期過度採捕致數量稀少 (曾與劉, 1988; 林, 2001; 辜, 2002)，當前野外資源現況仍缺乏系統性調查資料。鮑螺屬的生物多棲息於水淺的岩礁海岸 (Sanders and Beinssen, 1998)，且為移動緩慢的腹足綱生物，有些棲息在潮間帶，容易成為過度採捕的對象 (Lebata-Ramos *et al.*, 2013)。九孔為我國漁業法劃定之「漁業資源保育區」的保護對象，然而保

*通訊作者 / 基隆市和一路號, TEL: (02) 2462-2101 轉 2820; FAX: (02) 2462-8138; E-mail: yychin@mail.tfrin.gov.tw

育區劃設年代久遠，長期缺乏有效保育作為與資源監測，更遑論導入科學管理策略。

為因應上述資源衰退問題，除了劃設保育區，以養殖為基礎進行漁業資源改善方法 (Aquaculture-based fisheries enhancement or supplementation aquaculture)，例如設置人工魚礁或資源放流，被廣泛作為增裕或重建漁業資源的管理手段 (Davis, 1995; Bell *et al.*, 2005; Lorenzen, 2008; Habtemariam *et al.*, 2015)。許多國家早期即進行大規模放流養殖物種以改善枯竭的漁業資源 (Kitada, 2018)，臺灣因養殖技術的發展也實施了逾 20 年的資源增裕放流 (Liao, 1997; Liao *et al.*, 2003)。為恢復九孔天然族群量，全臺各地陸續實施大規模放流活動，惟放流成效缺乏科學實證 (郭, 1999)。國內早期研究顯示，放流九孔的活存率偏低，可能受放流九孔的大小、品質、放流密度、放流方式、海底底質、棲地隱蔽程度、藻相、溶氧、掠食者及競爭者等多種因素影響 (曾與劉, 1988; 郭, 1999; 林, 2001; 李, 2001; 辜, 2002)。而近年有研究提出利用人工餌料產生殼色標記追蹤放流九孔，並透過潛水施放與回捕估算存活率之初步概念 (Lee *et al.*, 2019)。

然而，除了放流成效問題外，許多研究指出放流操作可能帶來遺傳風險，特別是長期放流大量遺傳背景不明的九孔至野外環境，此風險更為顯著，尤其是多數放流個體來自養殖場，可能因慣行的親貝選擇方式與反覆近親交配而導致遺傳變異降低。若此類來源單一的個體大量釋放至自然族群中，可能造成基因滲入 (gene introgression)，使野生族群遺傳多樣性下降、趨於同質化，甚至取代原有在地適應性基因 (Li *et al.*, 2004; Gaffney, 2006; Hara and Sekino, 2007; Araki *et al.*, 2009; An *et al.*, 2011; Habtemariam *et al.*, 2015; Kitada, 2018; Dimond *et al.*, 2022; Chang *et al.*, 2024)。此外，放流亦可能造成族群混合，使族群結構辨識度降低，增加後續親本管理與資源評估難度。

因此，進行九孔資源復育的管理策略之前，建立野生族群的資源現況與遺傳背景資訊至為重要。本研究針對東北角地區之野生九孔進行實地潛水調查與遺傳分析，並於自然棲地執行小規模棲地移植試驗，建立初步的操作流程與資料架構。研究目標在於建立野生九孔資源現況與遺傳背景

基礎資訊，及測試棲地移植方式之可行性與操作經驗，以作為後續擴大規模、長期監測與資源管理策略擬定之參考依據

材料與方法

一、調查野生九孔潛在地點

本研究先於 2022 年夏季及 2023 年春季期間，在基隆市大武崙至新北市鼻頭角沿岸的海域範圍，排除鄰近九孔養殖場及九孔放流的地點後，選擇 3 個地點以水肺潛水技術找尋野生九孔，包含基隆市大武崙、新北市蝙蝠洞及濱海公路 82.5 K 處之 10 m 內沿岸 (Fig. 1)，而考量其中一個地點有較穩定的野生九孔族群，且周邊無九孔養殖海底池及近年無任何官方放流紀錄，並再次執行潛水調查，仔細確認該地點沒有帶綠殼色的養殖九孔後，將該地點列為本研究實驗地點；而考量九孔為保育對象及避免有心人士採捕，將該地點以 A 地點代稱。

二、潛水調查

(一) 大型藻類覆蓋度調查

視天氣及海況許可下，定期於 A 地點佈放垂直海岸共 3 條 20 m 穿越線，並沿著穿越線兩側 1 m 內使用 50 × 50 cm 的採樣框拍照記錄出現的大型海藻，參考藻類圖鑑辨識海藻種類，並計算樣框中藻類相對覆蓋的等級，再換算平均覆蓋率。

(二) 野生九孔調查

考量九孔喜好躲避鵝卵石底部之天性，本研究原以沿著穿越線兩側找尋九孔，改以同心圓方式，於 A 地點中鎖定有礁石及鵝卵石的範圍，從其中心點逐步往外擴散找尋野生九孔，提高尋獲效率與擴大調查範圍。另因應遺傳分析需求，本研究業經當地政府同意採集少量的野生九孔樣本供研究調查之用，本研究共採集 40 顆野生九孔，其中 18 顆採自 A 地點 (WA)，另考量野生九孔資源珍貴並分散對該資源的採捕壓力，另於距離 A 地點約 2 公里處 (代號 B 地點) 由本研究同組潛水人員採集 22 顆樣本 (WB)。

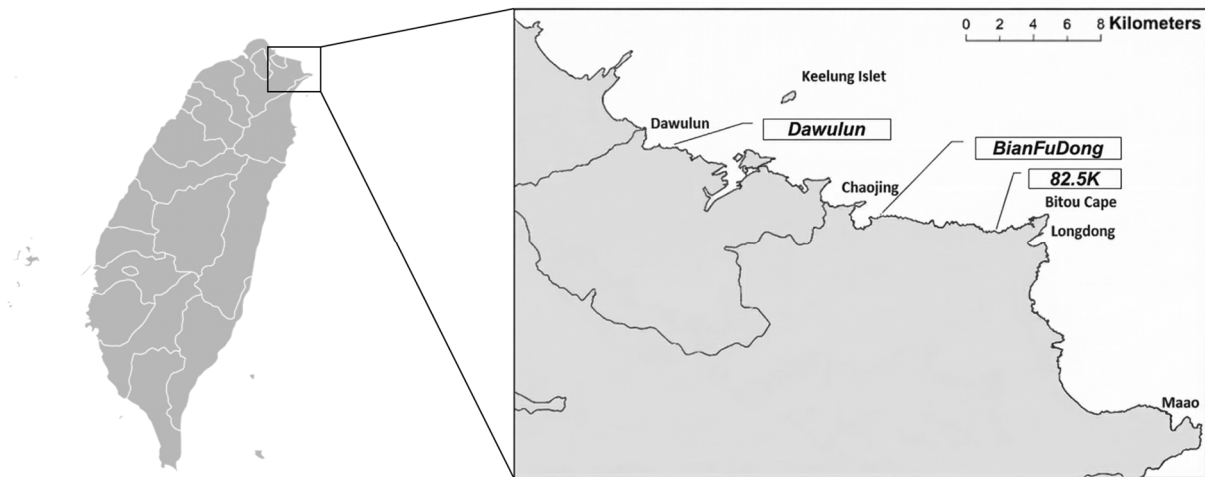


Fig. 1 Survey sites included Dawulun, Bat Cave (Bianfudong), and 82.5K (Northern Coastal Highway), all situated between Dawulun and Bitou Cape. One location was selected as the primary experimental site and designated as Site A to prevent illegal harvesting. Areas with documented seeding or aquaculture activities (e.g., Keelung Islet, Chaojing, Longdong, and Ma’ao) were excluded from this study.

Table 1 Characteristics of the three microsatellite loci used in *Haliotis diversicolor* (all with an annealing temperature $T_m = 65^\circ\text{C}$)

Locus	Repeat motif	Primer sequence (5'-3')	GenBank accession number
GT5	(TG) <i>n</i>	F: ACAAACTCACACGCCTTACACGGCCA R: TGGGGTTGGATATAATGGCAATGTCC	
GA24	(TC) <i>n</i> (AC) <i>n</i>	F: AGGGAACCGAGCTAGCACCTTA R: GTTCACTTCTCTGAAACCTCTGT	PV796470*
GAG02	(TGAG) <i>n</i>	F: AGTTCTAGCCCTCAGCCCAG R: TCCAGTGAACAGCATGAGCATC	PV796468*

*Registered in this study.

三、遺傳背景分析

(一) 分子標記與樣本來源

鑑於國內早期尚缺乏針對九孔所開發之微衛星分子標記 (Microsatellite DNA/SSR)，本研究遂利用業者於 2007 至 2008 年間引進來自日本地區的九孔 (*H. diversicolor*) 樣本建立基因文庫，進行 SSR 標記開發，並以國立臺灣海洋大學後續引進來自日本地區的九孔進行驗證。本研究初期以所開發之 11 組 SSR 標記針對少量野生九孔樣本及養殖九孔 108 品系 (C108) 進行預試驗，並篩選出訊號穩定且具有等位基因變異之 3 組 SSR 標記，並進一步確認其 PCR 擴增最適化條件 (Table 1)，針對 18 顆 WA、22 顆 WB 與 34 顆 C108 品系第三代及第四代雜交子代 (F3 & F4) (作為野生族群的參照群) 進行體基

因組萃取與後續分析比對。C108 雜交親本是國立臺灣海洋大學與本研究團隊於 2019 年 (民國 108) 年使用基隆嶼野生九孔與養殖九孔雜交而來，第一代雜交子代為 F1，接續自交產生第二代雜交子代為 F2，以此類推。

(二) 體基因組 DNA (gDNA) 萃取

取約 0.1 g 九孔組織，加入 500 μL lysis buffer 與 25 μL Proteinase K，充分混合後置於 55 $^\circ\text{C}$ 水浴槽進行裂解。待組織完全分解後加入等體積 phenol/chloroform，充分混合後以 13,000 \times g、4 $^\circ\text{C}$ 離心 10 min，取上清液並加入 6 倍體積無水乙醇混合，使 DNA 沉澱，置於 -80 $^\circ\text{C}$ 靜置過夜。翌日以 13,000 \times g、4 $^\circ\text{C}$ 離心 30 min 回收 DNA 沉澱，加入 70% 乙醇洗滌後再次離心，移除上清液並於室溫下

陰乾，最後以適量 TE buffer 溶解 DNA。DNA 濃度與純度以分光光度計測定 A260/A280 比值，並只使用比值介於 1.8 - 2.0 之良好純度的 DNA 進行定量與後續 PCR 擴增分析。

(三) 聚合酶連鎖反應 (PCR) 反應條件

預熱 94°C，5 min 後，執行 31 個循環，每依次循環依序為變性 (denature) 94°C，45 sec；煉合 (annealing) 65°C，45 sec；延長 (elongation) 72°C，60 sec；最後於 72°C 延伸 10 min 使作用完全，擴增產物於 4°C 儲藏備用。

(四) 電泳及後續分析比對

PCR 產物以 8% 聚丙烯醯胺凝膠 (polyacrylamide gel) 進行電泳分離，染色後以紫外光顯影並拍照記錄。首先，根據既有的來自日本的九孔定序資料界定本研究微衛星標記目標擴增區域，並以 GeneTools 影像分析軟體 (version 4.3.10.0, Syngene, UK) 判讀目標區域的條帶長度。其次，每張膠片均上樣相同的對照樣本，以其穩定的等位基因作為跨膠片泳動速率與片段長度校正基準，確保片段解析的一致性。第三，參考微衛星標記分型判讀原則 (Pompanon *et al.*, 2005)，判讀訊號中次峰面積 (peak volume) 佔主峰面積 20% 以下者視為非真實的等位基因而排除。最後，為降低跨膠片泳動速率微小差異造成的片段長度漂移及假多態性，依各標記重複基序長度進行等位基因分群校正 (allelic binning correction)：二核苷酸重複序列標記採 ± 1 bp 分群範圍，四核苷酸重複序列標記採 ± 2 bp 分群範圍，落於同一分群範圍內之片段視為同一等位基因。

使用 GenAlEx 6.5 (Peakall and Smouse, 2012) 軟體分析 3 組 SSR 標記於野生及養殖九孔樣本的遺傳多樣性參數，包含等位基因數 (Number of alleles per locus, N_a)、有效等位基因數 (Number of effective alleles, N_e)、觀測雜合度 (observed heterozygosity, H_o)、期望雜合度 (expected heterozygosity, H_e)、近交指數 (F_{is})、遺傳分化指數 (F_{st})、基因流 (Nm)、哈溫平衡 (Hardy-Weinberg equilibrium, HWE) 卡方檢驗 p 值。

四、小型棲地移植測試

(一) 移植前準備

本研究使用 C108 (F3 & F4) 進行棲地移植測試，2023 年移植大小平均約 14.30 ± 0.36 mm；2024 年則平均約 15.73 ± 0.47 mm，飼養期間只餵食石蓴使九孔殼色形成翠綠色的餌料標記 (diet-tagged)，同時養殖缸布置瓦片供九孔躲藏與附著。飼養期間以冷水機控制水溫，並與 A 地點預計放流月份的海水溫度一致，此作法是為避免放流前後溫度驟變造成九孔緊迫或死亡。

(二) 九孔運送與施放

將附著於瓦片上的九孔放入網袋後，移置於佈置冰塊或冰袋 (須避免直接接觸九孔) 之保冷袋或保麗龍箱，並立刻運送至 A 地點，接續由潛水員小心將九孔連同瓦片攜帶至目標移植位置 (預先由潛水員利用水下座標及水下地貌確認移植點位)，緩慢將瓦片取出後 (避免九孔脫落)，放入礁石底部的岩縫間或是石塊構成之隱蔽空間，佈放後需留在原地觀察直到確認九孔有爬入陰暗處，並適當使用周邊石塊遮擋掩蔽移植的出入口，避免掠食者於潛水員離開後對九孔進行攻擊造成傷亡。

(三) 移植後追蹤監測

本研究分別於 2023 年及 2024 年 5 月少量移植 C108，接續在天氣及海況許可下，於每月中下旬由移植九孔的同一組潛水員下潛至放流點位翻動石塊或確認礁石縫隙，尋找是否有本研究移植的九孔，若有所獲即拍照記錄其大小及周邊環境特徵，並將回捕的九孔放回原處

結果與討論

一、確認實驗地點

依據農業部漁業署水產動物放流申請網站統計資料，基隆市沿近海域歷年來曾有放流養殖九孔記錄地點主要為中正區潮境保育區及基隆嶼附近海域，新北市則以貢寮區卯澳灣及其附近海域為養殖九孔放流熱點，同時自新北市貢寮區龍洞灣起至卯澳灣一帶有許多九孔海底養殖池，爰此，為增加

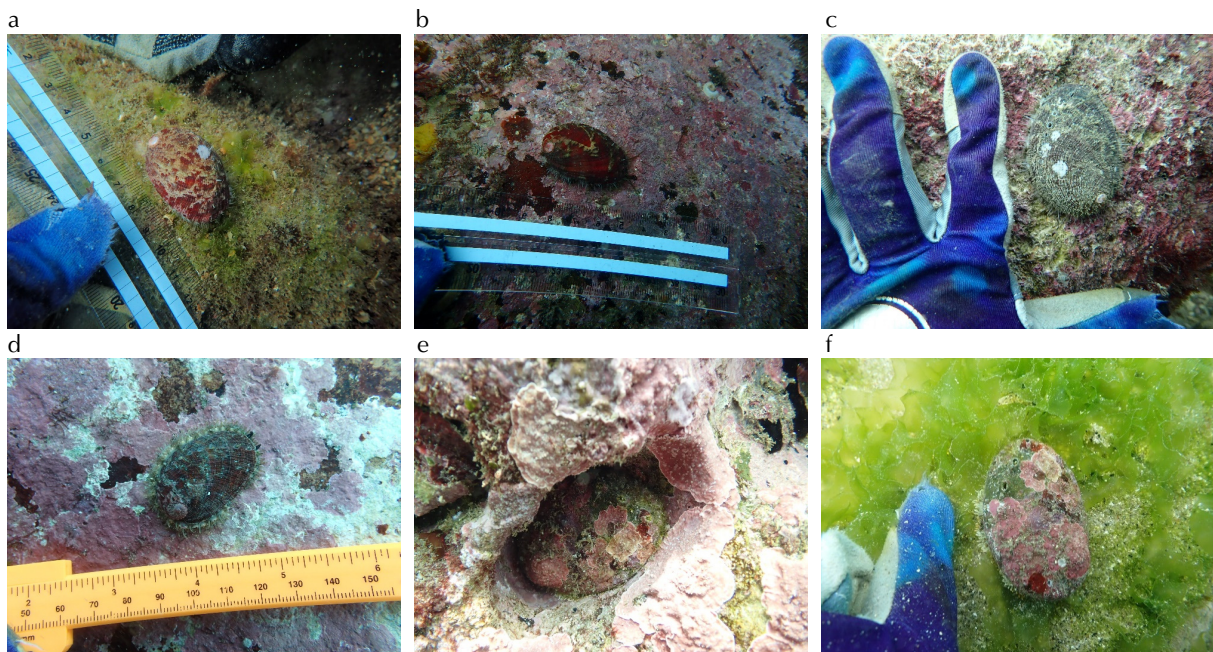


Fig. 2 Photos of wild small abalone (*Haliotis diversicolor*) and rock abalone (*Haliotis* sp.). (a – d) Wild small abalone exhibiting various shell colors and patterns; (e – f) rock abalone residing in rock pits excavated by sea urchins.

採捕到野生九孔機率，本研究排除前揭九孔放流熱點及有九孔海底養殖池之地點，於基隆市大武崙、新北市蝙蝠洞及濱海公路 82.5 K 處之 10 m 內沿岸潛水調查找尋野生九孔。而陸續採集到零星的野生九孔，殼色偏棗紅色或深褐色，並呈現不規則分布（九孔養殖業者俗稱為閃電紋），且個體間顏色分布亦有明顯差異 (Fig. 2a – d)，此殼色型態明顯有別於養殖九孔，業者飼養九孔幼苗時常餵食人工飼料或石蓴，使養殖九孔幼苗殼色呈翠綠色，且因餌料較為單一致殼色分布也較為一致。儘管本研究已盡可能避開放流熱點與養殖九孔海底池區域進行採樣，並觀察到所採個體多具棗紅色或深褐色殼色等野生特徵，惟仍無法完全排除部分個體可能為歷年放流個體之後代，或已與當地野生族群產生基因混合的可能性，故仍有待後續擴大樣本與遺傳結構分析以釐清其來源與族群歸屬。

另，本研究於採捕地點亦有發現零星的一種貝類，外觀與野生九孔相似，但其主要定棲於海膽鑿穿的洞穴中，根據當地海女表示該種貝類俗稱石孔 (Fig. 2e – f)，偶爾會被當地居民撿拾食用，但近年數量亦已明顯減少。根據臺灣貝類資料庫顯示，本研究發現的石孔可能是鮑螺屬下的瘤鮑螺 (*H. varia*)，未來倘有尋獲更多樣本，可採用形態特徵及分子標記方法進行種類鑑定。鑑於基隆

市大武崙、新北市蝙蝠洞及濱海公路 82.5K 處之 10 m 內沿岸 3 個地點中的 1 個地點 (考量九孔為保育對象，本研究主要實驗地點先以 A 地點標示之) 發現較多的野生九孔個體，且發現的野生九孔最小個體僅有 14.22 mm，最大個體約 84.37 mm，推測該地點應有穩定的野生九孔族群，且該地點藻相豐富且礁石間佈滿大小不一之石塊，常有碎浪衝擊故海水溶氧充足，具備九孔喜好的棲地特性，同時基於九孔殼色與餌料有關，養殖九孔苗殼色多為翠綠色，故本研究再次針對 A 地點進行多次潛水調查，確認該地點沒有帶翠綠色之九孔後，將該地點列為本研究主要試驗地點。

二、A 地點野生九孔族群及環境調查

本研究於 A 地點 2 – 10 m 水深內主要觀察與記錄到的大型海藻包括石蓴屬 (*Ulva* spp.)、優美石花菜 (*Gelidium elegans*)、翼枝菜 (*Pterocladia capillacea*)、小海帶 (*Petalonia binghamiae*)、蘇氏海木耳 (*Sarcodia suae*)、錯綜麒麟菜 (*Eucheuma perplexum*) 及冬青葉馬尾藻 (*Sargassum ilicifolium*) 等。根據統計結果顯示 2024 年 5 月 26 日大型海藻覆蓋率為 13.75%，6 月 29 日為 24.79%，經歷強颱風凱米 (7 月下旬宜蘭登陸) 劇烈影響，8 月 4 日大型海藻覆蓋率驟降至 1.51%，且 9 月 1 日

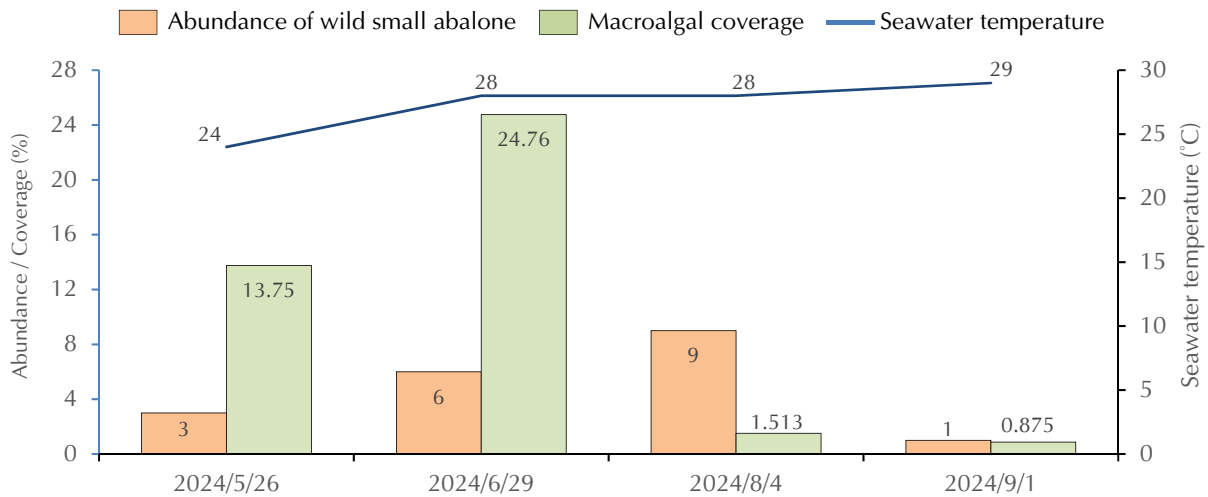


Fig. 3 Variations in seawater temperature, macroalgal coverage, and the abundance of wild small abalone (*Haliotis diversicolor*) observed at Site A from May to September 2024.

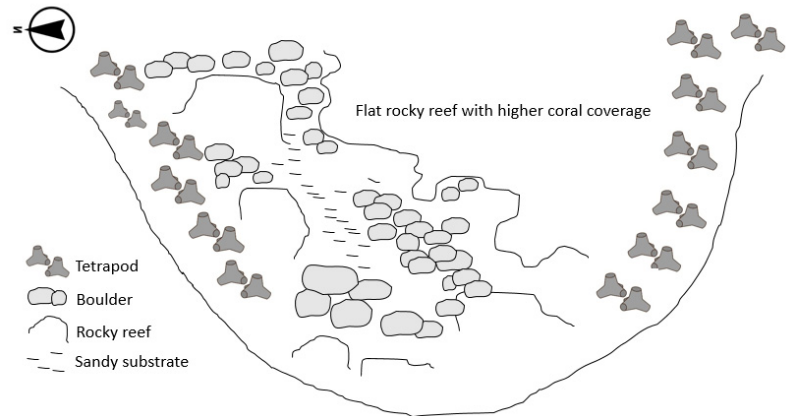


Fig. 4 Schematic diagram of the underwater environment at Site A.

水溫已達 29°C，多數海藻枯萎白化，覆蓋率低至僅 0.88% (Fig. 3)。同時 8 月 4 日及 9 月 1 日皆記錄到水下底棲環境被泥沙及枯枝覆蓋嚴重，岸邊亦有大量海漂垃圾、漂流木及蚵棚架，另外亦發現水母及石蟻大量出現於該調查海域等異常情況。於 2024 年的水下調查期間（計 4 次調查）共尋獲 19 顆野生九孔 (Fig. 3)，平均 4.75 顆/次，值得注意的是，於強颱風米侵臺後，8 月 4 日反而尋獲了 9 顆野生九孔，是該調查期間最高數量，是否是因為颱風過境，造成九孔隨石塊被海浪翻動易位，使其尋獲率提高，仍有待後續的觀察資料與驗證。

A 地點海域範圍約 15,000 m²，主要調查範圍為礁石及石塊交錯區域 (Fig. 4)，約為 5,000 m²，以 2024 年水下調查期間共尋獲 19 顆野生九孔計算，密度為 0.0038 顆/m²；另據其他研究團隊於 2024 年的座談會分享，他們曾在 A 地點附近水域進行 1 次的野生九孔調查，並無發現野生九孔，該

團隊推測可能是野生九孔數量稀少，或是隱蔽性高難以被發現。綜合本研究 2023 - 2024 年實地水下調查經驗，野生九孔喜好躲避靠近礁石之石頭下方，具藏匿習性，沿著穿越線調查可能會遺漏部分個體，因此本研究建議，調查野生九孔的方式應可由穿越線法改成在石塊區域以同心圓方式翻動石塊找尋，可提升尋獲效率。

三、野生九孔及參照群之養殖九孔 108 品系遺傳多樣性與分化分析

本研究以三組 SSR 分析野生九孔族群 (WAB = WA & WB) 與養殖九孔 108 品系 (C108)，以評估兩族群之遺傳多樣性及族群結構 (Table 2)。分析結果顯示，WAB 之等位基因數 ($N_a = 24.66$) 與有效等位基因數 ($N_e = 16.821$) 皆高於 C108 ($N_a = 22.667$; $N_e = 14.685$)，顯示野

生族群保有更高的等位基因豐富度與基因型變異潛力。此外，期望雜合度 (He) 亦呈現一致趨勢，WAB 的平均 He 為 0.934，略高於 C108 之 0.929，顯示兩群體皆維持高度遺傳多樣性。然而，觀察雜合度 (Ho) 在 WAB 中僅為 0.264，顯著低於 C108 之 0.532，導致 WAB 出現較高的近交係數 ($Fis = 0.72$)，顯示其族群內存在明顯的雜合型缺失 (heterozygote deficiency) 現象，而 C108 亦有雜合型缺失及近親情形 ($Fis = 0.427$)。進一步分析 HWE，三組 SSR 標記於兩群體中皆顯著偏離 HWE ($p < 0.001$)，顯示族群結構可能受非隨機交配、族群次結構或族群瓶頸效應影響。

WAB 族群高 He 但低 Ho 的遺傳結構型態，反映 WAB 族群雖具有遺傳多樣性，但族群內基因型組成已出現不平衡現象。此結果與鮑螺屬物種之生活史與遺傳特徵一致。鮑螺屬為底棲性物種，幼生浮游期短且擴散能力侷限，容易形成區域性族群結構 (fine-scale population structure)，進而導致族群內有限交配，使雜合型比例降低 (Huang *et al.*, 2000)。此外，若族群歷經密度下降或採捕壓力，亦可能造成族群瓶頸效應並加速遺傳漂變，進一步導致雜合型缺失，因而降低適應力及遺傳多樣性。該現象已在其他鮑魚相關研究中被報導，例如 Hara and Kikuchi (1992) 在皺紋盤鮑 (*H. discus hannai*) 所有自然族群中皆觀察到雜合型缺失的現象。任意兩個取樣地點之間於至少一個基因座上呈現顯著的基因頻率差異，顯示各地族群具有彼此獨立的繁殖結構。而 Huang *et al.* (2000) 分析澳洲的黑唇鮑 (*H. rubra*) 時亦指出地理隔離與繁殖季節不同步可能限制鮑魚族群間基因交流，導致 HWE 偏離與雜合型缺失。本研究 WAB 族群同樣呈現雜合型缺失的遺傳現象，推測除了源於其底棲生態與幼生擴散距離有限等生活史特徵外，亦可能反映該族群近年在資源銳減下，已出現遺傳多樣性流失的徵兆，若未進行長期監測與適當的遺傳管理，未來可能面臨遺傳瓶頸加劇或近交衰退 (inbreeding depression) 之風險。

在族群分化方面，WA 與 WB 兩野生族群間的 Fst 值為 0.025，小於 0.05，顯示兩群之間僅具微小的遺傳分化 (Table 3)。同時，兩者之間的基因流 (Nm) 達 10.01 (Table 3)，顯示兩群之間仍維持高度基因交流。儘管兩地點採樣距離僅 2 公里，

微弱的遺傳分化仍可能反映微棲地差異或局部環境選汰造成的區域性遺傳變異累積，而未形成明顯的遺傳隔離。類似的現象亦見於塔斯馬尼亞的黑唇鮑 (*H. rubra*)，Temby *et al.* (2007) 以 SSR 標記進行分析指出，即使是距離僅 100 m 的樣點之間，仍可能檢測到微量的遺傳分化 ($Fst = 0.021$)，顯示鮑魚族群具有局部性或小尺度的遺傳結構特徵。本研究 WA 與 WB 的結果與此趨勢一致，推測兩地族群間可能存在持續但具區域限制的基因交流。然而，前為減少對野生九孔同一地點的採集壓力，致 WA 及 WB 的樣本數皆未達 30 顆，分析結果之代表性可能不足，未來應提升樣本數及標記數，並納入距離更遠或是有地理阻隔的野生樣本，進一步釐清東北角野生九孔是否有因基因流動限制、地理複雜度或生殖季節不同步等因素，產生潛在的遺傳分化。另，比較 WAB 野生族群與 C108 養殖族群之遺傳分化，結果顯示 Fst 為 0.017， Nm 為 15.12 (Table 3)，顯示兩者間為低度遺傳分化與維持高度基因交流。此結果推測與 C108 品系育成過程曾引入基隆嶼野生九孔親本進行雜交有關，使養殖族群與野生群之間保留部分遺傳連結。然而，長期人工馴化與選育仍可能逐漸使養殖族群產生基因型偏移，顯示持續監測養殖品系與野生族群間之遺傳關係具有重要意義。

綜合上述結果，野生九孔族群雖保有一定程度的等位基因豐富度，但觀察雜合度偏低，顯示族群內基因交流受限，遺傳同質性逐漸上升，使遺傳變異的有效利用度下降。此型態常見於族群規模縮小或幼生擴散能力有限的底棲性物種，為族群遺傳健全性下降的早期警訊，需進一步監測與管理。另一方面，野生與養殖族群之遺傳差異尚不顯著，顯示未來進行棲地移植或增殖放流前應謹慎評估遺傳相容性與族群來源，以避免潛在基因汙染並維持野生族群遺傳多樣性。

本研究將持續優化分子標記，擴大標記數量與野生九孔樣本數，並納入地理距離更遠的族群進行遺傳多樣性分析。同時，針對具遺傳差異性的片段進行基因選殖、定序與質體保存，建立序列資料庫，作為未來追蹤野外個體血緣關係與雜交背景之依據。未來若需對 A 地點進行資源增裕，建議參考國內外提出之原則 (Li *et al.*, 2004; Gaffney, 2006; Hara and Sekino, 2007; Araki *et al.*,

Table 2 Summary of genetic variability between WAB and C108 populations

Population (N)	Parameter	GT5	GA24	GAG02	Mean
WAB N = 40	R	366 – 453	361 – 454	324 – 460	-
	Na	35	22	17	24.66
	Ne	25.197	12.96	12.305	16.821
	Ho	0.475	0.167	0.152	0.264
	He	0.960	0.923	0.919	0.934
	Fis	0.505	0.819	0.835	0.720***
C108 N = 34	R	384 – 466	398 – 460	336 – 476	-
	Na	26	20	22	22.667
	Ne	17.126	10.804	16.126	14.685
	Ho	0.441	0.500	0.656	0.532
	He	0.942	0.907	0.938	0.929
	Fis	0.531	0.449	0.300	0.427***

R: allelic size range; Na: number of alleles per locus; Ne: number of effective alleles; Ho: observed heterozygosity; He: expected heterozygosity; Fis: fixation index; P: probability value of Hardy–Weinberg equilibrium (HWE). Asterisks (***) indicate significant deviation from HWE ($P < 0.001$).

Table 3 Summary of genetic differentiation and gene flow between population pairs

Population comparison	Parameters	GT5	GA24	GAG02	Mean
WA compared with WB	Fst	0.021	0.023	0.03	0.025
	Nm	11.5	10.52	8.02	10.01
WAB compared with C108	Fst	0.013	0.019	0.017	0.017
	Nm	18.63	12.69	14.04	15.12

Fst: fixation index among populations; Nm: gene flow estimated from $Fst = 0.25 (1 - Fst) / Fst$

2009; An *et al.*, 2011; Habtemariam *et al.*, 2015; Dimond *et al.*, 2022; Chang *et al.*, 2024), 透過分子標記掌握放流個體與在地野生族群之間的遺傳關係, 優先選擇原生遺傳背景的個體進行移植, 針對棲地中缺乏的基因型進行有目標的補充, 而非隨意釋放遺傳來源不明或已發生基因窄化的個體, 造成整體資源遺傳多樣性下降及族群適應能力減弱等潛在風險。

四、以養殖九孔 108 品系建立棲地移植方法

本研究於計畫正式執行前, 於 2023 年 5 月 12 日在 A 地點 (前已多次潛水確認該地點無帶有綠色殼色之九孔) 小規模移植約 200 顆 C108 九孔 (殼色皆為翠綠色) (設定放流前或當下 10% 死亡

率, 故實際放流 180 顆), 接續分別於 2023 年 5 月 25 日、6 月 20 日、7 月 19 日、8 月 18 日及 9 月 15 日共進行 5 次潛水調查, 每次潛水皆有發現 1 – 2 顆 C108 九孔 (Fig. 5), 而個體皆隱蔽於佈滿海藻之石塊底下, 發現的位置即在所佈放之瓦片周圍, 同時新長出的殼色為深淺不一的棗紅色或褐色, 故可假設殼色翠綠色做為放流當下之殼長, 棗紅色或褐色則做為移植後成長的依據 (Fig. 5)。而調查期間同時遭遇瑪娃、杜蘇芮、卡努、蘇拉及海葵颱風共 5 個颱風侵襲臺灣, 仍回捕了 7 顆 C108 九孔, 回收率約 3.9%, 略高於譚等 (1988) 早年於鄰近地點執行九孔放流實驗之 0.5% 回捕率, 但考量該研究放流年代、環境變化與實驗設計差異, 故僅供歷史性參考。

本研究於 2024 年 5 月 26 日再次於 A 地點進行棲地移植測試, 放流約 558 顆 C108 (設定放流

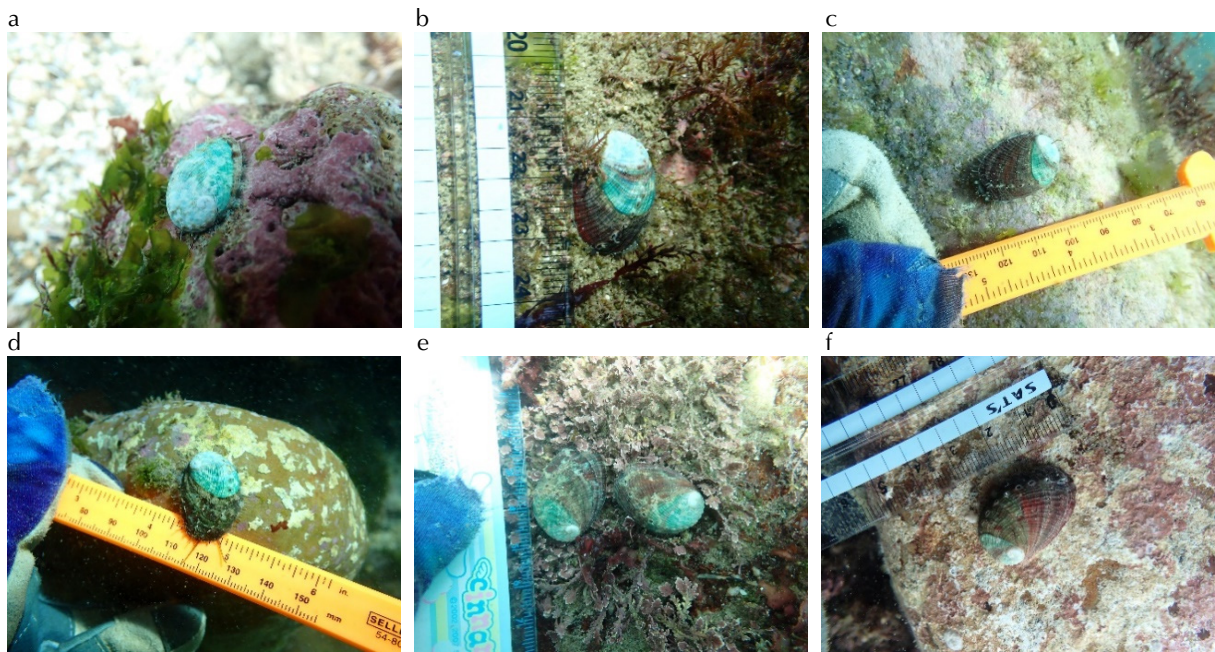


Fig. 5 Monthly photographic records of the recapture of small abalone (C108, *Haliotis diversicolor*) outplanted on 12 May 2023 at Site A. (a) Recaptured on 25 May; shell with visible color mark, length not measurable. (b) Recaptured on 20 June; original shell 14.8 mm (green), 5.9 mm new growth (red). (c) Recaptured on 19 July; original shell 14.8 mm (green), 8.3 mm new growth (red). (d) Recaptured on 19 July; original shell 13.7 mm (green), 10.1 mm new growth (red). (e) Recaptured on 18 August; original shell 15.3 mm (left, green) and 15.9 mm (right, green) with 10.9 mm and 8.9 mm new growth (red), respectively. (f) Recaptured on 15 September; original shell 12.0 mm (green), 16.0 mm new growth (red).

前或當下 10% 死亡率，故實際放流約 502 顆），接續逐月進行共 3 次追蹤，僅於 6 月 29 日發現 2 顆 C108 (Fig. 6)，回捕率僅約 0.4%，推測回捕率下降主因，可能是 7 月強颱風凱米侵襲東北角海域，8 月及 9 月皆記錄到水下底環環境被泥沙及枯枝覆蓋嚴重，岸邊亦有大量海漂垃圾、漂流木及蚵棚架，以及觀察到水母及石蠅大量聚集，顯示海域受到嚴重擾動，與 2023 年歷經 5 次颱風過境後的水下穩定情形有明顯差異。而 9 月底及 10 月下旬更接連遭遇強颱風山陀兒及康芮肆虐，隨後東北季風南下，致無法繼續追蹤移植後情形。

本研究所移植後再尋獲的九孔個體皆是隱蔽於佈滿海藻之石塊底下，且尋獲的位置即在所佈放的瓦片周圍，此觀察結果與 Tarr (1995) 及曾與劉 (1988) 觀察到鮑螺屬生物偏好留在原地的記錄相似。Tarr (1995) 對南非鮑魚進行 3 年的放流後移動實驗，發現 47% 的鮑魚仍棲息於試驗地點，且多數仍佔據於原本的岩石上，顯示其選擇棲地後的定居傾向。另一方面，Tegner and Butler (1985) 的研究發現放流鮑魚的活存率與放流鮑魚

的尺寸正相關。然而，本研究於 2023 年 5 月 12 日棲地移植帶綠色殼色的 C108 九孔，平均殼長僅約 14.30 ± 0.36 mm，其中 1 顆移植當下更只有 12 mm，但於同年 9 月 15 日回捕時已新增 16 mm 的紅色殼體 (Fig. 5f, Fig. 7)。此外，移植期間歷經 5 個颱風侵襲臺灣，颱風過境後潛水調查仍可發現 1-2 顆移植個體，顯示部分個體仍具有一定的存活能力及環境適應力。根據 Musuda and Tsukamoto (1998) 研究表示，鮑魚合適的放流體長會隨放流的環境變化而浮動，例如水溫及掠食者的覆蓋度，因此放流九孔的活存率應非由放流尺寸的單一因子決定。Goodsell *et al.* (2006) 則認為，相較於大規模放流造成的潛在生態衝擊，以較小放流量維持接近自然族群密度的策略反而具有較佳效果且較符合生態永續原則。而日本的鮑魚放流研究則主張放流活動應將環境承载力 (carrying capacity) 納入考量 (Hamasaki and Kitada, 2008)。

標記方法方面，Dixon *et al.* (2006) 利用麻醉方式將澳洲綠唇鮑麻醉後進行殼外標記，然此作法是否會對九孔造成潛在傷害未明，Hooper *et al.*

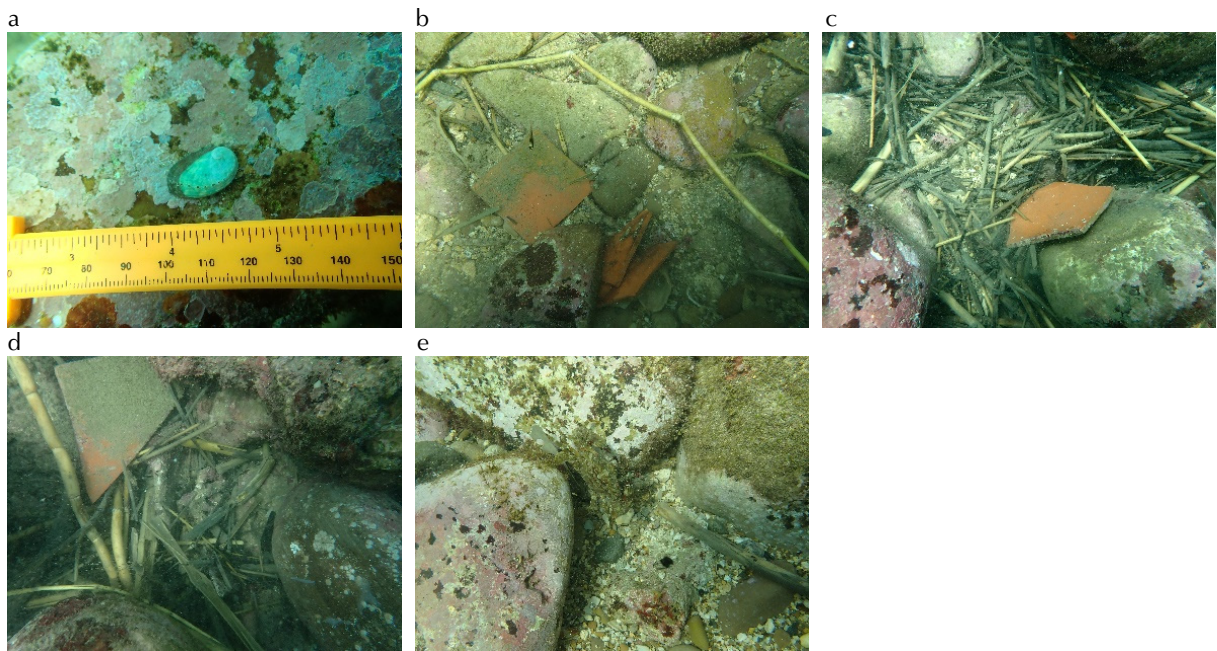


Fig. 6 The underwater conditions at Site A following the outplanting of cultured small abalone (C108, *Haliotis diversicolor*), illustrating the impact of a severe typhoon in July 2024. (a) Recaptured individual on 29 June 2024. (b) Tracking of Severe Typhoon Gaemi, which hit Taiwan in July 2024. (c) Habitat environment severely damaged by the typhoon (photographed on 4 August 2024). (d) Habitat environment covered with sediment and debris (photographed on 1 September 2024). (e) Subsequent typhoons continued to impact the coastal environment of Site A.

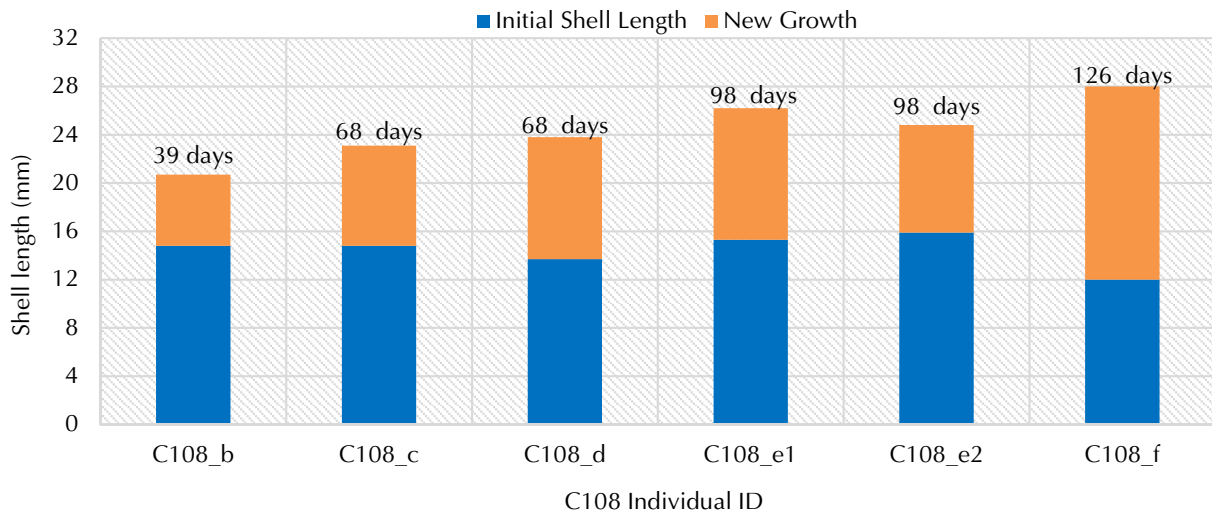


Fig. 7 Shell length composition of recaptured C108 individuals after outplanting (12 May 2023). Recapture durations are indicated above each bar.

(2011) 為探究鮑魚養殖業者反應在鮑魚分級的操作過程中，可能會造成鮑魚死亡之疑慮進行相關實驗，研究結果顯示麻醉及移動兩項做法皆會導致鮑魚緊迫，進而影響其免疫系統而增加死亡率，爰此，將鮑魚麻醉後再做殼外標記是否妥適仍存有爭議。而本研究採用餌料標記 (diet-tagged) 標示移植的

九孔，即餵食九孔石蓴使其殼色呈翠綠色，對生物無任何侵入式影響，排除麻醉帶來的潛在傷害，餌料標記作法對生物影響低、易辨識，符合國外研究建議 (Bell *et al.*, 2005; Goodsell *et al.*, 2006; Hamasaki and Kitada, 2008; Leбата-Ramos *et al.*, 2013)。

運送與移植九孔方面，Dixon *et al.* (2006)、Chick (2010)、Dimond *et al.* (2022)、Lebata-Ramos *et al.* (2013) 等研究多利用水管搬運放流的鮑魚，以最小化運送及施放過程對鮑魚的緊迫，且水管材料經濟實惠，適合大規模放流使用；而本研究於飼養階段即開始使用瓦片，除可符合九孔天性喜好依附在隱蔽的堅硬基質外，運送過程因九孔已習慣吸附於瓦片，故不易脫落損傷，或因移動受到驚嚇或衝擊，此外，施放時更可將扁平的瓦片塞入石塊或岩縫之間，大幅縮短九孔爬行至隱蔽縫隙的時間，減少九孔被掠食者攻擊的機會，再者，瓦片更可協助潛水員定位放流的點位，以及方便觀察九孔爬入安全的環境，瓦片本身亦不會造成環境汙染，故整體而言本研究使用的瓦片相對於水管具備更多操作優點與生態優勢。

掠食壓力與協助避敵也是九孔移植成效的重要因子。本研究在移植九孔的過程觀察到平常與潛水員保持一定距離的石斑魚及隆頭魚，因為九孔出現後異常靠近。Dixon *et al.* (2006) 的研究則推論其一實驗地點的移植鮑魚高死亡率，可能歸因於海星大量捕食所致，Shepherd (1998) 則認為螃蟹及隆頭魚是綠唇鮑的主要掠食者，因此為了避免掠食者影響放流個體的存活率，如何協助鮑魚避敵顯然格外重要。Dixon *et al.* (2006)、Dimond *et al.* (2022)、Lebata-Ramos *et al.* (2013) 及本研究，皆是由潛水員潛入海中施放鮑螺屬個體，並利用附著物將生物小心施放至隱蔽的礁石環境，以確實掌握其安全地躲入棲地中後才離開，大幅減少放流後的死亡率，Dixon *et al.* (2006) 的研究更進一步將鮑魚分別放置於 1 層及 2 層的礁石，探究隱蔽空間對鮑魚的活存率，結果顯示 2 層礁石的鮑魚有較高的活存率，1 層的隱蔽效果顯然不足鮑魚的生存，可見除協助放流的鮑魚避敵外，足夠的隱蔽棲地對鮑屬生物的生存也至關重要。

有關九孔移動行為，Schiel and Welden (1987) 顯示養殖鮑魚於放流後仍會停留於原處多時，不像野生鮑魚可以迅速找到隱蔽之處，而本研究根據水下找尋野生九孔時觀察到野生個體移動速度似快於所移植的養殖九孔，而根據曾與劉 (1988) 於 1988 年在綠島及基羣海域執行九孔放流實驗指出，九孔投入海底時反應遲鈍，常停留在投放點一段時間，無法馬上找到掩蔽易受攻擊，反觀

野生九孔運動迅速馬上尋求蔽護，較不易受攻擊，此差異也是投放九孔死亡率高的原因之一。因此初步推論養殖九孔在相對安逸穩定的人為飼養環境下，反應可能逐漸不如野生九孔警覺機敏，假使放流或移植過程未能將人工養殖的九孔妥善施放於足夠隱蔽的環境，是否較容易吸引掠食者而影響移植效果，然本研究因未實施野生九及養殖九孔的行為、反應速度、避敵或移動速率等比較實驗，此等假設與推論仍待後續觀察與科學數據進一步考證。

最後，Dixon *et al.* (2006) 研究指出存活率評估技術的重要性，該研究選定一處沒有野生鮑魚的海域，並建構天然礁石與石塊作為實驗場地，同時搭配鮑魚殼外標記，以利潛水員可透徹地於實驗場地尋找放流後的個體，降低於隱蔽環境尋覓放流個體的困難度，以及無法判別所獲個體是養殖或野生的不確定性。本研究則多次確認 A 地點只有帶紅色或褐色的野生九孔，同一方面只使用石蓴餵食移植的養殖九孔，使其帶綠色殼色，故潛水員可於水下直接用肉眼辨識 A 地點棲息的野生九孔及移植的養殖九孔，移植時亦藉由下水座標、海底地形、礁石及瓦片等方法定位移植點位，可提升潛水員尋獲移植九孔個體的機率，且定位、移植及回捕九孔皆是由同一組有經驗的潛水員執行，大幅降低人為操作誤差，提升研究結果之可靠性。

參考文獻

- 李英周 (2001) 台灣東北部沿岸海域九孔族群存量估計、標誌放流效果評估、資源保育與管理標準擬定之研究。行政院農業委員會漁業署九十年度試驗研究報告, 3-6.
- 杜金蓮, 曾福生, 王姿文, 張錦宜 (2015) 九孔基因歧異度對幼苗活存率及幼貝成長表現之影響. 水產研究, 23 (1): 67-75.
- 杜金蓮, 朱惠真, 王姿文, 黃奕瑄, 游蓁, 曾福生 (2023) 利用 RAPD 探討九孔 (*Haliotis diversicolor*) 歷年遺傳變異之變化. 水產研究, 31 (1): 1-12.
- 林政偉 (2001) 台灣東北部卯澳灣九孔 (*Haliotis diversicolor supertexta* Lischke) 放流最適體長之研究. 國立臺灣大學漁業科學研究所碩士論文, 6-7 pp.
- 郭晃豪 (1999) 台灣東北部海域野生與放流九孔之辨別

- 及成長之研究. 國立臺灣大學漁業科學研究所碩士論文, 23-24 pp.
- 曾福生, 劉燈城 (1988) 台東縣新港第一、綠島沿岸漁業資源保育區之生態環境調查與效益評估. 台灣省漁業局專輯報告, 3: 103-107.
- 曾福生, 周賢鏘, 朱惠真, 余俊欣, 盧民益, 林金榮 (2008) 利用RAPD分析臺灣東部養殖及野生九孔之遺傳變異. 水產研究, 16 (2): 49-58.
- 辜俊益 (2002) 台灣東北部海域九孔放流與環境因子關係之研究. 國立臺灣大學漁業科學研究所碩士論文, 7-8 pp.
- 譚天賜, 范光龍, 曾萬年 (1988) 基隆沿海漁業資源保育區生態環境調查與經濟效益評估. 台灣省漁業局專輯報告, 3: 159-200.
- An, H. S., J. W. Lee, H. C. Kim and J. I. Myeong (2011) Genetic characterization of five hatchery populations of the Pacific abalone (*Haliotis discus hannai*) using microsatellite markers. *Int. J. Mol. Sci.*, 12 (8): 4836-4849.
- Araki, H., B. Cooper and M. S. Blouin (2009) Carry-over effect of captive breeding reduces reproductive fitness of wild-born descendants in the wild. *Biol. Lett.*, 5 (5): 621-624.
- Bell, J. D., P. C. Rothlisberg and J. L. Munro (Eds.) (2005) Restocking and Stock Enhancement of Marine Invertebrate Fisheries. FAO Fisheries Technical Paper No. 429. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Australian Centre for International Agricultural Research, Rome and Canberra, 270 pp.
- Chang, Y. C., F. H. Nan and T. H. Hsu (2024) Genetic management of small abalone (*Haliotis diversicolor*) by using ISSRseq technology. *Aquac. Rep.*, 38: 102345.
- Chick, R. C. (2010) Stock enhancement of local populations of blacklip abalone (*Haliotis rubra* Leach) in New South Wales, Australia (Doctoral dissertation). James Cook University, Australia, 233 pp.
- Davis, G. E. (1995) Recruitment of juvenile abalone (*Haliotis* spp.) measured in artificial habitats. *Mar. Freshw. Res.*, 46 (3): 549-554.
- Dimond, J. L., J. V. Bouma, H. S. Carson, M. R. Gavery, C. O'Brien, C. Simchick and K. Sowul (2022) Efficacy of endangered pinto abalone (*Haliotis kamtschatkana*) stock restoration in the southern Salish Sea from a genomic perspective. *Front. Conserv. Sci.*, 3: 911218.
- Dixon, C. D., R. W. Day, S. M. Huchette and S. A. Shepherd (2006) Successful seeding of hatchery-produced juvenile greenlip abalone to restore wild stocks. *Fish. Res.*, 78 (2-3): 179-185.
- Gaffney, P. M. (2006) The role of genetics in shellfish restoration. *Aquat. Living Resour.*, 19 (3): 277-282.
- Goodsell, P. J., A. J. Underwood, M. G. Chapman and M. P. Heasman (2006) Seeding small numbers of cultured black-lip abalone (*Haliotis rubra* Leach) to match natural densities of wild populations. *Mar. Freshw. Res.*, 57 (7): 747-756.
- Habtemariam, B. T., A. Arias, E. García-Vázquez and Y. J. Borrell (2015) Impacts of supplementation aquaculture on the genetic diversity of wild *Ruditapes decussatus* from northern Spain. *Aquac. Environ. Interact.*, 6 (3): 241-254.
- Hamasaki, K. and S. Kitada (2008) The enhancement of abalone stocks: Lessons from Japanese case studies. *Fish Fish.*, 9 (3): 243-260.
- Hara, M. and S. Kikuchi (1992) Genetic variability and population structure in the abalone, *Haliotis discus hannai*. *Bull. Tohoku Natl. Fish. Res. Inst.*, 54: 107-114.
- Hara, M. and M. Sekino (2007) Genetic differences between hatchery stocks and natural populations in Pacific abalone (*Haliotis discus*) estimated using microsatellite DNA markers. *Mar. Biotechnol.*, 9: 74-81.
- Hooper, C., R. Day, R. Slocombe, K. Benkendorff and J. Handlinger (2011) Effect of movement stress on immune function in farmed Australian abalone (hybrid *Haliotis laevigata* and *Haliotis rubra*). *Aquaculture*, 315 (3-4): 348-354.
- Huang, B. X., R. Peakall and P. J. Hanna (2000) Analysis of genetic structure of blacklip abalone (*Haliotis rubra*) populations using RAPD, minisatellite and microsatellite markers. *Mar. Biol.*, 136: 207-216.
- Kitada, S. (2018) Economic, ecological and genetic impacts of marine stock enhancement and sea ranching: A systematic review. *Fish Fish.*, 19 (3): 511-532.
- Lebata-Ramos, M. J. H., E. F. C. Doyola-Solis, J. B. R. Abrogueña, H. Ogata, J. G. Sumbing and R. C. Sibonga (2013) Evaluation of post-release behavior, recapture, and growth rates of hatchery-reared abalone *Haliotis asinina* released in Sagay Marine Reserve, Philippines. *Rev. Fish. Sci.*, 21 (3-4): 433-440.
- Lee, H. T., T. H. Hsu and C. H. Liao (2019) Massive shell marking and release of hatchery-reared *Haliotis diversicolor* in the Mao-Bay of northeastern Taiwan. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 46 (2): 117-123.

- Li, Q., C. Park, T. Endo and A. Kijima (2004) Loss of genetic variation at microsatellite loci in hatchery strains of the Pacific abalone (*Haliotis discus hannai*). *Aquaculture*, 235 (1-4): 207-222.
- Liao, I C. (1997) Status, problems and prospects of stock enhancement in Taiwan. *Hydrobiologia*, 352: 167-180.
- Liao, I C., M. S. Su and E. M. Leano (2003) Status of research in stock enhancement and sea ranching. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 13: 151-163.
- Lorenzen, K. (2008) Understanding and managing enhancement fisheries systems. *Rev. Fish. Sci.*, 16 (1-3): 10-23.
- Peakall, R. and P. E. Smouse (2012) GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research - an update. *Bioinformatics*, 28 (19): 2537-2539.
- Pompanon, F., A. Bonin, E. Bellemain and P. Taberlet (2005) Genotyping errors: causes, consequences and solutions. *Nat. Rev. Genet.*, 6 (11): 847-859.
- Masuda, R. and K. Tsukamoto (1998) Stock enhancement in Japan: Review and perspective. *Bull. Mar. Sci.*, 62 (2): 337-358.
- Sanders, M. J. and K. H. H. Beinssen (1998) A comparison of management strategies for the rehabilitation of a fishery: Applied to the fishery for blacklip abalone *Haliotis rubra* in the Western Zone of Victoria (Australia). *Fish. Res.*, 38: 283-301.
- Schiel, D. R. and B. C. Welden (1987) Responses to predators of cultured and wild red abalone, *Haliotis rufescens*, in laboratory experiments. *Aquaculture*, 60 (3-4): 173-188.
- Shepherd, S. A. (1998) Studies on southern Australian abalone (genus *Haliotis*) XIX: Long-term. *J. Shellfish Res.*, 17 (3): 813-825.
- Tarr, R. J. Q. (1995) Growth and movement of the South African abalone *Haliotis midae*: A reassessment. *Mar. Freshw. Res.*, 46 (3): 583-590.
- Tegner, M. J. and R. A. Butler (1985) The survival and mortality of seeds and native red abalones, *Haliotis rufescens*, on the Palos Verdes Peninsula. *Calif. Fish Game*, 71: 150-163.
- Temby, N., K. Miller and C. Mundy (2007) Evidence of genetic subdivision among populations of blacklip abalone (*Haliotis rubra* Leach) in Tasmania. *Mar. Freshw. Res.*, 58 (8): 733-742.

Pilot Study on the Status of Wild Small Abalone (*Haliotis diversicolor*) Resources and Habitat Outplantation in Northeastern Taiwan

Ying-Yueh Chin* and Fu-Shen Tseng

Aquaculture Division, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

This preliminary study aimed to establish baseline ecological and genetic information for wild small abalone (*Haliotis diversicolor*) populations in northeastern Taiwan and to test the feasibility of habitat translocation methods as a foundation for subsequent research and restoration strategies. Underwater surveys were conducted within 10 meters of depth at three coastal sites - Dawulun (Keelung City), Bat Cave (New Taipei City), and the 82.5K point of the Coastal Highway - during summer 2022 and spring 2023. One of the sites (Site A) was selected as the experimental area. A combination of belt transects and quadrat sampling was applied to estimate macroalgal coverage, while concentric search surveys were used to assess wild abalone abundance. Results showed that macroalgal coverage at Site A averaged 10.22% during the study period, with fluctuations influenced by typhoons and elevated seawater temperatures. The mean number of wild small abalones recorded per survey was 4.75 individuals, corresponding to a density of approximately 0.0038 individuals/m². Genetic analysis based on three microsatellite loci revealed that the wild population (WAB) exhibited higher allelic richness (N_a) and effective allele numbers (N_e), with a relatively high level of genetic diversity (mean expected heterozygosity $H_e = 0.934$), slightly higher than that of the cultured C108 strain ($H_e = 0.929$). However, a pronounced heterozygote deficiency was observed in WAB ($F_{is} = 0.72$), greater than that of C108 ($F_{is} = 0.43$), suggesting potential effects of a population bottleneck and genetic drift under small population size. In addition, the benthic habitat, short pelagic larval duration, and limited larval dispersal of *H. diversicolor* may restrict gene flow within wild populations, ultimately resulting in increased genetic homogeneity and a loss of evolutionary resilience, which may pose a risk to long-term population stability. Genetic differentiation analysis showed low divergence between the two wild sampling sites (WA vs. WB: $F_{st} = 0.025$, $N_m = 10.01$), and similarly low differentiation between the wild population and the cultured strain (WAB vs. C108: $F_{st} = 0.017$, $N_m = 15.12$), likely reflecting the incorporation of wild broodstock during the development of the C108 strain. Furthermore, small-scale habitat transplantation trials were conducted at Site A in 2023 and 2024, establishing operational procedures for pre- and post-translocation monitoring. Despite five typhoon events during the study period, a recapture rate of 3.9% was recorded in 2023. Growth patterns could be identified based on newly formed shell pigmentation. This study provides preliminary information on the ecological resources and genetic status of the wild small abalone at Site A, and establishes practical field procedures for habitat transplantation, thereby laying the groundwork for future research, long-term monitoring, and resource restoration.

Key words: wild small abalone, resource survey, molecular markers, habitat transplantation

*Correspondence: 199 Hou-lh Road, Keelung 20246, Taiwan. Tel: (02) 2462-2101 ext. 2820; Fax; (02)2462-8138; E-mail: yychin@mail.tfrin.gov.tw

澎湖海域之遠海梭子蟹 (*Portunus pelagicus*) 繁殖特性研究

陳彥愷 · 劉祐瑜* · 陳東本 · 曹鈺萌 · 鄭維毅 · 謝恆毅

農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心

摘要

本研究旨在分析澎湖沿岸水域遠海梭子蟹 (*Portunus pelagicus*) 之生殖生物學參數。於 2023 年 3 月至 2024 年 2 月間，透過潛水採集共 372 隻樣本，性比為 0.51 (雌蟹數 / 總樣本數)，經統計檢定無顯著差異 ($p > 0.05$)。雌蟹甲殼寬 (carapace width, CW) 範圍為 110 – 191 mm，體重 (body weight, BW) 範圍為 80.5 – 463 g；雄蟹 CW 為 111 – 188 mm，BW 為 83.3 – 480 g。雌蟹 CW-BW 迴歸關係式為 $BW=1.01 \times 10^{-4} CW^{2.9097}$ ；雄蟹為 $BW=1.72 \times 10^{-4} CW^{2.8297}$ ，兩者具顯著差異 ($p < 0.05$)。根據生殖腺指數 (gonadosomatic index, GSI) 與成熟度觀察，推測其生殖季為 12 月至隔年 7 月，生殖高峰為 3 月和 4 月。另，按月潛水調查發現，終年皆可發現抱卵雌蟹，故推斷本海域之遠海梭子蟹全年均有繁殖現象。單次抱卵數 (fecundity, F) 為 31.5 萬至 130 萬粒卵，平均單次抱卵數為 79.2 萬粒卵。比較三種體型 (200 g 以下、200 – 300 g、300 g 以上) 抱卵雌蟹所孵出之初期幼體存活率，以 200 g 以上個體者表現為佳。

關鍵詞：遠海梭子蟹、生殖生物學、生殖腺指數、澎湖海域

前言

遠海梭子蟹 (*Portunus pelagicus*) 又稱沙蠟、花蠟 (花市仔)、蠟仔 (市仔)，英文名為 Blue swimmer crab，分類學上屬於十足目 (Decapoda) 下的短尾次目 (Brachyura)、梭子蟹科 (Portunidae)、梭子蟹屬 (*Portunus*)。其外觀雌雄體色有所差異，雄蟹背殼具有白色雲狀斑紋，螯、步腳則為鮮艷藍色或紫藍色；雌蟹全身為橄欖綠，且不具白色雲狀斑紋，外觀較樸素。

本種廣泛分布於印度-西太平洋熱帶及溫帶之淺水海域至水深 50 m 甚至是 80 m 深處，從東北亞、中國、臺灣、東南亞、澳洲、印度非洲等國家沿岸及河口水域均能發現其蹤跡 (Ravi and Manisseri, 2013; Chande and Mgaya, 2003)，因其潛沙習性，喜好棲息於砂泥底、岩礁區、紅樹林、海藻及海藻床中 (Australia, 2000; ElSaid *et al.*, 2022)。

此蟹種在多個國家的經濟性漁業、娛樂漁業與養殖業中皆佔有重要地位，主要產地分布廣泛，包括中國的東海及南海、印尼東南部蘇拉維西 (Sulawesi) 海域、澳洲西部科伯恩灣 (Cockburn Sound)、印度東南與西南部沿岸海域以及埃及的地中海和紅海沿岸等 (Redzuari *et al.*, 2012; Razek *et al.*, 2019; Sabrah *et al.*, 2020)。因成長快速、經濟價值高且口感深受消費者喜愛，已成為重要的捕撈對象與具潛力的養殖物種。根據聯合國糧食及農業組織 (FAO) 全球漁業資料庫 2018 至 2022 年的統計資料顯示，全球最大捕獲國為印尼，五年平均產量約 110,000 mt，其中 2018 年達到 160,000 mt 之峰值後逐年遞減；其次為中國 (平均約 70,000 mt) 與泰國 (平均約 35,000 mt)。

因為市場需求量大加上以簡易且作業成本低的漁法便能漁獲，導致其被大量捕撈，資源量嚴重下滑並出現過漁的情形 (Johnston *et al.*, 2011; Kunsook *et al.*, 2014; Sara and Astuti, 2019)；國內方面，依據漁業年報資料統計由 2014 年至 2016 年的產量為 7,073 mt、3,528 mt、894 mt，而 2017 至 2024 年呈現逐年遞減的趨勢，最低為 2019 年僅有 73 mt；最高為 2017 年 156 mt。另外，何等 (2018)

*通訊作者 / 澎湖縣馬公市壽裡里 266 號; TEL: (06) 995-3416 轉 124; FAX: (06) 995-3058; E-mail: yylliu@mail.tfrin.gov.tw

研究中指出，高雄地區之遠海梭子蟹資源量亦呈現衰退現象，仍需持續長期蒐集資料以利資源變動監測。而全臺灣遠海梭子蟹年產量大幅減少，其原因是否為族群資源量真實減少或是執行漁業管理措施而反應在漁獲量上，目前無相關資料呈現。在臺灣捕獲遠海梭子蟹作業漁法有籠具、刺網、拖網，在澎湖除了前述漁獲方式外，還有當地夜間潮間帶採集活動（照海），是主要漁獲目標物種之一，其活體價格一公斤可達 870 元，甚至更高。經實地訪問出海作業漁民與潮間帶採集者，其亦表示近年遠海梭子蟹資源量明顯減少與數量不穩定。

農業部漁業署為確保臺灣蟬蟹類資源能永續利用，在 2014 年公告「沿近海漁船捕撈蟬蟹類漁獲管制措施」，對其甲殼寬與抱卵雌蟹禁漁期等方式進行管理。隨後分別在 2022 年 8 月與 2023 年 3 月兩次修正後公告，現行遠海梭子蟹捕撈限制之甲殼寬為 90 mm、抱卵雌蟹之禁漁期也從原先 8 月 16 日至 11 月 15 日再延長為 8 月 1 日至 12 月 31 日止、作業時搭載觀察員隨船觀察以及組成蟬蟹類漁業資源管理諮詢小組等管理措施；除了制訂管制措施使海洋生物資源永續利用外，透過種苗繁殖技術，將人工培育的沙蟹苗放流於適合其生存的天然海域，以恢復或增加資源量，水產試驗所澎湖漁業生物研究中心數年來已在澎湖海域放流數十萬隻遠海梭子蟹稚蟹，更結合棲地改善、營造等研究作為，持續復育資源量。

雖然遠海梭子蟹在臺灣漁業中是重要經濟性物種，目前國內其有關生殖習性及孵化過程的研究相當稀少，目前有何等 (2016) 的遠海梭子蟹成熟特性研究，收集高雄市梓官、彌陀、茄萣地區之刺網漁業及拖網漁業的樣本共 1,512 隻進行調查分析；另外為本中心 2017 年度農業科技計畫的澎湖經濟性蟹類資源調查與生物學研究，在澎湖地區採集 242 隻遠海梭子蟹樣本對其漁獲情形、生殖季、性比及孕卵數進行初步調查。生殖生物學研究的相關結果，在資源評估過程中，是重要的參數之一，透過了解當時該物種生殖的生活史參數、生殖潛能等，作為制定適當漁業管理措施之科學依據，並讓資源能夠永續利用。研究指出，物種在長期漁獲壓力下，會造成生活史參數的改變，若後續未能對該物種進行妥善的漁業管理，會導致成長過漁 (growth overfishing)，其特徵有性成熟體長減

小、性成熟年齡下降；或是加入過漁 (recruitment overfishing)，特徵為高齡或大型魚的減少及產卵量的減少。而卵粒的品質與數量通常隨著體型增加而上升，卵發育研究對全面了解物種之生殖生物學是不可或缺的 (Addison and Bennett, 1992)。Davis (2003) 指出，在受控制條件的環境中（例如：養殖場），卵粒的品質是影響能否成功繁殖與孵化率的關鍵之一。生產蟹苗於天然水域放流對本種之資源復育及管理至關重要，由於本種尚未完全養殖，目前種蟹的來源為野外捕捉，而孵化相關的研究有助於理解卵和胚胎之發育過程以及變化，這些知識對於種蟹管理和養護有極大幫助。因此，本研究除了生殖腺指數、觀察生殖腺外觀形態，亦加入組織切片來觀察，還有記錄遠海梭子蟹初期孵化中的相關資訊等，期能透過上述方式有助於遠海梭子蟹漁業資源管理永續利用與其人工繁養殖的育苗生產。

材料與方法

一、樣本採集

本研究自 2023 年 3 月至 2024 年 2 月止，按月至澎湖縣嵵裡、井垵一帶沿岸海域透過潛水徒手隨機捕抓的方式採集樣本 (Fig. 1)。

二、樣本形態測量

(一) 外部形態

使用游標尺 (Mitutoyo, Japan) 量測遠海梭子蟹之甲殼長 (carapace length, CL)、甲殼寬 (carapace width, CW) 至 0.1 mm (Fig. 2)。

(二) 重量測定

使用電子秤 (Sartorius CP2202S, Germany) 量測遠海梭子蟹樣本之體重 (body weight, BW)，生殖腺重 (gonad weight, GW) 及卵重 (weight of egg mass)，精確至 0.01 g。

三、生殖腺組織切片之製作程序

將固定於 10% 中性福馬林之生殖腺組織切下後，置於包埋盒內以流水沖洗 12 hr 以去除殘留固定液。隨後依下列程序製作永久組織切片：

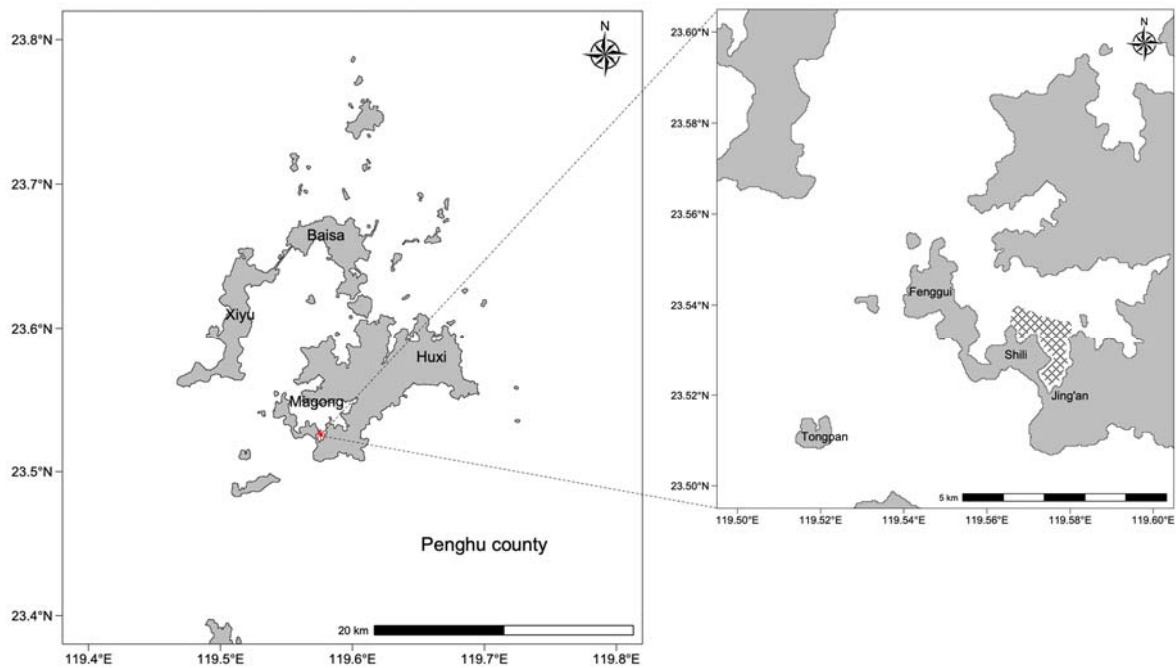


Fig. 1 Sampling locations of blue swimmer crab *Portunus pelagicus* in the present study (cross-hatched areas).

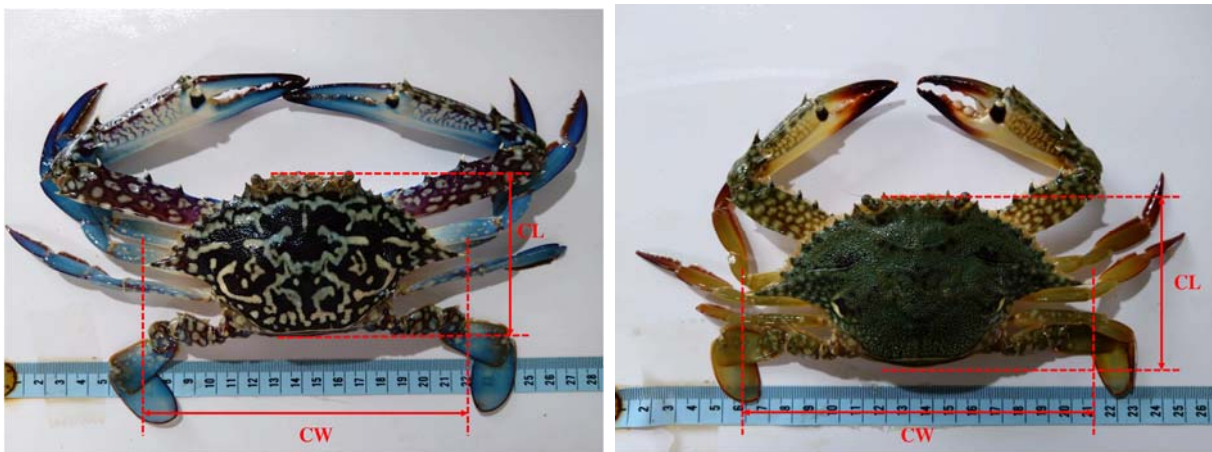


Fig. 2 Measurement of carapace width (CW) and carapace length (CL) of male (A) and female (B) blue swimmer crab *Portunus pelagicus*.

1. 脫水 (dehydration)：依序置於濃度 70%、80%、90%、100% 之乙醇 (ethanol) 中各 1 hr。
2. 清洗 (clearing)：浸入二甲苯 (xylene) 中，連續 3 次，每次 60 min。
3. 浸潤 (infiltration)：浸入石蠟 (paraffin) 中 4 hr。
4. 包埋 (embedding)：使用 Shandon Histocentre 包埋機注入石蠟液，置於冷卻台完成蠟塊。
5. 切片 (sectioning)：使用切片機 (Eprexia HM 340E) 切取 4 - 6 μm 之連續切片。
6. 染色 (staining)：以 Hematoxylin-Eosin (H&E) 染色法進行對比染色。

7. 封片 (mounting)：經酒精梯度脫水及二甲苯透明化處理 (3 次，每次 5 min) 後，以封片膠 (Permount mounting medium) 蓋上蓋玻片。

四、資料處理

(一) 甲殼寬 (CW) 與體重 (BW) 之關係

利用最大概似比檢定 (maximum likelihood ratio test) 檢檢驗雌、雄蟹間關係是否有顯著差異。其關係式如下：

$$BW = a \times CW^b$$

式中：BW 為體重 (g)；CW 為甲殼寬 (mm)；a 和 b 為常數。

(二) 性比

分析 2023 年 3 月至 2024 年 2 月於澎湖縣蒞裡、井垵海域所採集之遠海梭子蟹性別。本研究之性比定義為雌蟹佔總樣本數之百分比。性比分析分為月別及 CW 兩方面，並以卡方檢定 (Chi-square test) 檢驗性比是否符合 1:1 之理論預期值 (亦即雌蟹比例是否為 0.5)。在 CW 變化分析上，是以 10 mm 為組距間距進行檢定。

五、生殖腺成熟指數 (gonadosomatic index, GSI)

遠海梭子蟹 GSI 計算公式如下 (Razek *et al.*, 2019)：

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 100$$

式中：GSI 為計算之指數 (%)；GW 與 BW 分別為生殖腺與個體之濕重 (g)

六、生殖腺成熟階段之判定

生殖腺在不同發育階段，其外觀及顏色變化有所不同，故藉由觀察雌、雄蟹生殖腺之外部形態特徵，並參考 Johnson *et al.* (2010)、王 (2011)、Ikhwanuddin *et al.* (2012)、Cheng *et al.* (2014) 及 Ovelheiro *et al.* (2023) 等研究對於卵巢及抱卵卵粒發育成熟階段之定義來進行區分。

七、卵徑、孕卵數及初期存活率

參照 de Lestang *et al.* (2003b)、Rasheed and Mustaquim (2010) 和 Hidayani *et al.* (2021) 等方式測量其卵徑與估計孕卵數。

(一) 卵徑測量

利用光學投影機 (Nikon SC3-E1) 及其影像處理程式 (NIS-Elements D version 5.11) 量取 10 隻顏色為黑色階段的抱卵雌蟹之卵粒，將長徑與短徑之平均值定義為卵徑 (王, 2011)。

(二) 單次孕卵數 (batch fecundity, F)

使用重量法 (gravimetric method) 來進行 F 之

估算，方式為：用電子秤取出 0.1 g 的卵重計數後所含之卵粒數量，再按比例放大回推總孕卵數，即為 F (de Lestang *et al.*, 2003b)，其公式如下：

$$F = \frac{W}{w} \times n$$

式中：F 為總卵數；W 為個體卵粒總濕重 (g)；w 為取樣之卵粒濕重 (0.1 g)；n 為 w 重量下計數所得之卵粒數。後續再將估算所得之 F 與 CW 進行統計分析。

(三) 不同體型之初期存活率

按重量 (BW) 區分小 (BW < 200 g)、中 (介於 200 - 300 g)、大 (> 300 g) 等三個級別，各取一隻樣本，將每一隻樣本所孵化的 100 隻仔蟹放入 1 L 容器中並且採六重複。容器內每日供氧、換水及餵食藻類及輪蟲，每一容器其設置的條件皆一致 (均維持在水溫 27 ± 1°C、鹽度 3 ± 1 psu、餌料密度為輪蟲 5 - 10 隻/cc)，最後將其 6 杯的存活率值，先由變異係數 (Coefficient of Variation, CV) 檢視其一致性，再透過單因子變異數分析 (one way analysis of variance, one-way ANOVA)，以及 Turkey HSD 事後檢定測試各組間是否有顯著差異。

結 果

一、甲殼寬 (CW) 之頻度

2023-2024 年間在澎湖縣蒞裡、井垵潮間帶總計採集 372 隻遠海梭子蟹樣本 (雌蟹 188 隻、雄蟹 184 隻)。遠海梭子蟹之 CW 頻度分布結果顯示，雌雄蟹主要分布於 110-190 mm 之間 (Fig. 3)。在所量測雌蟹樣本中，最大與最小的 CW 分別為 191 及 110 mm (平均為 146.68 mm，標準差為 14.30 mm)；雄蟹之則分別為 188 與 111 mm (平均為 144.70 mm，標準差為 14.88 mm)。

二、性比

(一) 月別性比

如 Table 1 所示，其各月別性比約在 0.43 - 0.67 之間。針對 1 月至 12 月之月別性進行卡方檢定，結果顯示僅 2023 年 4 月呈現顯著差異 ($p \leq 0.05$)，

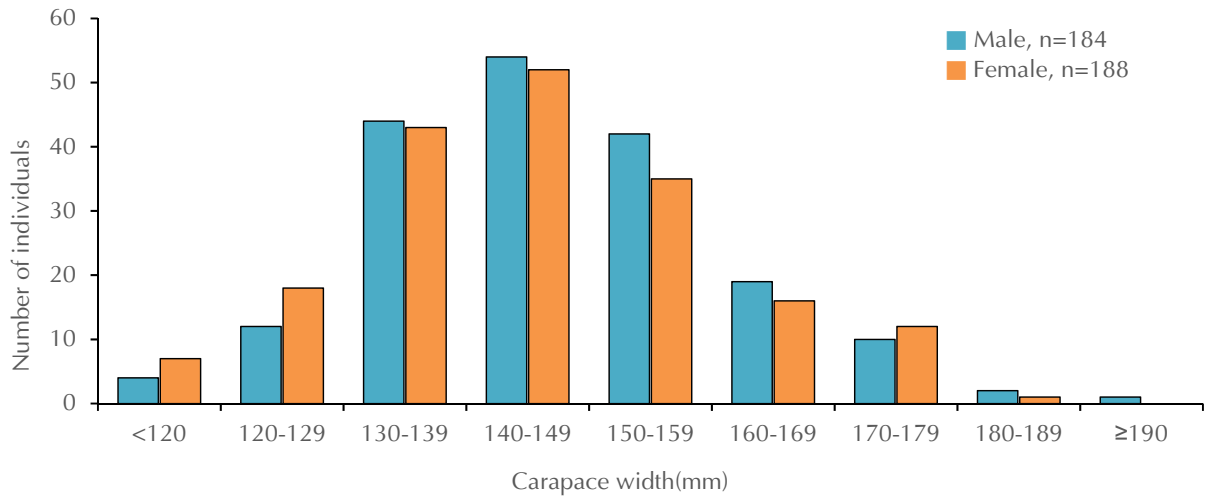


Fig. 3 Carapace width-frequency distribution of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus*, in the waters off Penghu.

Table 1 Monthly variation in sex ratio (female:male) and the results of Chi-square test for *Portunus pelagicus* sampled in Shili, Penghu (March 2023 – February 2024)

Year	Month	Female (n)	Male (n)	Sex ratio (F / N)	χ^2	p-value	df
2023	March	12	15	0.44	0.33	ns	1
	April	24	12	0.67	4.00	0.05*	1
	May	18	21	0.46	0.23	ns	1
	June	15	15	0.50	0	ns	1
	July	17	18	0.49	0.03	ns	1
	August	9	12	0.43	0.43	ns	1
	September	21	21	0.50	0	ns	1
	October	15	16	0.48	0.03	ns	1
	November	13	17	0.43	0.53	ns	1
	December	16	17	0.48	0.03	ns	1
2024	January	15	8	0.65	2.13	ns	1
	February	13	12	0.52	0.04	ns	1
Total		188	184	0.51	0.04	ns	1

*Denotes a significant difference ($p \leq 0.05$). Sex ratio is calculated as the proportion of females relative to the total number of individuals (F / N).

即雌蟹數量明顯較雄蟹多。其餘月份及總樣本之檢定結果均與 1 : 1 相當 ($\chi^2=0.043$, $p > 0.05$)。

(二) 甲殼寬別之性比

進一步以 CW 10 mm 為組距分成 9 個組別 (Fig. 3)，卡方檢定結果顯示各組距性比與 1 : 1 之間無顯著差異 ($p > 0.05$) (Table 2)，僅在 CW 小於 130 mm 組別發現雄蟹數量較雌蟹略多。

三、甲殼寬 (CW) 與體重 (BW) 之關係

利用樣本資料進行非線性迴歸 (Fig. 4)，得到 CW 與 BW 關係式如下：

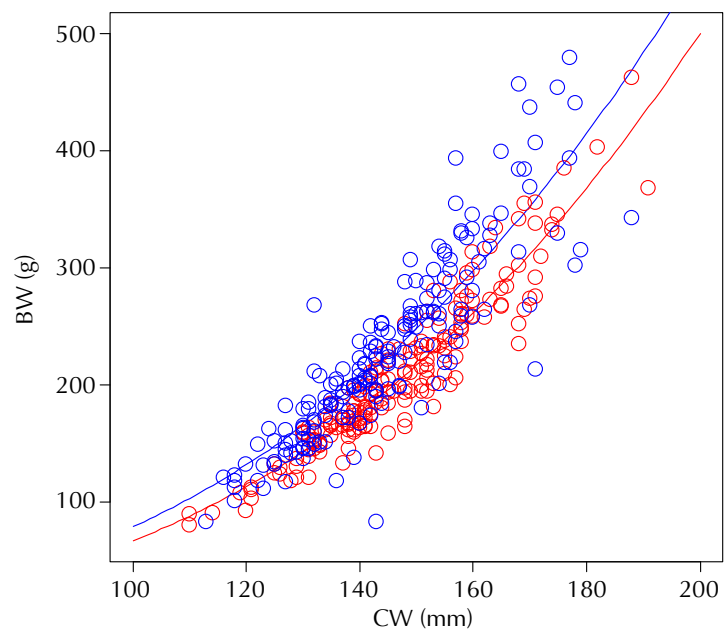
雌蟹： $BW=1.01 \times 10^{-4} CW^{2.9097}$

雄蟹： $BW=1.72 \times 10^{-4} CW^{2.8297}$

經由最大概似比檢定結果顯示雌雄間具有顯著差異 ($p < 0.05$)，即在 CW 相同情況下，雄蟹有較重的 BW，故雌雄關係式各別分開估計。

Table 2 Numbers of female and male *Portunus pelagicus* grouped by 10-mm carapace width (CW) intervals, with the results of Chi-square tests for deviation from a 1:1 sex ratio

CW (mm)	Female (n)	Male (n)	Sex ratio (F / N)	χ^2	p-value	df
<120	4	7	0.36	0.82	ns	1
120-129	12	18	0.40	1.2	ns	1
130-139	44	43	0.51	0.01	ns	1
140-149	54	52	0.51	0.04	ns	1
150-159	42	35	0.55	0.64	ns	1
160-169	19	16	0.54	0.26	ns	1
170-179	10	12	0.45	0.18	ns	1
180-189	2	1	0.67	0.33	ns	1
≥190	1	0	1	1	ns	1
Total	188	184	0.51	0.04	ns	1

**Fig. 4** Relationship between body weight (BW) and carapace width (CW) for male (blue line) and female (red line) *Portunus pelagicus*. Equations: Male, $BW=1.72 \times 10^{-4}CW^{2.8297}$; Female, $BW=1.01 \times 10^{-4}CW^{2.9097}$.

四、卵巢特徵

觀察不同發育時期的卵巢外觀，也運用組織切片觀察卵巢中最成熟卵細胞之發育、退化情形及卵徑變化，將其成熟過程分為 5 個階段，各階段特徵描述如下 (Figs. 5 & 6)：

(一) 未成熟期 (immature stage, I)

卵巢顏色呈透明至白色，難以和消化器官區分，外觀呈細線狀並未具卵粒 (Fig. 5A)。在組織學觀察中可發現此階段由卵母細胞 (Oogonia)、分化中的卵母細胞以及卵黃生成前卵細胞 (previtellogenic

oocytes, PR) 組成 (Fig. 6A)，可由卵黃生成前卵細胞其細胞質周邊出現小囊泡 (vesicles) 判斷卵黃要開始形成，GSI 值範圍為 0.97 – 8.28。

(二) 發育初期 (early-development stage, II)

卵巢逐漸增大，顏色由白色轉為膚色或淡橘色 (Fig. 5B)。透過組織切片觀察，此時卵巢主要由卵黃生成前卵細胞和早期卵黃細胞 (early vitellogenic oocytes, EVO) 組成 (Fig. 6B)，本期主要的現象是卵黃形成與累積，GSI 值範圍為 1.5 – 10.4。

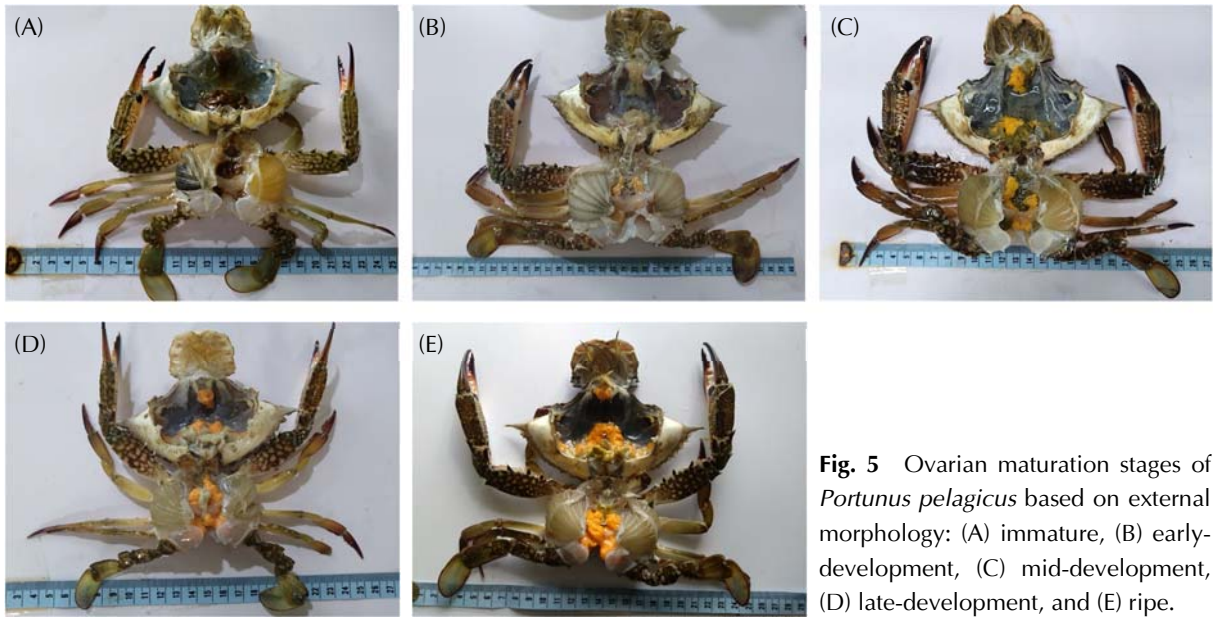


Fig. 5 Ovarian maturation stages of *Portunus pelagicus* based on external morphology: (A) immature, (B) early-development, (C) mid-development, (D) late-development, and (E) ripe.

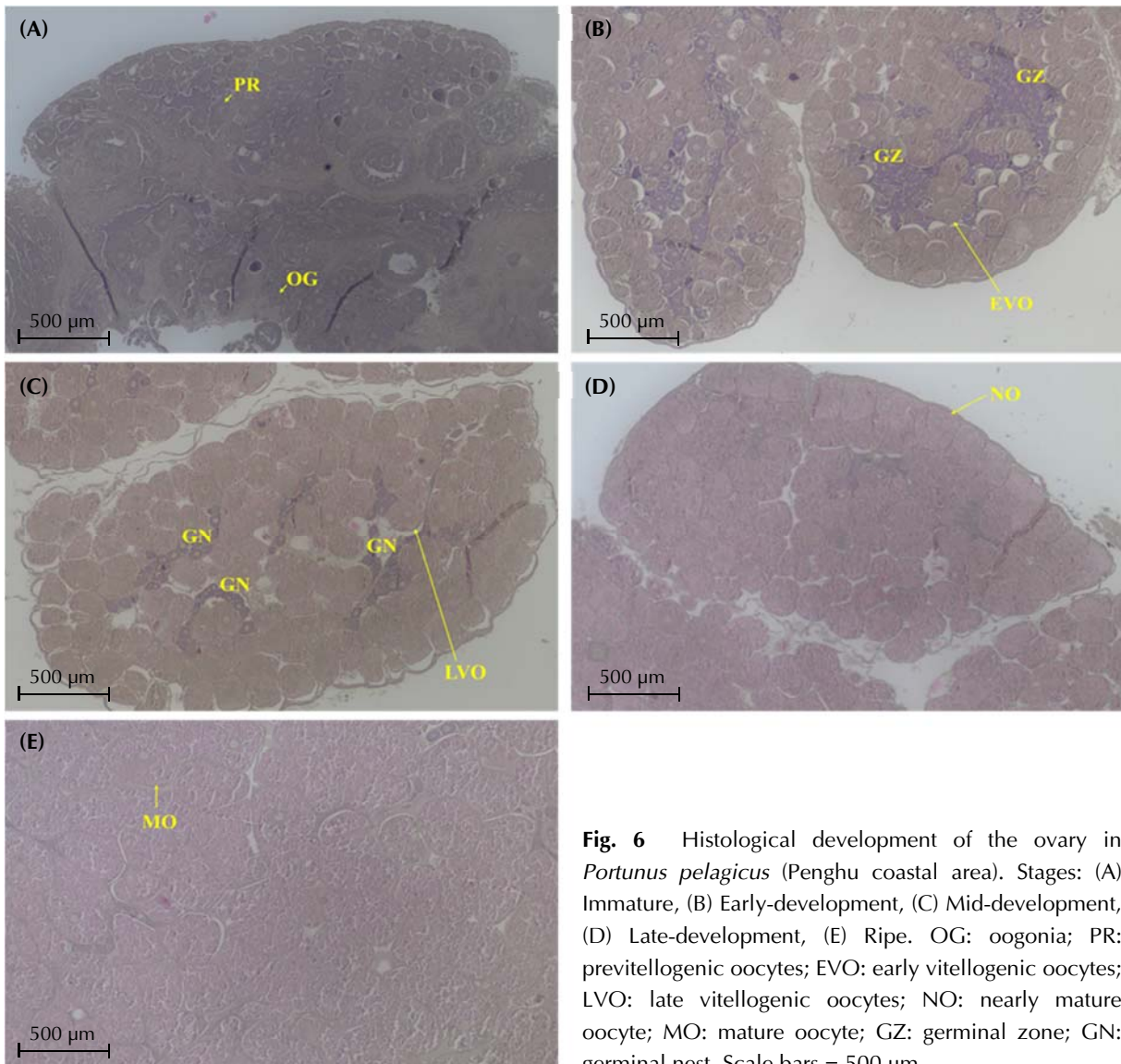


Fig. 6 Histological development of the ovary in *Portunus pelagicus* (Penghu coastal area). Stages: (A) Immature, (B) Early-development, (C) Mid-development, (D) Late-development, (E) Ripe. OG: oogonia; PR: previtellogenic oocytes; EVO: early vitellogenic oocytes; LVO: late vitellogenic oocytes; NO: nearly mature oocyte; MO: mature oocyte; GZ: germinal zone; GN: germinal nest. Scale bars = 500 μm .

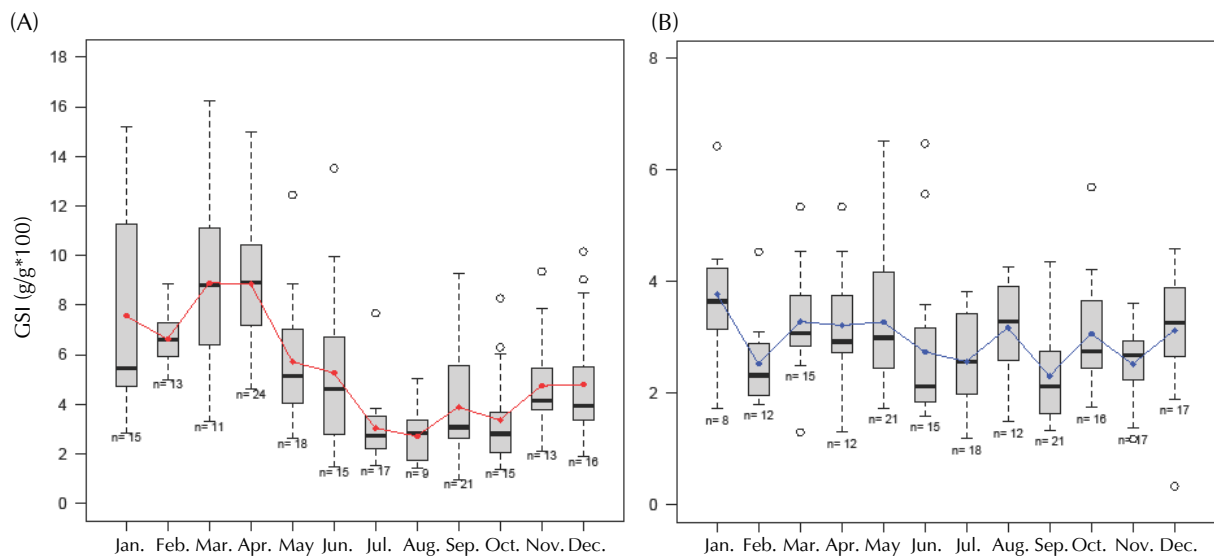


Fig. 7 Monthly variations in the gonadosomatic index (GSI) for (A) female and (B) male blue swimmer crabs (*Portunus pelagicus*) in the Penghu coastal area. Boxplots represent the distribution of data; red and blue dotted lines indicate the monthly mean GSI for females and males, respectively.

(三) 發育中期 (mid-development stage, III)

卵巢呈現黃色並有明顯的兩葉狀結構，體積亦持續增大，後葉有螺旋狀結構 (Fig. 5C)。由組織切片可開始看到後期卵黃細胞 (later vitellogenic oocytes, LVO) 出現，其卵黃囊 (yolk vesicle) 充滿整個細胞質，以及濾泡層的發育相當完整，並且大的卵黃顆粒首先在靠近濾泡層之區域先形成 (Fig. 6C)，GSI 值範圍為 1.4 – 16.3。

(四) 發育晚期 (late-development stage, IV)

卵巢呈黃色至橙色並有結節狀突起，此階段卵巢大幅增加，推擠到肝胰腺且胃腔和腸腔被中葉及後葉覆蓋，並且卵粒開始明顯 (Fig. 5D)。組織切片觀察下，卵巢中以後期卵黃細胞及接近成熟的卵細胞 (nearly mature oocyte, NO) 為主，其卵黃球濃度高，本階段卵黃生成大致完成，並且隨著接近成熟，切片上觀察到的生發中心 (germinal zone, GZ) 及生發巢 (germinal nest, GN) 比例漸小 (Fig. 6D)，GSI 值範圍為 2.8 – 10。

(五) 成熟期 (ripe stage, V)

卵巢非常大且成熟飽滿，幾乎占據整個背甲內部的空間，顏色為橘紅色並清晰可見 (Fig. 5E)。從組織學切片觀察卵母細胞的特徵是以接近成熟

的卵細胞 (NO) 及成熟卵細胞 (mature oocyte, MO) 為主，並且此階段生發中心 (GZ) 或生發巢 (GN) 的比例極低或完全沒有 (Fig. 6E)，GSI 值範圍為 2.2 – 15。

五、50%性成熟甲殼寬 (CW₅₀)

從卵巢外觀判定是否達到性成熟，然後以邏輯曲線求得雌蟹 (n=188) 性成熟比率 (P) 與 CW 關係式如下：

$$P = \frac{e^{-15.5770+1.0909CW}}{1 + e^{-15.5770+1.0909CW}}$$

由此關係式推估其 CW₅₀ 約為 142.80 mm。

六、生殖腺之月別變化

(一) 生殖腺指數之月別變化

雌蟹平均 GSI 之月別變化如 Fig. 7A 所示。其平均值介於 2.72 至 8.89 之間，高峰出現在 3 月 (8.89) 與 4 月 (8.86)；自 7 月起 GSI 降至低點，其中以 8 月最低 (2.72)，且 7 – 12 月之平均 GSI 均低於 5，直至 9 月後才呈現緩步上升趨勢。

雄蟹平均 GSI 變化趨勢如 Fig. 7B 所示，其值介於 2.30 – 3.77 之間，變幅明顯較雌蟹小。最高值與最低值分別出現在 1 月 (3.77) 與 9 月 (2.30)。

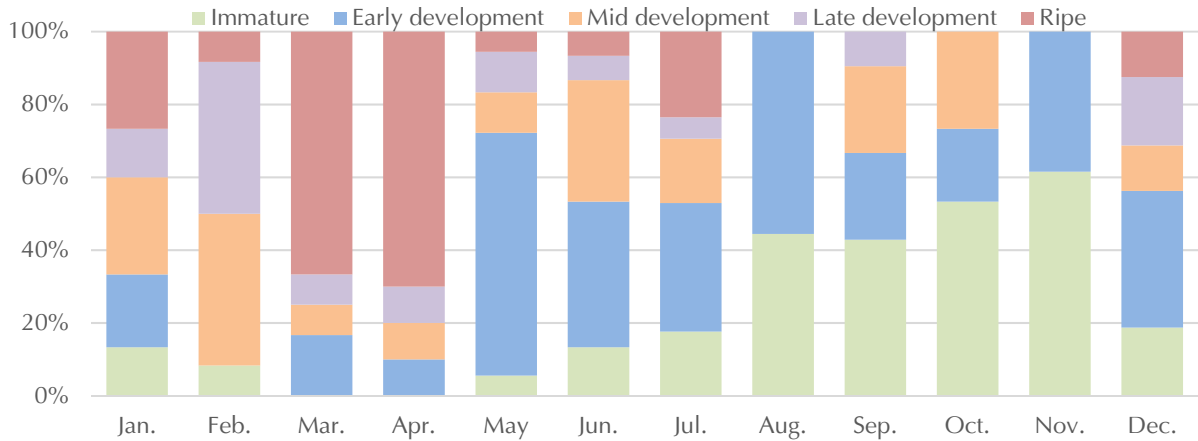


Fig. 8 Monthly variations in the proportion of ovarian maturation stages for female *Portunus pelagicus* in the Penghu coastal area.

(二) 生殖腺各發育階段之月別變化

雌性生殖腺成熟階段比例變化如 Fig. 8 所示。未成熟期樣本主要分布於 8 - 11 月，並以 11 月之比例最高 (61%)，而 3、4 月則完全無未成熟期樣本；發育初期以 5 月比例最高 (67%)，8 月次之 (56%)，2 月則未發現；發育中期於 2 月達到高峰 (38%)，6 月次之 (33%)，8 月與 11 月則無樣本。發育後期分布於 1 - 7 月、9 月及 12 月，以 2 月最高 (38%)；成熟期則集中在 1 - 7 月及 12 月，其中以 4 月 (70%) 與 3 月 (67%) 比例最高，8 - 11 月間則無成熟期樣本。

七、卵徑、孕卵數及初期孵化之存活率

(一) 單次抱卵數 (F)

本研究分析 33 隻抱卵雌蟹 (甲殼寬範圍 126 - 172 mm)，其單次抱卵數介於 31.5 萬 - 130 萬顆之間，平均值為 79.83 萬顆。單次抱卵數 (F) 與甲殼寬 (CW) 之線性迴歸關係 (Fig. 9) 如下：

$$F = 1.76CW - 182.73$$

$$n = 33, R^2 = 0.70$$

(二) 體型大小與抱卵卵徑

透過盒鬚圖 (Fig. 10) 檢視各體型組的卵徑分佈。除體重 (BW) 為 212 g 樣本的卵徑異常低於平均外，其餘樣本顯示卵徑隨體型增大而提升之趨勢。經 Kruskal-Wallis 檢定分析結果如下：

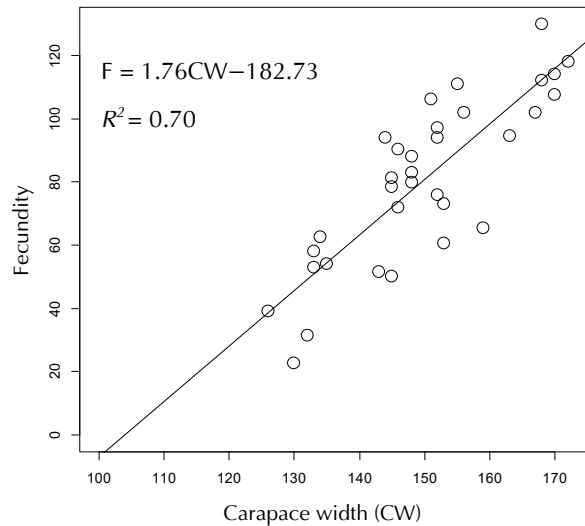


Fig. 9 Relationship between carapace width (CW) and fecundity for ovigerous females of *Portunus pelagicus*.

1. 小體型樣本 (BW < 200 g, n = 4)：各樣本間卵徑皆無差異 ($p = 0.2916$)。
2. 中體型樣本 (BW 200 - 300 g, n = 5)：樣本間有顯著差異 ($p = 9.727e^{-12}$)，經 Holm 事後檢定發現，僅 212 g 樣本與其他樣本有明顯差異 (Table 3)，此結果與盒鬚圖中該樣本分佈較低之情形一致。
3. 大體型樣本 (BW > 300 g)：由於樣本僅有一隻，故與全數樣本進行檢定，結果顯示有顯著差異 ($p < 0.05$)。進一步檢定發現，該樣本 (306 g) 僅與中體型組之 258 g 樣本無顯著差異，與其餘樣本皆有顯著差異 (Table 4)，此結果亦可從盒鬚圖觀察得知。

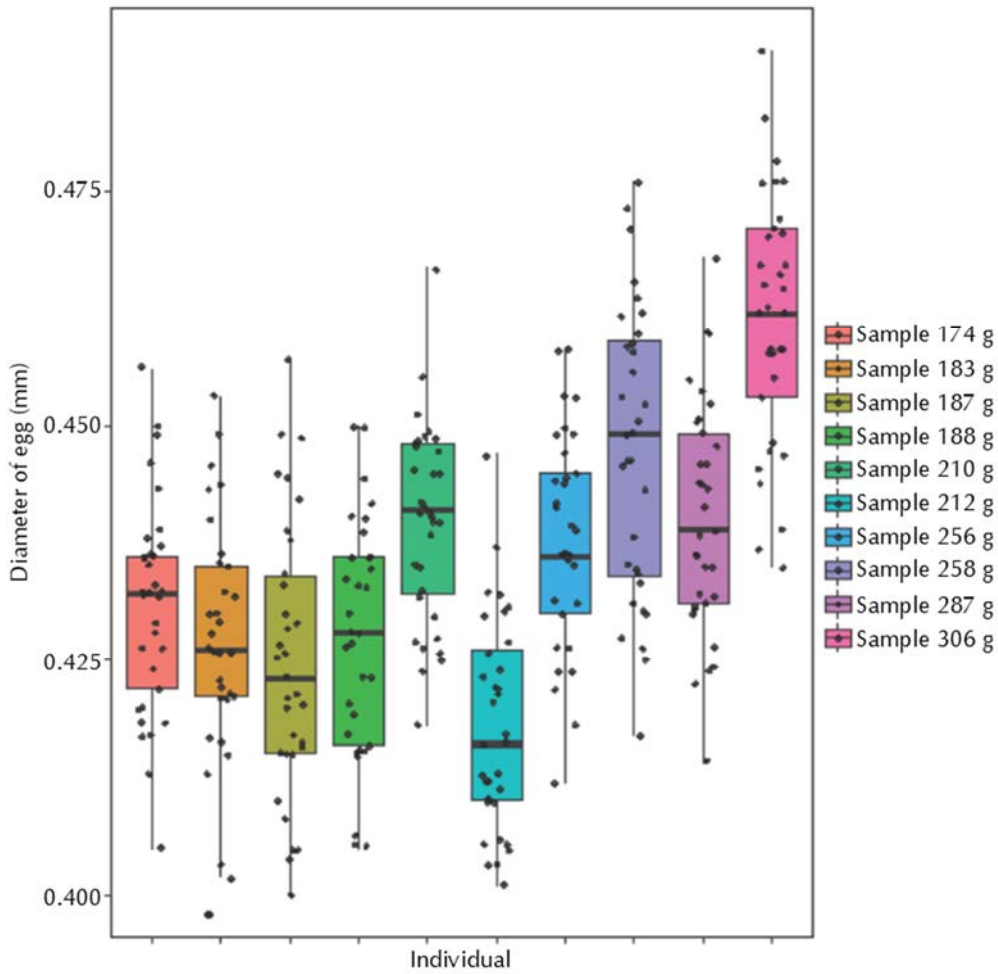


Fig. 10 Boxplot of egg diameter across different size classes of ovigerous *Portunus pelagicus*.

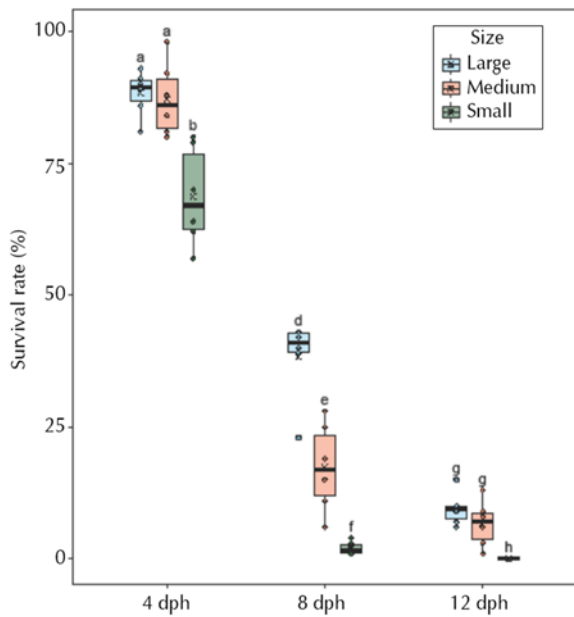


Fig. 11 Box plot of larval survival rates from three different size classes of female *Portunus pelagicus*. Means within a group that do not share a letter are significantly different ($p < 0.05$).

(三) 體型大小與初期存活率

透過 Fig. 11 可以觀察到在孵化後第 4 天，大體型和中體型存活率表現接近；由 Table 5 顯示大、中體型兩者之變異係數 (CV) 分別為 5% 與 8%，並無太大差距，而小體型存活率則明顯低於大、中體型。將孵化後第 4 天的各體型級距進行單因子變異數分析，結果顯示具有顯著差異 ($p < 0.05$)。經 Tukey HSD 事後檢定 (Fig. 12) 顯示，大體型和中體型存活率無顯著差異。

在孵化後第 8 天，由 Fig. 11 和 Table 5 可看出三者存活率皆明顯下降。大體型存活率雖出現一極端離群值 (CV 為 20%)，但其整體存活率仍較中、小體型穩定且高。變異數分析結果顯示三種體型存活率數值具顯著差異 ($p < 0.05$)，經事後檢定 (Fig. 12) 顯示三組間均具顯著差異。

最後，在孵化後第 12 天，小體型個體已全數死亡 (存活率為 0)。大體型除一極端值外，整體存

Table 3 Results of Holm post-hoc test for *Portunus pelagicus* in the medium size class (200–300 g)

Group	Sample 210	Sample 212	Sample 256	Sample 258
Sample 212	5.379*	—	—	—
Sample 256	0.635 (ns)	-4.744*	—	—
Sample 258	-1.704 (ns)	-7.083*	-2.339 (ns)	—
Sample 287	-0.122 (ns)	-5.502*	-0.758 (ns)	1.581 (ns)

Note: Values are expressed as test statistics. Asterisk indicates significant difference: * $p < 0.05$. "ns" denotes non-significant.

Table 4 Results of Holm post-hoc test for *Portunus pelagicus* categorized into three size classes

Group	S174	S183	S187	S188	S210	S212	S256	S258	S287
S183	1.131 (ns)	—	—	—	—	—	—	—	—
S187	1.400 (ns)	0.269 (ns)	—	—	—	—	—	—	—
S188	0.909 (ns)	-0.222 (ns)	-0.491 (ns)	—	—	—	—	—	—
S210	-2.338 (ns)	-3.469*	-3.738*	-3.247*	—	—	—	—	—
S212	3.121*	1.989 (ns)	1.720 (ns)	2.211 (ns)	5.458**	—	—	—	—
S256	-1.685 (ns)	-2.816 (ns)	-3.085*	-2.594 (ns)	0.653 (ns)	-4.805**	—	—	—
S258	-3.754*	-4.885**	-5.154**	-4.663**	-1.416 (ns)	-6.874**	-2.069 (ns)	—	—
S287	-2.388 (ns)	-3.519*	-3.788*	-3.297*	-0.050 (ns)	-5.508**	-0.703 (ns)	1.366 (ns)	—
S306	-6.264**	-7.395**	-7.664**	-7.173**	-3.926*	-9.384**	-4.579**	-2.510 (ns)	-3.876*

Note: Values are expressed as test statistics. Asterisks indicate significant differences: * $p < 0.05$; ** $p < 0.001$. "ns" denotes non-significant.

活率情形仍較中體型穩定。經變異數分析 ($p < 0.05$) 與事後檢定得知，大、中體型之存活率無顯著差異。

討 論

一、樣本體型組成與性比

本研究之遠海梭子蟹樣本均來自於澎湖縣馬公市壽裡里沿岸水域及潮間帶，以潛水方式徒手採集。樣本甲殼寬分布範圍：雌性為 110–191 mm，雄性則為 111–188 mm；兩性別均集中在甲殼寬 130–140、140–150、150–160 mm 的組別中 (Fig 3)，且各組距兩性別數量接近相等。月別體型變動方面，其大致趨勢為雌性在非生殖季期間大體型數量較多，到生殖季期間以中小體型為主，雄性變動趨勢也與雌性一致。

比較不同地區之研究，de Lestang *et al.* (2003b) 於澳洲西部沿岸五個地點調查 (兩個河

口及三個海灣)，水深均不超過 19 m；其中科本海灣 (Cockburn Sound) 調查顯示，雌、雄樣本均集中約在 8–14 cm，且因該研究採樣包含稚蟹，甲殼寬範圍為雌蟹 2–16 cm、雄蟹 1–16 cm。在該區 8 月到隔年 1 月生殖季期間，除 1 月雌雄數量有顯著差距外，其餘月份數量差距不大，且生殖季前之雌雄比例持續接近 1:1。Johnson *et al.* (2010) 於澳洲東南部 Wallis Lake 河口調查，雌蟹樣本集中在甲殼長 55–59 mm、60–64 mm、65–69 mm，比例依序為 21.86%、32.91%、30.84%。Johnston *et al.* (2011) 研究顯示，1999 至 2006 年調查之雌雄樣本集中於 12.5–15.0 cm (後因資源量下降於 2006 年 12 月關閉漁場)；2006–2008 年非漁業依賴方法調查之甲殼寬則集中在 14–16 cm。性別數量方面，在抱卵雌蟹出現之月份，除 1 月雌性數量低於雄性外，其餘抱卵月份雌蟹均多於雄蟹，除此之外之月份則皆以雄蟹佔多數。

Zairion *et al.* (2015) 分三組探討：雄性甲殼寬 71.27–181.17 mm (平均 119.80 mm，標準差

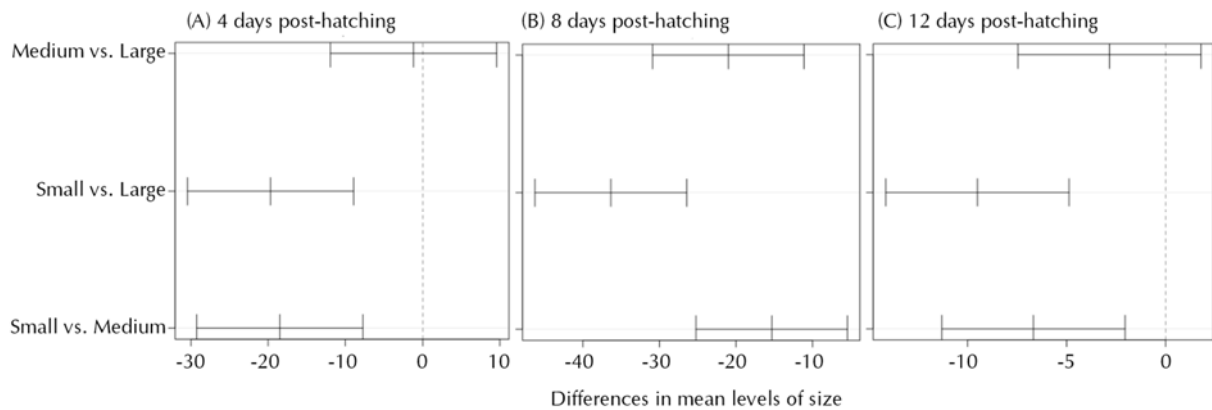


Fig. 12 Tukey's HSD post-hoc test results for pairwise comparisons of *Portunus pelagicus* larval survival rates across three maternal size classes. Results are categorized by developmental stages: (A) 4 days post-hatching (dph), (B) 8 dph, and (C) 12 dph. The horizontal bars represent the 95% family-wise confidence intervals. A comparison is considered statistically significant ($p < 0.05$) when its confidence interval does not cross the vertical dashed line at zero. Differences to the left of the zero line indicate that the first group in the pair has a significantly lower survival rate than the second.

Table 5 Survival rate (%) of *Portunus pelagicus* larvae from three maternal size classes at 4, 8, and 12 days post-hatching (dph)

Number	Small (<200g)			Medium (200-300g)			Large (>300g)		
	4 dph	8 dph	12 dph	4 dph	8 dph	12 dph	4 dph	8 dph	12 dph
1	79	4	0	81	15	9	81	23	10
2	64	1	0	98	19	6	91	42	15
3	57	1	0	88	6	1	90	40	9
4	80	3	0	84	25	8	93	43	6
5	70	2	0	80	11	3	86	39	10
6	62	1	0	92	28	13	89	43	7
Mean	68.67	2	0	87.17	17.33	6.67	88.33	38.33	9.5
SD	9.37	1.26	0	6.94	8.36	4.32	4.27	7.69	3.15
CV	0.14	0.63	0	0.08	0.48	0.65	0.05	0.20	0.33

Note: Numbers 1 – 6 represent individual replicates (n = 6). SD: standard deviation; CV: coefficient of variation.

19.86 mm)、未抱卵雌蟹 74.12 – 173.21 mm (平均 117.38 mm, 標準差 19.23 mm)、抱卵雌蟹 91.58 – 168 mm (平均 127.44 mm, 標準差 15.76 mm); 三組對應之甲殼長分別為 30.62 – 84.74 mm (平均 54.70 mm)、31.52 – 80.39 mm (平均 52.48 mm)、40.55 – 79.30 mm (平均 58.11 mm), 性比為 0.58。Razek *et al.* (2019) 於埃及亞歷山大港附近地中海沿岸瀉湖研究亦分三組: 雄蟹甲殼寬 78.3 – 146.3 mm (平均 104.7 mm, 標準差 16.7 mm)、未

抱卵雌蟹 64.6 – 135.1 mm (平均 98.2 mm, 標準差 14.8 mm)、抱卵雌蟹 77.0 – 166.0 mm (平均 98.3 mm, 標準差 13.1 mm); 數量上雄蟹 132 隻、雌蟹 313 隻, 性比 0.7。Sabrah *et al.* (2020) 於埃及蘇伊士運河大苦湖 (Great Bitter Lakes) 調查, 雄蟹甲殼寬 5.0 – 16.0 cm、雌蟹 5.0 – 15.0 cm, 總樣本中雄蟹較多 (雄 865 隻、雌 697 隻), 多數月份雄性多於雌性, 唯在冬季 (1 – 2 月) 及夏季 (6 – 7 月) 兩個生殖季期間, 性比接近 1:1 且雌蟹略多。ElSaid *et al.*

(2022) 發現埃及 Bardawil 瀉湖兩性別甲殼寬頻度集中在 7、9–10 cm (範圍均為 4–15.5 cm)，雌蟹 3,513 隻、雄蟹 2,928 隻，除 5、9–11 月雌性多於雄性外，其餘月份皆由雄性佔多數。

國內方面，何等 (2016) 於高雄沿岸調查發現，雄蟹甲殼寬 78.17–159.89 mm (優勢組 130–140 mm，佔 30.6%)、雌蟹 80.38–166.09 mm (優勢組同為 130–140 mm，佔 25.6%)，兩性主集中在 110–150 mm 各組距間；其中 130–140 mm 以雄蟹略多，80–90 mm 以雌蟹為主，70–80 mm 僅見雄性，160–170 mm 僅見雌性。造成不同區域樣本甲殼寬組成差異的原因，可能包含不同地理生態環境下的生長速率差異、作業漁具漁法之不同，進而導致成長參數有所區別 (Devaraj, 1981; ElSaid *et al.*, 2022)；此外，不同系群的成長速率亦存在差異 (Adams, 1980; Sparre, 1993)。市場價格與需求量因素亦促使針對特定性別及體型大量捕撈，使其面臨不同之漁業壓力，此為區域間甲殼寬頻度與性比差異的原因之一 (Sabrah *et al.*, 2020)。性比差異亦受採樣時間與地區不同影響 (Mulyono, 2017)。相關研究指出，遠海梭子蟹於生殖期會移往海灣下游或深水產卵 (Johnston *et al.*, 2011; Zairion *et al.*, 2015)，其生活史不同階段具有不同遷徙行為且具區域差異，加上生殖群聚現象及不同體型、性別之覓食群聚模式，均共同影響了樣本之甲殼寬組成與性比。

二、性成熟甲殼寬

性成熟體長是生殖生物學的重要參數，更是資源評估與漁業管理不可或缺的指標；管理單位常據此制定最小合法捕撈體長 (Sabrah *et al.*, 2020)，旨在確保個體在被捕撈前至少有一次繁衍機會，以達成資源永續利用 (Overton and Macintosh, 2002)。本研究透過觀察卵巢外部形態與生殖腺成熟指數 (GSI)，經廣義線性模式 (GLM) 推估雌蟹之 50% 性成熟甲殼寬 (CW_{50}) 為 142.8 mm。此結果與各地區研究差異甚大，且與實際觀察不符，推測主因係採樣偏差：本研究採潛水徒手採集，樣本體型偏大 (甲殼寬均在 100 mm 以上，最大達 191 mm)，缺乏 100 mm 以下之樣本；此外，我國漁業法規規定沿海不得捕撈甲殼寬未滿 90 mm 之遠海梭子蟹，亦

可能導致樣本組距分布不均。

對比各區研究，Razek *et al.* (2019) 以組織學判定雌蟹 CW_{50} 為 96.1 mm。若以卵巢外部形態判定：Sabrah *et al.* (2020) 估計埃及海域雌蟹 CW_{50} 為 84.5 mm；Zairion *et al.* (2015) 針對印尼海域雌蟹調查顯示，其 CW_{50} 約為 103 ± 0.1 mm；而 Johnson *et al.* (2010) 於澳洲研究之雌蟹甲殼長 (CL) 為 46 mm (該數據經 Sabrah *et al.* (2020) 換算後約為甲殼寬 96.0 mm)。de Lestang *et al.* (2003b) 調查澳洲西部五個不同緯度地點，其雌蟹 CW_{50} 依序為：Koombana 海灣 86.9 mm、Leschenault 河口 98.0 mm、Peel-Harvey 河口 97.5 mm、Cockburn 海灣 86.4 mm 及 Shark 海灣 92.0 mm；該區域海水月平均溫度以 Shark 海灣最高，Cockburn 海灣次之，其餘三處接近。

綜合各區域研究發現，即便地理位置鄰近或處於同緯度，其性成熟體型亦不盡相同。一般而言，遠海梭子蟹性成熟甲殼寬與水溫成反比 (Weng, 1992; de Lestang *et al.*, 2003b)，故熱帶地區的成熟體型通常小於副熱帶與溫帶地區 (Cheng *et al.*, 2014)。造成研究結果差異的原因很多，首先是環境條件的變異，諸如食物豐度、種群密度、捕食壓力、寄生蟲 (如藤壺或板茗荷屬) 及水溫等 (Zairion *et al.*, 2015; Hidayani *et al.*, 2021)；其中，食物豐度與競爭會直接影響個體的生長速度，而水溫則調控生殖腺發育與繁殖期長短 (Pollock, 1995; Kumar *et al.*, 1999)，高水溫環境通常伴隨較長的生殖季並促使個體提早性成熟。此外，系群間的遺傳差異亦是關鍵 (Hines, 1982)，如微衛星 DNA 研究證實不同海域群體間存在基因組成差異 (Chaplin *et al.*, 2001)。

人為因素與採樣設計同樣影響評估結果，密集的漁獲作業可能導致生物過漁 (Biological overfishing)，進而造成體型小型化與性成熟提前 (Dixon and Hooper, 2010)。採樣地點的選擇亦至關重要，由於成熟雌蟹常由河口遷往海外產卵 (de Lestang *et al.*, 2003a, b; Johnson *et al.*, 2010; Zairion *et al.*, 2015)，若在生殖腺完全發育前於遷移路徑採樣，會因成熟個體比例變動導致邏輯迴歸曲線向右偏移。漁具選擇性亦不容忽視，陷阱漁具捕獲之體型通常大於拖網或刺網，可能導致 CW_{50} 結果低估 (Smith *et al.*, 2004; Johnson *et al.*,

2010)。最後，評估標準與統計方式的差異，如形態測量數據的不確定性可能使回歸曲線斜率較生殖腺數據平緩 (de Lestang *et al.*, 2003b)，因此建立統一的生殖腺成熟分期標準或採用組織學判定，對提升研究精確性與可比較性至關重要 (Cheng *et al.*, 2014)。本研究因缺少部分體型級距樣本，未來應持續完善樣本涵蓋範圍，並深入調查澎湖海域之生態與遷徙行為，以優化估算之精確度。

三、生殖季節

本研究結合生殖腺成熟指數 (GSI) 與卵巢外觀分期之月別變動進行分析，結果顯示澎湖海域遠海梭子蟹的生殖高峰位於 3 – 4 月，此期間 GSI 值處於高位，且成熟期個體比例均達 60% 以上。此外，自 11 月起 GSI 值 (4.74) 至翌年 6 月 (5.28) 均維持高值，且 12 月至 7 月各月份均有成熟期樣本出現，據此推論其生殖季長達 8 個月。在抱卵雌蟹的觀察方面，本研究採樣收集到的抱卵樣本僅分布於 2 – 7 月，惟根據潛水人員於 9 月至翌年 2 月的目視調查顯示，野外仍具一定數量的抱卵雌蟹，且 1 – 2 月多數中型雌蟹已有抱卵現象。未來將加強月別抱卵率的資料蒐集，以作為推估生殖季節的關鍵指標。

本研究亦觀察到與王 (2011) 針對澎湖紅星梭子蟹研究相似之結果，即抱卵雌蟹之卵巢仍有第二至第五期的發育現象，顯示其具備連續抱卵二次以上之能力。此現象在人工畜養實驗中得到證實：野外攜回之抱卵雌蟹於實驗室排卵後，在短時間內可再次抱卵。綜上推論，遠海梭子蟹具備綿長之生殖季，且終年皆有抱卵現象。

對比國內研究，何等 (2016) 指出臺灣西南海域之抱卵高峰期為 1 – 3 月、6 月及 8 月，GSI 高值則分布於 1 – 3 月、6 月與 12 月 (峰值於 1 月)，且終年可見成熟與抱卵個體。該研究顯示之生殖範圍與本研究基本吻合，僅高峰與低值之時間點略有差異。考量兩地緯度與地理位置相近，此微差可能源於採樣方式或地點之不同。

在國際研究方面，生殖季節表現隨地理位置與氣候而異：澳洲海域之 de Lestang *et al.* (2003b) 依據生殖腺重與抱卵率，指出生殖季位於冬末至

夏初；Johnson *et al.* (2010) 在西澳河口發現 11 月至翌年 7 月均有成熟個體出現，抱卵高值則集中於 11 – 12 月 (春末夏初)；印度及埃及海域之 Sahoo *et al.* (2011) 研究顯示印度東岸 Chilika 潟湖之生殖季集中於雨季，而 Sabrah *et al.* (2020) 在埃及海域觀測到 1 – 2 月 (冬季) 與 6 – 8 月 (夏季) 兩個生殖高峰；赤道及熱帶海域之 Zairion *et al.* (2015) 於印尼研究發現抱卵高峰為 4 – 6 月及 10 – 11 月，Razek *et al.* (2019) 則觀察到 3 – 10 月有長達八個月的抱卵期，並具雙高峰 (4 – 5 月、8 – 9 月)，證實個體一年可多次抱卵且全年皆有生殖行為。

上述研究均顯示，遠海梭子蟹在熱帶及副熱帶地區具有全年繁殖與一年多次抱卵之特性。各地區生殖高峰之差異主因於環境條件不同 (Sahoo *et al.*, 2011)，其中水溫是影響十足目甲殼類生殖腺發育與排卵的核心因子，適宜水溫能顯著促進產卵活動 (Pollock, 1995; de Lestang *et al.*, 2003b; Sabrah *et al.*, 2020)。此外，鹽度變化、食物來源及捕食壓力亦是影響生殖週期變動的重要因子 (Zairion *et al.*, 2015)。

四、單次抱卵數

單次抱卵數研究是蟹類生殖生物學的核心項目，亦是評估系群資源量的重要指標 (Rasheed and Mustaqim, 2010; Ikhwanuddin *et al.*, 2012)。比較國外研究結果，Johnson *et al.* (2010) 分析 30 隻甲殼長 (CL) 為 55 – 80 mm 之抱卵雌蟹，其抱卵數介於 46,300 – 1,751,000 粒之間，且研究顯示隨著甲殼長級距上升，其抱卵重量與產卵能力均顯著增加；de Lestang *et al.* (2003b) 研究 40 隻甲殼寬 (CW) 為 84 – 154 mm (約對應 CL 38 – 56 mm) 之樣本，其抱卵數為 68,450 – 324,440 粒，並進一步結合抱卵批次推估其生殖潛能；Ikhwanuddin *et al.* (2012) 同樣針對 30 隻雌蟹 (CW 97.4 – 133.2 mm、體重 75 – 235 g) 進行分析，其抱卵數為 43,100 – 183,100 粒，並依據胚胎發育之卵色將樣本分組，分別探討其與體型及體重之關係。

本研究之單次抱卵數介於 315,000 – 1,300,000 粒之間 (CW 126 – 172 mm)，與上述研究趨勢相似，均顯示單次抱卵數與甲殼寬或體重

呈現正相關之線性關係 (Johnson *et al.*, 2010; Ikhwanuddin *et al.*, 2012)。關於抱卵數量的地域性差異，本研究觀察到最大抱卵數可達 1,300,000 粒，符合 Samuel and Soundarapandian (2009) 與 Soundarapandian and Tamizhazhagan (2009) 指出梭子蟹科每次可產百萬粒以上之觀察。

造成卵粒數量差異的原因，包含水溫波動、氣候適宜度等非生物因素 (Prager *et al.*, 1990)，以及種群密度、體型結構與成長速度等生物因素 (Johnson *et al.*, 2010)。此外，人為與生理因素亦可能導致誤差，例如蟹類在漁具捕獲、離開水面或實驗處理過程中，可能因緊迫產生剝落卵團之行為，或是在卵粒孵化期間的自然損耗 (蔡, 2006; Ikhwanuddin *et al.*, 2012)；根據 Hamasaki *et al.* (2006) 研究顯示，由產卵至孵化為幼體之過程中，卵粒數量的損失率可達 12%。

五、孵化後之初期存活率

為改善澎湖海域遠海梭子蟹的族群資源，透過放流大量幼蟹是有效的棲地補注方式，其首要任務在於繁養殖場內培育大量的高品質浮游幼體 (Zoea) (Sotelano *et al.*, 2018)。為降低育成成本，選擇具備高孵化存活率的親蟹至關重要，然而目前尚缺乏在孵化前即可精準預測幼蟹初期存活率的可靠指標 (Sacristán *et al.*, 2023)。本研究以抱卵雌蟹體型作為主要變因，結果顯示隨著雌蟹體型增大，其卵粒直徑亦隨之增加；此外，體重達 200 g 以上之雌蟹所孵化出的幼體具備較佳的存活率，若能在孵化後第 4 - 8 天提供適宜的生存環境，將可最大化幼體育成率。

在十足目甲殼類中，卵粒大小是決定營養成分的關鍵，其主要由蛋白質與脂質組成，而脂質在生殖、胚胎發育、卵粒孵化及幼體初期存活中扮演重要角色 (Hamid *et al.*, 2016; Hidayani *et al.*, 2021)。基於目前結果，未來人工育苗傾向選擇大體型抱卵雌蟹進行培育。然而，母體體型是否為後代品質的可靠指標，在學術界仍具爭議：部分研究支持體型與後代品質具相關性 (Sato and Yoseda, 2010; Militelli *et al.*, 2020)，但亦有研究顯示兩者並無顯著關聯 (Swiney *et al.*, 2013; Rey *et al.*, 2017)。

研究指出，孵化幼蟹的品質主要取決於親蟹

的生理狀態，受體型、年齡、營養狀況、生化組成、連續產卵次數及個體基因多樣性共同決定 (Tropea *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2018; Di Salvatore *et al.*, 2020)；其中，親蟹體內生化儲備轉換至卵粒的效率，對胚胎與幼生發育至關重要 (Racotta, 2003)。在短尾蟹類 (Brachyuran crabs) 中，母體供給的營養與能量易受溫度、光週期等環境因子影響，進而造成卵粒數量、幼蟹生化特徵與生長表現的年度差異 (Giménez, 2010; Verisimo *et al.*, 2011; Rotllant *et al.*, 2013)。Di Salvatore (2019) 甚至觀察到，同一隻雌蟹在不同日期孵化出的幼蟹，其存活率亦有所波動。

針對異尾下目 (Anomura) 的研究 (如石蟹科) 提供進一步見解：Sacristán *et al.* (2023) 指出南方帝王蟹 (*Lithodes santolla*) 的母體體型會影響卵巢能量的累積，且多次抱卵雌蟹 (multiparous females) 卵巢中的脂質與蛋白質含量高於首次抱卵雌蟹 (primiparous females)，顯示其生殖腺品質較佳。本研究雖尚未對此深入探討，但初步假設體重未達 200 g 之個體為首次抱卵雌蟹。相較之下，雪蟹 (*Chionoecetes opilio*) 與紅帝王蟹 (*Paralithodes camtschaticus*) 的研究則顯示，首次生殖雌蟹的卵粒較大且能量較高 (Sainte-Marie *et al.*, 2008; Swiney and Long, 2015)；而其他研究則認為體型與胚胎品質、卵體積或生化含量 (脂質、蛋白質等) 無相關性 (Swiney *et al.*, 2013; Díaz-Arce *et al.*, 2019; Colombo *et al.*, 2021)。

目前本研究僅證實不同體型之遠海梭子蟹卵徑存在差異，未來應導入生化分析以深化討論。由於遠海梭子蟹具備一年多次抱卵的特性，且「青春脫殼」(Puberty moult) 是判定性成熟與產卵能力的關鍵特徵 (Cheng *et al.*, 2014)，後續將採集接近性成熟但尚未進行青春脫殼 (腹部呈三角形) 之雌蟹進行圈養，觀察其首次產卵與後續多次產卵的差異，以期找出預測幼體品質的可靠指標。

參考文獻

- 王崧華 (2011) 澎湖海域蟹籠捕獲之紅星梭子蟹生殖生物學. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 59 pp.
- 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.
- 蔡枚娥 (2006) 台灣東北部海域長手隆背蟹之漁業生物學研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 70 pp.
- Adams, P. B. (1980) Life history patterns in marine fishes and their consequences for fisheries management. *Fish. Bull.*, 78 (1): 1-12.
- Addison, J. T. and D. Bennett (1992) Assessment of minimum landing sizes of the edible crab, *Cancer pagurus* L., on the east coast of England. *Fish. Res.*, 13 (1): 67-88.
- Chande, A. and Y. Mgaya (2003) The fishery of *Portunus pelagicus* and species diversity of Portunid crabs along the coast of dar es salaam, tanzania. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.*, 2 (1): 75-84.
- Chaplin, J. A., E. S. Yap, E. Sezmiş and I. C. Potter (2001) Genetic (microsatellite) determination of the stock structure of the blue swimmer crab *Portunus pelagicus* in Australian waters. *Mar. Biol.*, 138 (3): 523-540.
- Cheng, Y., Z. Liu, X. Wu, W. Wang and B. Yan (2014) Size distribution and monthly variation of ovarian development for the female blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* in Beibu Gulf, off south China. *Sci. Mar.*, 78 (2): 257-268.
- Colombo, J., A. Blandi, P. Lértora and M. Varisco (2021) Differences in the timing of egg extrusion and reproductive investment between primiparous and multiparous females of the southern king crab *Lithodes santolla*. *Mar. Biol. Res.*, 17 (7-8): 723-732.
- Davis, J. A. (2003) Development of hatchery techniques for the mud crab *Scylla serrata* (Forsskål). PhD Thesis, Ghent Univ., Belgium, 179 pp.
- de Lestang, S., N. Hall and I. C. Potter (2003a) Influence of a deep artificial entrance channel on the biological characteristics of the blue swimmer crab *Portunus pelagicus* in a large microtidal estuary. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 295 (1): 41-61.
- de Lestang, S., N. G. Hall and I. C. Potter (2003b) Reproductive biology of the blue swimmer crab (*Portunus pelagicus*, decapoda: Portunidae) in five bodies of water on the west coast of Australia. *Fish. Bull.*, 101 (4): 745-757.
- Devaraj, M. (1981) Age and growth of three species of seerfishes *scomberomorus commerson*, *S. Guttatus* and *S. Lineolatus*. *Indian J. Fish.*, 28 (1&2): 104-127.
- Di Salvatore, P. (2019) Efectos de las prácticas pesqueras sobre la fecundidad y supervivencia larval en centollas. PhD Thesis, Univ. Nac. de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina., 185 pp.
- Di Salvatore, P., H. J. Sacristán, M. P. Sotelano, F. Tapella, M. Gowland-Sainz and G. A. Lovrich (2020) Southern king crab larval survival: From intra- and interfemale variations to a fishery-induced mortality. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 77 (12): 1893-1903.
- Díaz-Arce, N., P. Di Salvatore, M. F. Gowland-Sainz and G. A. Lovrich (2019) Differential reproductive investment in females of *Lithodes santolla* (decapoda: Anomura) from different regions of southern South America. *Sci. Mar.*, 83 (4): 307-319.
- Dixon, C. and G. Hooper (2010) Blue crab (*Portunus armatus*). Fishery Assessment Report to PIRSA Fisheries. SARDI Research Report Series No. 450. South Australian Research and Development Institute (SARDI), Adelaide, 62 pp.
- ElSaid, M. H., G. D. Hassanen, A. Elnabi, H. ElSayed and A. A. Omar (2022) Length-weight relationship, sex ratio and condition factor of blue swimmer crab (*Portunus pelagicus*) in Bardawil Lagoon, Egypt. *Sinai J. Appl. Sci.*, 11 (4): 739-754.
- FAO (2023) The FAO global capture production database.
- Fisheries Western Australia (2000). Synopsis of the biology and exploitation of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* Linnaeus, in Western Australia. *Fish. Res. Rep.*, No. 121, Fisheries Western Australia, 22 pp.
- Giménez, L. (2010) Relationships between habitat conditions, larval traits, and juvenile performance in a marine invertebrate. *Ecology*, 91 (5): 1401-1413.
- Hamasaki, K., K. Fukunaga and S. Kitada (2006) Batch fecundity of the swimming crab *Portunus trituberculatus* (brachyura: Portunidae). *Aquaculture*, 253 (1-4): 359-365.
- Hamid, A., Y. Wardiatno, D. T. F. L. Batu and E. Riani (2016) Distribution, body size, and eggs of ovigerous swimming crab (*Portunus pelagicus* linnaeus 1758) at various habitats in Lasongko Bay, Central Buton, Indonesia. *Int. J. Aquat. Biol.*, 4 (2): 108-116.

- Hidayani, A. A., Y. Fujaya, M. T. Umar, G. Wahab, A. Yuliana and A. I. Asphama (2021) Reproductive performance of female blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) from some waters in south Sulawesi. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 763, 012041.
- Hines, A. H. (1982) Allometric constraints and variables of reproductive effort in brachyuran crabs. Mar. Biol., 69: 309-320.
- Ikhwanuddin, M., M. Azra, H. Siti-Aimuni and A. Abol-Munafi (2012) Fecundity, embryonic and ovarian development of blue swimming crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) in coastal water of Johor, Malaysia. Pak. J. Biol. Sci., 15 (15): 720-728.
- Johnson, D. D., C. A. Gray and W. G. Macbeth (2010) Reproductive biology of *Portunus pelagicus* in a south-east Australian estuary. J. Crustac. Biol., 30 (2): 200-205.
- 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 (1): 119-130.
- Kumar, M., Y. Xiao, H. Williams, G. Ferguson, G. Hooper and S. Venema (1999) Blue crab fishery. S. Aust. Fish. Assess. Ser., 99: 2-27.
- Kunsook, C., N. Gajaseneni and N. Paphavasit (2014) A stock assessment of the blue swimming crab *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) for sustainable management in Kung Krabaen Bay, Gulf of Thailand. Trop. Life Sci. Res., 25 (1): 41-59.
- Militelli, M. I., C. Firpo, A. C. Mauna, K. A. Rodrigues and G. J. Macchi (2020) Reproductive potential of southern king crab (*Lithodes santolla*) in South Patagonian sector (south 48°S), a new fishery area. Fish. Res., 229: 105595.
- Militelli, M. I., C. Firpo, K. A. Rodrigues and G. J. Macchi (2019) Egg production and validation of clutch fullness indices scale of southern king crab, *Lithodes santolla*, in the central Patagonian sector, Argentina (44° – 48°S). Fish. Res., 211: 40-45.
- Mulyono, M. (2017) The frequency distribution of the length, gonad maturity stages, sex ratio, length at first mature and catch, width-weight relationship, and fisheries factors of blue swimmer crab (*Portunus pelagicus*) caught by crab nets landed at Tegalsari coastal fisheries port in Central Java. Int. J. Fish. Aquat. Stud., 5 (5): 660-668.
- Ovelheiro, A., J. Monteiro, P. Gonçalves, M. A. Campinho, F. Maia, M. A. Teodósio and F. Leitão (2023) Macro and microscopic maturation stage key of green crab (*Carcinus maenas*, Linnaeus 1758): Reproductive cycle and differences among estuarine systems. Fish. Res., 268: 106828.
- Overton, J. L. and D. J. Macintosh (2002) Estimated size at sexual maturity for female mud crabs (*Genus scylla*) from two sympatric species within Ban Don Bay, Thailand. Journal of Crustacean Biology, 22(4):790-797.
- Pollock, D. (1995) Changes in maturation ages and sizes in crustacean and fish populations. South African Journal of Marine Science, 15(1):99-103.
- Prager, M. H., J. R. McConaughy, C. M. Jones and P. J. Geer (1990) Fecundity of blue crab, *Callinectes sapidus*, in Chesapeake Bay: Biological, statistical and management considerations. Bull. Mar. Sci., 46 (1): 170-179.
- Racotta, I. (2003) Shrimp larval quality in relation to broodstock condition. Aquaculture, 227 (1-4): 107-130.
- Rasheed, S. and J. Mustaqim (2010) Size at sexual maturity, breeding season and fecundity of three-spot swimming crab *Portunus sanguinolentus* (Herbst, 1783) (Decapoda, Brachyura, Portunidae) occurring in the coastal waters of Karachi, Pakistan. Fish. Res., 103 (1-3): 56-62.
- Ravi, R. and M. K. Manisseri (2013) Alterations in size, weight and morphology of the eggs of blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758 (Decapoda, Brachyura, Portunidae) during incubation. Turk. J. Fish. Aquat. Sci., 13(3): 503-509.
- Razek, F. A. A., M. I. Farghaly, J. Sorour and A. Attia (2019) Population characteristics, maturation and spawning of the blue swimmer crab *Portunus pelagicus* in eastern Mediterranean Sea, Egypt. Asian J. Biol. Sci., 12 (4): 626-636.
- Redzuari, A., M. Azra, A. Abol-Munafi, Z. Aizam, Y. Hii and M. Ikhwanuddin (2012) Effects of feeding regimes on survival, development and growth of blue swimming crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) larvae. World Appl. Sci. J., 18 (4): 472-478.
- Rey, F., M. R. M. Domingues, P. Domingues, R. Rosa, M. D. M. Orgaz, H. Queiroga and R. Calado (2017) Effect of maternal size, reproductive season and interannual variability in offspring provisioning of *Carcinus maenas* in a coastal lagoon. Estuaries Coasts, 40 (6): 1732-1743.
- Rotllant, G., C. G. Simeó, G. Guerao, M. Sastre, D. F. R. Cleary, R. Calado and A. Estévez (2013) Interannual variability in the biochemical composition of newly hatched larvae of the spider crab *Maja brachydactyla* (Decapoda, Majidae). Mar. Ecol., 35 (3): 298-307.

- Sabrah, M. M., A. El-Refaii and T. G. Ali (2020) Reproductive characteristics of the blue swimming crab, *Portunus pelagicus* (decapoda, brachyura: Portunidae) from the Bitter Lakes, Suez Canal, Egypt. *Afr. J. Biol. Sci.*, 16 (1): 79-91.
- Sacristán, H., P. Di Salvatore, O. Florentín, M. Gowland-Sainz, L. López Greco and G. Lovrich (2023) Examination of female energy dynamics and larval quality in the southern king crab, *Lithodes santolla*: Annual and interannual variability. *Aquaculture*, 576: 739893.
- Sahoo, D., S. Panda and B. Guru (2011) Studies on reproductive biology and ecology of blue swimming crab *Portunus pelagicus* from Chilika Lagoon, Orissa, India. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 91 (1): 257-264.
- Sainte-Marie, B., T. Gosselin, J.-M. Sévigny and N. Urbani (2008) The snow crab mating system: Opportunity for natural and unnatural selection in a changing environment. *Bull. Mar. Sci.*, 83 (1): 131-161.
- Samuel, N. J. and P. Soundarapandian (2009) Embryonic development of commercially important Portunid crab *Portunus sanguinolentus* (herbst). *Int. J. Anim. Vet. Adv.*, 1(2):32-38.
- Sara, L. and O. Astuti (2019) Status of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) population in southeast sulawesi waters, Indonesia. *Aquacult. Aquar. Conserv. Legis.*, 12 (5): 1909-1917.
- Sato, T. and K. Yoseda (2010) Influence of size- and sex-biased harvesting on reproduction of the coconut crab *Birgus latro*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 402: 171-178.
- Smith, K. D., N. G. Hall, S. de Lestang and I. C. Potter (2004) Potential bias in estimates of the size of maturity of crabs derived from trap samples. *ICES J. Mar. Sci.*, 61 (6): 906-912.
- Sotelano, M. P., G. Lovrich, P. Di Salvatore, O. Florentín, A. Giamporone and F. Tapella (2018) Suspended mesh-bags enclosures for southern king crab *Lithodes santolla* (molina 1782) larvae and juvenile culture in the sea. *Aquaculture*, 495: 575-581.
- Soundarapandian, P. and T. Tamizhazhagan (2009) Embryonic development of commercially important swimming crab *Portunus pelagicus* (linnaeus). *Curr. Res. J. Biol. Sci.*, 1 (3): 106-108.
- Sparre, P. (1993) Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1: Manual. *FAO Fish. Tech. Paper.*, 306: 192-218.
- Swiney, K. M., G. L. Eckert and G. H. Kruse (2013) Does maternal size affect red king crab, *Paralithodes camtschaticus*, embryo and larval quality? *J. Crustacean Biol.*, 33 (4): 470-480.
- Swiney, K. M. and W. C. Long (2015) Primiparous red king crab *Paralithodes camtschaticus* are less fecund than multiparous crab. *J. Shellfish Res.*, 34 (2): 493-498.
- Tropea, C., L. Stumpf and L. S. Lopez Greco (2015) Effect of temperature on biochemical composition, growth and reproduction of the ornamental red cherry shrimp *Neocaridina heteropoda heteropoda* (decapoda, Caridea). *PLoS One*, 10 (3): e0119468.
- Verísimo, P., C. Bernárdez, E. González-Gurriarán, J. Freire, R. Muiño and L. Fernández (2011) Changes between consecutive broods in the fecundity of the spider crab, *Maja brachydactyla*. *ICES J. Mar. Sci.*, 68 (3): 472-478.
- Weng, H. (1992) The sand crab (*Portunus pelagicus* (linnaeus)) populations of two different environments in Queensland. *Fish. Res.*, 13 (4): 407-422.
- Zairion, Y. Wardiatno and A. Fahrudin (2015) Sexual maturity, reproductive pattern and spawning female population of the blue swimming crab, *Portunus pelagicus* (brachyura: Portunidae) in east lampung coastal waters, indonesia. *Indian J. Sci. Technol.*, 8(7).
- Zhang, Y., G. Miao, H. Fazhan, K. Waiho, H. Zheng, S. Li, M. Ikhwanuddin and H. Ma (2018) Transcriptome-seq provides insights into sex-preference pattern of gene expression between testis and ovary of the crucifix crab (*Charybdis feriatus*). *Physiol. Genomics*, 50 (5): 393-405.

Reproductive Characteristics of the Blue Swimmer Crab, *Portunus pelagicus*, in the Waters off Penghu

Yen-Kai Chen, You-Yu Liou*, Tung-Pen Chen, Yu-Meng Tsao, Wei-Yi Cheng
and Hernyi Justin Hsieh

Penghu Fishery Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The blue swimmer crab, *Portunus pelagicus*, is one of the most significant fishery resources in Taiwan. A total of 372 specimens (188 females and 184 males) were collected from the coastal waters of Penghu between March 2023 and February 2024. Chi-square tests indicated a sex ratio of 0.51, which does not significantly deviate from the expected 0.5 ($p > 0.05$). The carapace width (CW) and body weight (BW) of female samples ranged from 110 to 191 mm and 80.5 to 463 g, respectively; for males, the ranges were 111 to 188 mm in CW and 83.3 to 480 g in BW. The relationship between CW and BW for both sexes was determined using the following regression equations: $BW=1.01 \times 10^{-4} CW^{2.9097}$ (females); $BW=1.72 \times 10^{-4} CW^{2.8297}$ (males). Maximum likelihood ratio tests revealed significant differences between these equations ($p < 0.05$), justifying the use of sex-specific regression models. Monthly trends in the gonadosomatic index (GSI) and the proportion of ripe-stage gonads suggest that the spawning season extends from December to July, with peaks occurring in March and April. Monthly diving surveys confirmed the presence of ovigerous females year-round. Consequently, *P. pelagicus* in Penghu waters reproduces throughout the year, peaking in spring. Batch fecundity ranged from 315,420 to 1,302,070 eggs, with a mean value of 792,076. Furthermore, a comparison of early larval survival rates among three maternal size classes (< 200 g, 200–300 g, and > 300 g) showed significantly higher survival rates in crabs exceeding 200 g.

Key words: *Portunus pelagicus*, reproductive biology, gonadosomatic index (GSI), Penghu waters

*Correspondence: No. 266 Shili, Magong City, Penghu County, Taiwan. TEL: (06) 995-3416 ext. 124; FAX: (06) 995-3058; E-mail: yyliu@mail.tfrin.gov.tw

臺灣淡水長臂大蝦養殖戶對產業問題點的認知與觀點分析

楊清閔

農業部水產試驗所水產養殖組

摘要

臺灣的養殖泰國蝦 1 年可有 2 次收成，養成後以活蝦方式，供應臺灣內需市場與觀光休閒釣蝦場，具高經濟性，是臺灣水產養殖十大物種之一。但 2020 - 2023 年間受到 COVID-19 疫情影響，造成活蝦暫時停止販運，內需市場的需求量大幅縮減，近幾年更因為極端氣候與蝦病流行等複合逆境因素，讓養殖戶陷入經營的困境。為能掌握產區養殖戶所重視問題項目與需求，尋求產業問題點的解方，本研究採用現地訪談與問卷方式，進行養殖戶觀點分析與問題點重要性排序。結果獲知，臺灣的泰國蝦養殖戶共同認為面臨最大問題點 5 項，依序為 (A1) 種原與蝦苗、(A3) 蝦病、(A2) 養成不易、(B1) 環境與極端氣候、(B5) 養成數低。探求產業困境的解方，重點在於優良品質的種原與蝦苗、良好的生物安全措施及強化蝦類免疫能力，使得泰國蝦養殖能夠具備更好的抗逆境能力。本研究結果直接反應產業現況，並依養殖戶實際在地特性與需求面，提供產、官、學界思考避開泰國蝦養殖風險與探求解決產業困境的參考依據，促進產業穩定獲利並能永續發展。

關鍵詞：淡水長臂大蝦 (*Macrobrachium rosenbergii*)、養殖戶、產業現況、觀點分析、產業問題

前言

淡水長臂大蝦 (*Macrobrachium rosenbergii*) 俗稱泰國蝦，英文俗名為 Giant freshwater prawn 或 Giant river prawn (簡稱 GP)，其體型大、生長快、容易馴養、適應性強及生長週期短等優點，是以東南亞為中心廣泛養殖的淡水蝦類，亦是全世界水產養殖中重要的甲殼類動物 (Haslawati *et al.*, 2022)。其養殖對環境的影響較小，可為社會經濟發展提供機會，成為創造就業機會的市場替代品 (González-Figueroa *et al.*, 2024)。根據 FAO 統計，2021 年全球產量為 313,756 mt，產值超過 24.5 億美元，中國為最大生產國，產量達 171,263 mt，佔全球產量 54.4%，孟加拉、泰國、緬甸、印度是其他主要生產國 (Pillai and Panda, 2024)。

臺灣於 2023 年的泰國蝦產量在全球排名第 7 名，產量為 5,151 mt。臺灣的泰國蝦養殖不同於其他國家以食用為目的，而是主要供應給觀光休閒產業的釣蝦場，整體產業鏈對於活蝦形態的販運量需求大。臺灣的泰國蝦的活蝦販售主要以釣蝦

場為大宗，佔 80% (吳, 2020)。收購的販運商利用活蝦車與蝦農進行池邊交易，經選別與尺寸分級後，運至冰廠進行蝦車的整補與降溫，再當日往返販運至各地。此特殊的活蝦販運給觀光休閒產業，源自於臺灣於 1970 - 80 年時推廣食用泰國蝦並不如預期，而 1980 年代提供活蝦做為休閒娛樂用的釣蝦活動，意外地成功且讓活蝦需求量逐漸增加，並隨著國民所得日益提高，釣蝦活動的休閒娛樂風氣興盛。並且於 1990 年開發適合以泰國蝦為食材的專門料理活蝦餐廳，釣蝦場及餐飲業普遍增設，刺激了泰國蝦的養殖熱潮 (李, 2009)，臺灣在 1991 年養殖產量達到最高峰，養殖面積為 2,320 ha，年產量為 16,196 mt，產量為當時全球第 1 名，佔全球 37.6% (黃等, 2011)。其高經濟性吸引許多養殖戶投入養殖，直接支撐當地漁村的經濟。

臺灣的泰國蝦養殖可以追溯到 1970 年時，由於原產地東南亞的氣候和環境與臺灣相似，當時的水稻田養魚和其他淡水魚類養殖的利潤有限，因此水產專家引進並繁殖泰國蝦成功 (廖等, 1973; 吳, 2020)，做為水稻田休耕與輪作的選擇品項。其後，1980 年代隨養殖技術的成熟，研究人員及業界改良養殖池設計，進行蝦苗繁殖技術，蝦

*通訊作者 / 基隆市和一路號, TEL: (02) 2462-2101 轉 3206; FAX: (02) 2462-8138; E-mail: cmyang@mail.tfrin.gov.tw

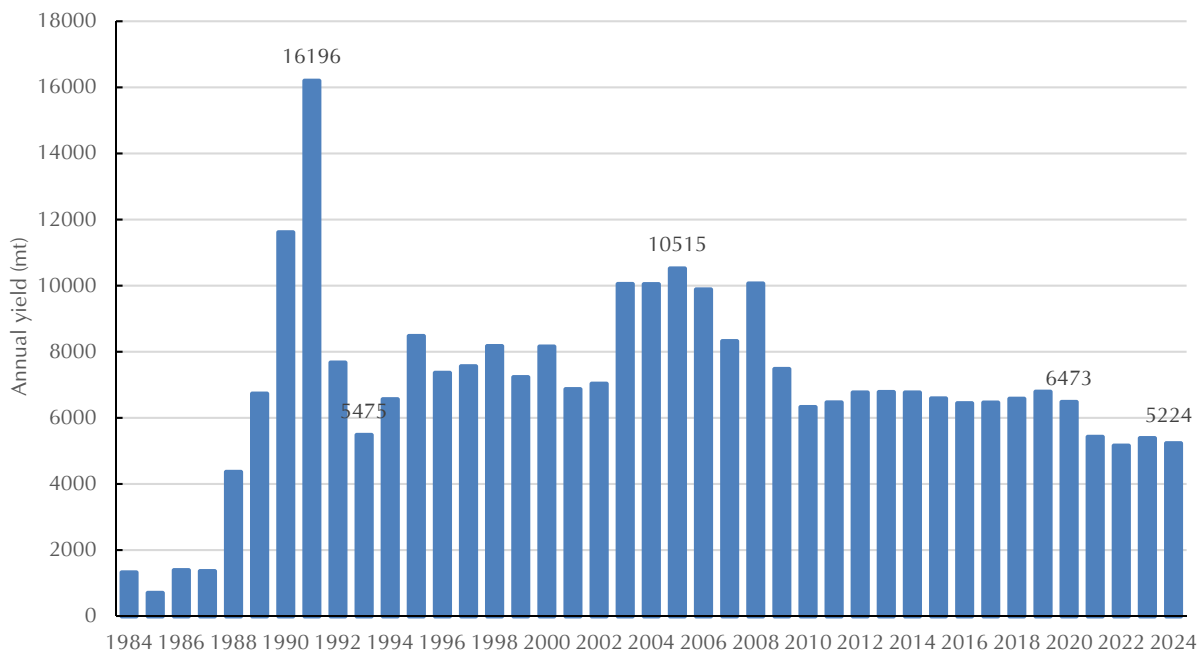


Fig. 1 Annual production trends of the giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in Taiwan from 1984 to 2024.

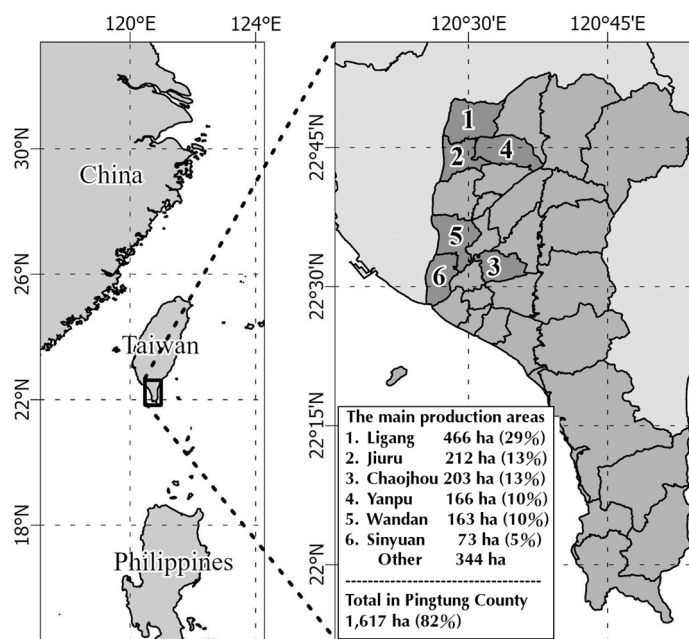
飼料配方、水質控制等，於臺灣養殖的泰國蝦逐漸不再依賴從泰國進口的蝦苗，而是發展出本地產蝦苗培育技術，大幅降低了養殖成本，因此於 1990 年代達到產量最高峰。

然而，臺灣高密度飼養的泰國蝦於 1990 年後疾病爆發，酵母菌 (*Metschnikowia bicuspidate*) 感染讓 1993 年產量驟減 67% (5,475 mt)，養殖戶懷疑近親交配是造成酵母菌症蔓延主因，自 1993 年起進口蝦苗，年平均進口 30 億尾以上，不過問題沒解決，反而在 1995 年對蝦苗帶來肌肉白濁症 (鄭等, 2014)，依徐 (2003) 指出，夏季所發生之肌肉白濁症而且引起大量死亡，究其原因是因感染腸球菌 (*Enterococcus* sp.) 與養殖環境水質不良所造成 (Cheng and Chen, 1998a, 1998b)。此外尚有蝦苗孵化場中的後期蝦苗感染白尾症而造成大量蝦苗死亡，以及 2020 年發生十足目虹彩病毒 (DIV1) (蘇等, 2020)，使產業受到嚴重衝擊。而近幾年受到氣候變遷與蝦病流行等複合逆境因素，泰國蝦成長出現遲緩現象，收成產量下降。2023 年臺灣的泰國蝦養殖面積 1,974 ha，總產量已下跌至 5,378 mt (Fig. 1)，產值約達 21.7 億元。尤其 2020 - 2023 年的 COVID-19 疫情影響，流通端運送活蝦的蝦車停止運送，休閒觀光的釣蝦場需求減少而產生大量滯銷。此外，隨 COVID-19 疫情不再緊繃

後，由於所引起的滯銷現象及種蝦沒有保存，導致後疫情期間需要量產蝦苗時，造成蝦苗的品質不佳與衍生其他的問題點出現 (葉等, 2025)。另外，近期的土地租金、飼料、運輸費齊漲的通貨膨脹，社會民生物資及資材物價水準持續上漲，也讓泰國蝦養殖戶飽受經營壓力而苦不堪言 (楊等, 2025)。

以往相關於泰國蝦養殖的研究，常以蝦病、生殖生物學、營養方面進行研究論述，但較少能夠精準掌握養殖戶所重視的問題點與需求性，亦較少出現養殖戶的觀點分析，而且產業界、政府官方、學研界因立場不同，對泰國蝦養殖產業的問題點並無共識，無法有效集中焦點來解決問題。為能清楚瞭解泰國蝦養殖戶所面臨的問題點，並能依此尋求產業問題點解方，本研究利用 2 階段問卷調查方式，首先，針對臺灣泰國蝦養殖戶進行訪談，彙整其對產業問題點的關鍵觀點，其次，再針對問題點項目評估其重要性的排序。所得結果，可更精準地確認泰國蝦養殖產業現今所面臨問題點，以及養殖戶對於各問題點重視程度及排序的觀點。藉此，提供產業界、政府官方、學研界等群組人員能夠共同尋求提早因應養殖風險與解決問題點的方法，並強化泰國蝦養殖產業面對風險的韌性，讓不同群組人員快速瞭解養殖戶的實際需求。本研

Fig. 2 Main production areas for giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming in Pingtung County, Taiwan (2023).



究提供的方法可應用於不同國家及不同物種，可更精準與貼近生產者的想法，得知現階段養殖戶所需的技術或行政資源，探求符合當地需求並能解決產業困境的參考依據。

材料與方法

一、研究區域

以 2023 年為例，臺灣的泰國蝦養殖面積 1,974 ha、產量 5,378 mt、產值 21.7 億元，屏東縣的養殖面積 1,617 ha (佔臺灣 82%)、產量 4,542 mt (84%)、產值 18.9 億元 (87%)，均超過全臺灣總產量的 80% 以上，屏東縣主要產區依序為里港鄉、九如鄉、潮州鎮、鹽埔鄉、萬丹鄉及新園鄉 (Fig. 2)。臺灣屏東縣的天候與水溫適宜，泰國蝦養殖 1 年可進行 2 期的飼養，放養時間集中於中秋節 (9 - 10 月)，與初春時節 (3 月)，大致上每分地 (0.1 ha) 約放養 10,000 尾蝦苗，養殖 6 - 8 個月後，泰國蝦成長至 20 - 40 g/尾以上，即可間捕並篩選大蝦後出售。主產區屏東縣以專養為主，其他外縣市則是虱目魚或其他魚種混養泰國蝦為主。

依訪談與黃等 (2011) 文獻彙整，泰國蝦的殘食性及地域性強，養殖戶會多次分池養殖以提高養成存活率。臺灣屏東縣養殖蝦池可分為蝦苗池、

中蝦池及大蝦池三種，蝦苗池大多為 0.2 ha，養殖 45 - 60 天後進行第 1 次尺寸篩選與分池。中蝦池為 0.3 ha (入 3 - 4 g/尾)，大蝦池 0.4 - 0.6 ha (入 6 - 10 g/尾)，池塘以長方形的土池居多，因較深池塘不易管理，池塘的水深約 0.9 - 1.4 m。池底從入水口到排水終端有緩慢傾斜和光滑的坡面，出口傾斜坡度約 1:500 (0.2%)，較小池塘為 1:200 (0.5%)。每 0.2 ha 池塘均備置一馬力 (HP) 水車式增氧機以提高池水溶解氧含量，近幾年逐漸更換節能式水車以節省電費。因蝦苗不耐低溫，故通常放養時間是池塘水溫穩定在 20°C 以上，而在較高溫期時，蝦苗改在清早放養，且避免於池塘藻色過濃時放養。粗放放養的密度為 1 - 4 尾/m²，生產量不超過 500 kg/ha/year。本次調查主產區大部分養殖戶為半集約式養殖，池塘放養密度為 4 - 20 尾/m²，大致上為 10 尾/m²，其產出高於 500 kg/ha/year。少部分以集約式小型 (不超過 0.2 ha) 土池或混凝土池，其具備水交換和連續增氧設備，放養密度超過 20 尾/m²，但由於前期投資成本較高、技術門檻較高且近期的養成率不佳，故半集約式養殖為主產區的主要方式。

二、研究方法與調查問題

第 1 階段訪查目的在建立「臺灣泰國蝦養殖

產業面臨的困境與問題」項目，訪查問題集中於「近幾年養殖戶之泰國蝦養殖遭遇到什麼樣困境或問題點？」。養殖戶以當地縣政府的漁業查報員與漁業青年聯誼會介紹的泰國蝦養殖戶、主產區實際養殖之村長、及泰國蝦養殖協會的會員為主。過程每人約 1-3 小時，由泰國蝦養殖戶提出對主問題的見解，在訪問後由研究人員整理談話內容並彙整出關鍵字，再以關鍵字項目進行問題點的界定與分組。本階段於 2023 年 5-9 月進行，總計訪調屏東縣泰國蝦養殖戶 20 戶次，並參與 1 次養殖戶座談會 (約 30 戶次)。

依第 1 階段所彙整的產業問題點之結果，精簡問題點項目說明共計 16 項，製作泰國蝦養殖戶反映產業問題點之說明頁 (Table 1)，並建立「泰國蝦養殖產業面臨的困境與問題」幾何平均數與排序次序重心權重法 (SMARTER-ROC) 問卷做為第 2 階段的訪談使用。受測養殖戶先閱讀產業問題點之說明頁後進行答題。幾何平均數問卷之各因子重要性的評估分數 9 分為非常重要、7 分為重要、5 分為普通、3 分為不重要、1 分為非常不重要，以及不知道等選項。黃等 (2004) 認為幾何平均數作為決策群體篩選評估準則的依據，以收統計上不偏的效果，避免極端值的影響，如此可使準則的選取效果更佳。張 (1998) 指出，幾何平均數比較可以代表決策群體中大部分專家、主管的意見，可以篩選出較具客觀性與公平性的準則。因此以幾何平均數代表決策群體對評價因子的共識，不需經多次反覆問卷，減少受訪專家不耐多次問卷的干擾，一般認為重要性程度大於 70% 可視為重要。為能突顯問題點重要性，本研究將群體門檻值設定為 7.5 分以上為重要的因子，5 分以下為不重要。在檢視受測問卷時可發現許多因子被評分為 9 分，此時並無法顯示出受測者心中最重要的因子，且為避免忽略養殖戶的意見，故在幾何平均數問卷結束後，進行排序次序重心權重法的提問。排序次序重心權重法 (rank order centroid weights, ROC) 屬於簡易多屬性評等技術 (simple multi-attribute rating technique, SMART) (Edwards, 1977) 一環，經由 Edwards and Barron (1994) 改良 SMART 並提出一套新的給定權重的方法，稱為 SMARTER (SMART extended to ranking) (或稱 SMARTER-ROC)，利用排序的資訊來推導權重

值。此法優於相對權重 Rank Sum (RS) 法之等量遞減 (Barron and Barrett, 1996)，在於排序在前與排序在後的屬性其權重值的差異拉得較大，也就是更加強調排序在前的屬性。依據簡 (2005) 排序次序重心權重法決定權重的關鍵只在於權重的順序及屬性的個數。若所有屬性排序為 R_1, R_2, \dots, R_n ，相對之權重依序為 w_1, w_2, \dots, w_n ，且滿足 $1 > w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_n > 0$ ，則排序次序重心權重法的權重為式如下：

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{k=i}^n \frac{1}{k}$$

本研究對受測養殖戶進行排序次序重心權重法 (SMARTER-ROC) 問卷時，請受測者選出問題點中至關重要的項目 5 項並進行排序 (rank: 1, 2, 3, 4, 5) 給予權重值 (weight: 0.4567, 0.2567, 0.1567, 0.09, 0.04)。統整受測者總合並進行權重比值計算，則可得出受測者對議題問題點項目的重要性排序。第 2 階段問卷於 2024 年 9-12 月間進行，以臺灣泰國蝦養殖主產區養殖戶 15 人做為意見代表之外。另外再增加 2 群組進行第 2 階段的問卷，包括以中央 (漁業署)、地方政府 (漁業課)、鄉鎮區公所 (獸醫及承辦人) 之執行管理泰國蝦相關行政事務為主的公務人員之管理者群組計 8 人，以及以臺灣的水產試驗所之研究泰國蝦相關研究人員為主的研究學者群組計 7 人。以 3 群組的方式，探討產、官、學研等三群組對於泰國蝦養殖產業問題的差異性比較分析。

結 果

一、臺灣淡水長臂大蝦供應鏈情形

依訪談養殖戶及文獻後，臺灣泰國蝦的活蝦產銷流程如 Fig. 3 所示，整體產業鏈對於活蝦的販運量需求大，生產端運送至消費末端之餐廳、釣蝦場、市場或消費者手上，仍是以活蝦的狀態居多，故需要依賴裝有氧氣設備及水槽隔間，專門載送活蝦的車子，俗稱「蝦車」，也是販運商必備的工具。養殖戶大部分習慣透過販運商交易達到銷售成蝦，故販運商與養殖戶關係非常緊密，且販運商負責活蝦收購、分級分類、運送，在流

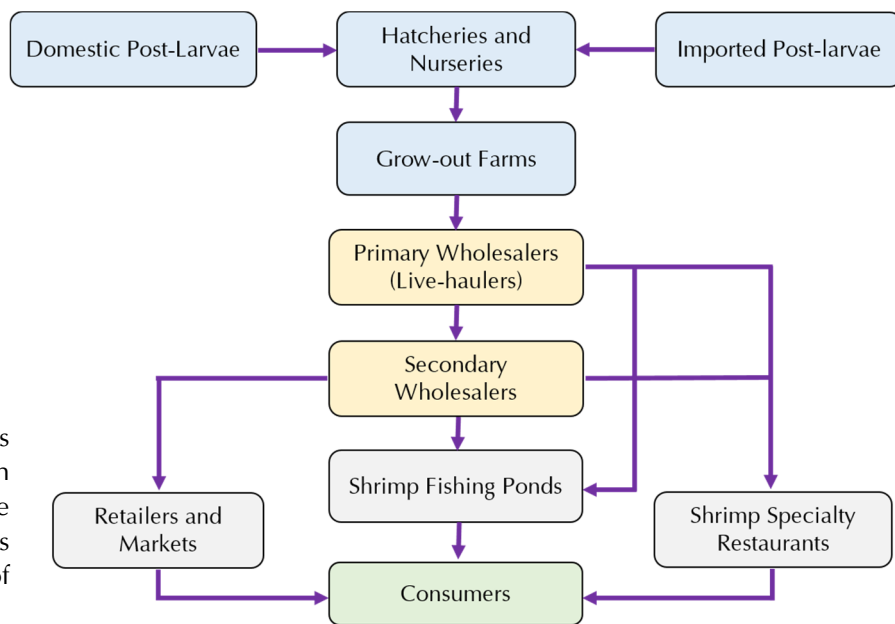


Fig. 3 Marketing channels of the cultured prawn in Taiwan. The relative thickness of the arrows indicates the volume of product flow.

通中的角色極為重要。而鄰近產地的冰廠則為販運商的重要物流與情報交換的基地，於此處進行成蝦的分類分級、進行秤重、各販運商間之需求尺寸的交流，以及蝦車進行冰塊補給。依吳 (2020) 提及，臺灣泰國蝦販運商的蝦車可分為二類，第一類為大車 (大盤商)，蝦車規模 (3.5 - 30 mt) 較大，每日清晨至池邊交易載蝦後，立刻至冰廠對泰國蝦進行分級分類，未達尺寸汰除與退貨，再進行秤重並報知養殖戶，之後對蝦車換水與加冰，以利運輸保鮮，再載至全臺灣各地，主要運送地以釣蝦場為大宗佔 80%，其次是販賣給活蝦餐廳及中盤商。第二類為總蝦仔車 (中盤商)，蝦車 (1.2 - 3.5 mt) 較小，對養殖戶以整池全買，不分蝦的尺寸大小，雙方看過蝦並談好價錢就成交，價格較便宜。此類蝦車會載回蝦後至冰廠自行分級分類，大的公蝦轉賣給大車，其他則再進行換水加冰後，載運至市場、活蝦餐廳、釣蝦場、消費者等。此外，若蝦池發生病變時，養殖戶會請總蝦仔車進行整池清空，再儘快整理與消毒，進行下一輪的放養。

活蝦運輸方式，流通作業講求效率，通常蝦車於早晨 06:30 至養殖戶進行收穫並載蝦至冰廠，分級分類與補給需時約 3.5 小時，大部分蝦車在 11:00 前完成後，出發至全臺灣各地送貨，通常至 21:00 前回到臺灣屏東的產區附近。而主要消費之釣蝦場的经营模式方面，由於泰國蝦僅需淡水暫養、容

易管理、蝦不易死亡、成本較低、體型大、拉力反饋大等多項優點，讓海水取得不易的都會市區容易設置提供娛樂的釣蝦池，加上釣蝦場引進附設冷飲吧台、餐廳、KTV 設備、電子遊戲機等多項娛樂設施，以及每小時依釣蝦人數按時入池蝦子，靈活且有趣的經營手法，成為臺灣各地具有人氣的娛樂場所，十年間釣蝦場開業達千家以上 (李, 2009)。此外，朱 (2024) 提到養殖戶多數不申請水產品相關認證，未申請者占比 90%，主因為該產業鏈受釣蝦場影響，需求都以活蝦為主，養殖戶皆須依賴蝦販收購 (呂, 1994)。經訪談得知，出售給販運商可省下行銷與運輸費用，而水產品相關認證無益於提升池邊收購價，且申請認證過程繁瑣，還需支付額外費用。

二、各階段問卷結果

第 1 階段結果總括為 4 面向 16 個問題點，包括：種原與蝦病、環境與技術、產銷與經營、政策與輔導等 4 面向，各項問題點說明如 Table 1，受測養殖戶均能認同表內羅列項目已充分反映大部分臺灣泰國蝦養殖戶對產業問題點的觀點。第 2 階段依 Table 1 製作問卷，經訪調與分析，結果如 Fig. 4，臺灣的泰國蝦養殖戶共同認為產業面臨最大的問題點 5 項，以幾何平均數及項目重要性排序示之，分別為 (A1) 種原與蝦苗 (8.7, 1)、

(A3) 蝦病 (8.2, 2)、(A2) 養成不易 (8.1, 3)、(B1) 環境與極端氣候 (7.8, 4)、(B5) 養成數低 (7.5, 5)。首先最重要的 3 項問題點集中在種原與蝦病層面，泰國蝦養殖戶認為產業問題的聚焦與解方，最為重要的在於源頭端，即在 (A1) 種原與蝦苗。自 1971 年臺灣人工繁殖泰國蝦成功 (廖等, 1973; 吳, 2020) 後，養殖歷史已超過 50 年，近年來對氣候變遷及疾病的耐受性愈來愈差，恐怕有近親繁殖與基因窄化的疑慮。而生產區過度集中於屏東縣，種苗場在選種育種亦以屏東縣為主，其多樣性可能不足。訪查時種苗場人員亦說明，近幾年受到 COVID-19 疫情與蝦病的影響嚴重，放養量及蝦苗的需求量大減，雖然疫情已漸緩和且需求量增加，但種苗場並未儲備優良的種蝦，加上氣候變化不穩定，導致種蝦配種受精率狀況差，蝦苗育成率偏低，產量不如預期。養殖戶期望政府或學研單位可以提供具可信賴的無特定病原 (specific pathogen free, SPF) 種蝦及種苗，並有認證制度規範種苗場進行育成蝦苗，提供給養殖戶。或是向國外進口優質泰國蝦種原，以避開近親繁殖與防止基因窄化，增加蝦苗的耐受力。大部分養殖戶認為，具有健壯的種源與蝦苗，後續產業問題可更容易解決。應利用科學數據來確認基因弱化問題，評量採用本土或進口種蝦的檢驗，以及強化蝦苗的培育方法，並進行後續追蹤與評估，提升養殖戶的信任感與養成率。

其次的重要問題點在 (A3) 蝦病的問題，如前言所述，臺灣高密度養殖的泰國蝦於 1990 年後泰國蝦疾病爆發後，加上近幾年的極端氣候、養殖管理及種苗問題等複合因素的影響下，蝦病問題仍多，活存率愈來愈低，而符合成本的藥物或疫苗少，泰國蝦養殖產業鏈中的「檢驗」與「消毒」的極為重要。目前世界各國公認「以預防代替治療的生物安全管理模式」是解決疾病問題的重要策略之一，病原來源途徑眾多，包含種蝦或蝦苗、水源、飼料及餌料、養殖設施及設備、人員、媒介動物等皆可成為病原傳播的媒介，因此養殖過程必須做好風險管控，減少病原入侵蝦場。此外，養殖戶認為也需要有蝦病研究與處置的專責研究單位，同時進行科學性的田間調查及罹病處理的支援。第 3 重要問題點為 (A2) 體型變小、生長遲緩、吃餌多等等的養成不易，在近幾年的泰國蝦養殖時，部分

蝦出現養成體型較小、生長遲緩且吃餌多、性早熟或性徵出現的比例增加等情形發生。養殖戶說明蝦苗入池約 2 個月後才能知道蝦苗的成長狀況，若入池生長遲緩的蝦苗，需要趕快汰除，因為正常蝦苗入池 6 個月就可收成，若放到生長遲緩的蝦苗，需耗 10 個月養成，飼料增加導致成本大幅增加之外，養殖時間的延長與蝦子體型又偏小，大盤商可能不願收購，增加養殖戶經營上的風險。

第 4 重要問題點為 (B1) 環境與極端氣候，由於氣候變遷，天氣的季節感混亂，造成養殖戶在種蝦配種受精率狀況差，且種苗品質不佳。而夏天太熱或養殖池的地熱抬升，溫度過高不利養殖。又極端氣候事件的頻率增加，例如寒流、豪雨淹水與颱風影響，讓蝦池水質不穩定或潰堤流失。而經年累月的養殖讓有機質累積於池底，1 年有 2 次以上的收成後，沒有進行確實的整池與消毒，蝦池已有污染或病原的存在，讓培養的水質與藻相劣化，造成養成率不高。此外，傳統養蝦會利用糞肥製作藻水，或用腐肉做光合菌添加於池水中，可能是病原的傳染源之外，養殖池內部池底老化與過度優氧化，外部取水的來源與環境不佳，增添養殖管理上的難度。第 5 重要問題點為 (B5) 養成數低，是養殖戶最直接的感受。因在複合因素的影響下，現在的泰國蝦活存率低。根據朱 (2024) 調查，養殖的平均活存率為 23.7%，文中提及受到長期近親交配與大環境疾病肆虐的影響，種苗品質不如以往，抗病力、體型及活存率降低。另外，養殖戶說明大致上活存率約 3 - 5 成，夏天雖成長快，但 5 - 9 月的養殖泰國蝦死亡率很高。而且以往 0.1 ha 土地約養殖 8,000 - 10,000 尾苗，預估可收穫 240 - 300 kg，但目前僅剩 60 - 120 kg，活存率已不如以往。

此外，養殖戶提及尚且重要的 3 項問題點包括 (B2) 飼料 (7.5, 6)、(C1) 產銷制度 (6.5, 7)、(C3) 成本高 (7.6, 8)。在 (B2) 飼料方面，主要是飼料品質變化，飼料費用在泰國蝦養殖成本上佔比最高，但國際之黃豆、小麥、玉米等原物料上漲，影響飼料的售價與配方。另蝦農飼料存放點不佳，亦會造成飼料的質變。在 (C1) 產銷制度方面，由於臺灣泰國蝦的通路過少，需求者大部分為釣蝦場，其次是活蝦餐廳及專賣店，較少見於傳統市場或冷凍販售，蝦農極度依賴運販商的活蝦運銷系統，因此盛產期量多價低，且若活蝦品質不佳，常

不願收購或退運情形，於 Covid-19 疫情期間蝦車不跑，盛產期時嚴重滯銷。養殖戶僅專注於養蝦工作，無法負擔自產自銷，認為運販商在交易階段屬於強硬方，而有被剝削感。在 (C3) 經營成本高方

面，仍因近年通貨膨脹的影響，經營成本的飼料、電費、勞動力、所需資材、土地租金均迅速上漲，墊高泰國蝦養殖成本，讓獲利空間縮小。

Table 1 Key industrial issues faced by giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farmers in Taiwan

Dimension / Key issue	Description of challenges
Dimension A: Broodstock and Disease	
A1. Broodstock and seed quality	Lack of genetic diversity and inbreeding have led to genetic narrowing, resulting in unstable seed quality. Low fertilization and survival rates further constrain production
A2. Farming difficulties	The culture period has extended from 4–6 months to 7–10 months. Early sexual maturity results in smaller body sizes and higher Feed Conversion Ratios (FCR), forcing farmers to reduce stocking densities to mitigate risks
A3. Prawn diseases	High-density farming and extreme weather contribute to frequent disease outbreaks. A lack of cost-effective control measures results in low survival rate
Dimension B: Environment and Technology	
B1. Climate and environment	Extreme weather intensifies environmental stress. Pond bottom degradation and traditional fertilizers (e.g., chicken manure) increase pathogen risks
B2. Feed quality variations	Rising global prices of raw materials (soybean, corn) and unstable supply chains increase costs and affect feed formulations
B3. Power infrastructure	Occasional power outages in Pingtung County cause phase loss in motors, leading to significant damage to aeration and aquaculture equipment
B4. Biosecurity measures	Implementing strict disinfection and bird netting is challenging due to operational efficiency concerns. A "one-pond, one-net" strategy is used to isolate infections
B5. Low survival rates	Due to cumulative stressors, the average survival rate remains low, at approximately 20–30%
Dimension C: Marketing and Management	
C1. Marketing systems	Distribution is dominated by wholesalers catering to prawn fishing ponds and restaurants. Pandemic-related disruptions led to oversupply and price volatility.
C2. Processing limitations	Farmers face bottlenecks in transitioning to frozen products due to inadequate processing technology, limited variety, and low market acceptance.
C3. Operational expenses	Inflation and rising costs of feed, electricity, labor, and materials have significantly increased overall operational expenditures.
C4. Generational gaps	Cognitive gaps between older farmers (relying on tradition) and younger farmers (open to new technology) hinder industry transformation.
Dimension D: Policy and Guidance	
D1. Administrative barriers	Cumbersome registration and land-use issues result in low registration rates (25% in Pingtung), barring farmers from disaster relief and subsidies.
D2. Technical support	A gap exists between research and application. There is an urgent need for systematic training in probiotics and financial support for young farmers.
D3. Infrastructure	Aging ponds lack independent water inlet/outlet systems. Neighboring livestock wastewater further complicates environmental management.
D4. Land use conflicts	Competition from the "fishery-photovoltaic symbiosis" policy has increased land rents and reduced farming areas, leading to distrust among fishermen.

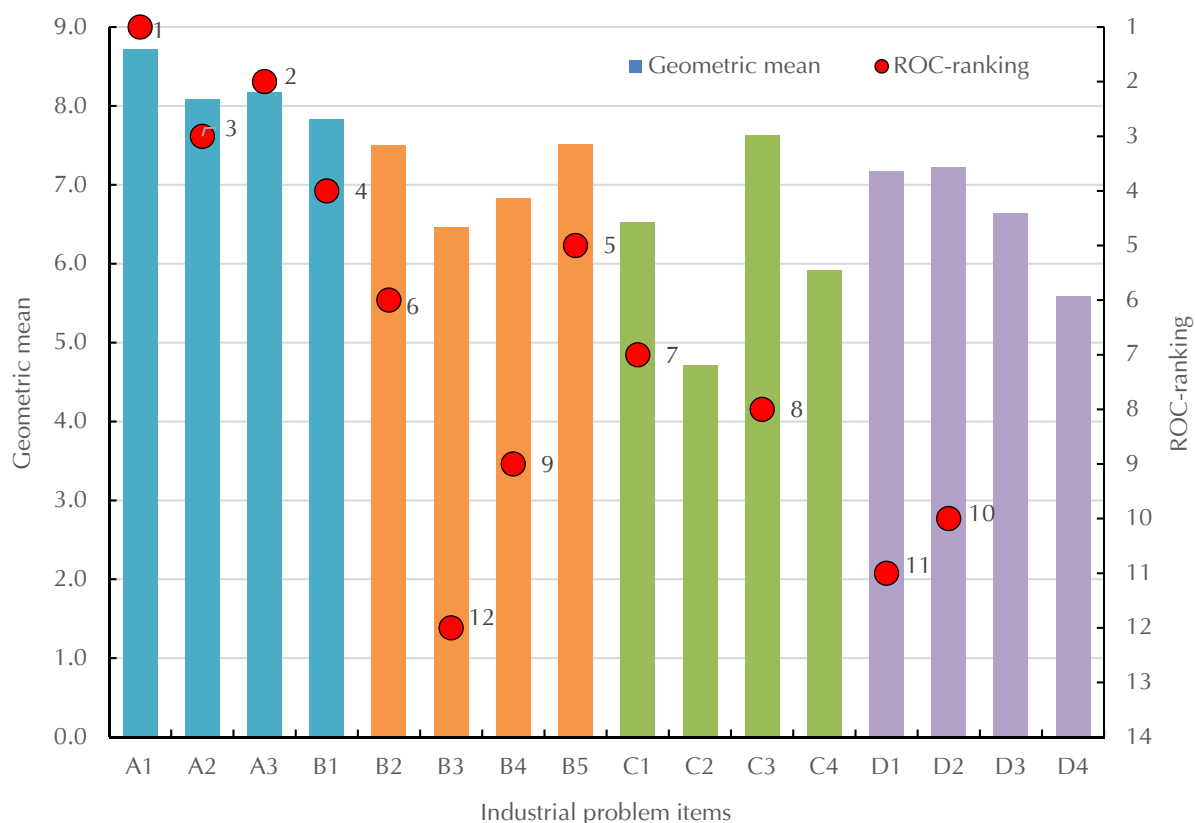


Fig. 4 Geometric means and ROC ranking of industrial key issues considered by giant freshwater prawn farmers in Taiwan. (A1: Broodstock and seed quality; A2: Farming difficulties; A3: Prawn diseases; B1: Environmental and extreme weather; B2: Feed quality variations; B3: Power outages; B4: Poor biosecurity; B5: Low survival rates; C1: Production and marketing systems; C2: Processing options; C3: Operational expenses; C4: Generational gaps; D1: Information blocking; D2: Technical support; D3: Infrastructure; D4: Land-use conflicts). The top five issues are A1 (8.7, 1st), A3 (8.2, 2nd), A2 (8.1, 3rd), B1 (7.8, 4th), and B5 (7.5, 5th).

依 Fig. 4 亦可得知，4 項問題點在二個階段問卷結果中重要性較低，分別是加工品項少 (4.7)、(C4) 世代經營與認知的落差 (5.9)、(D3) 檢測與基礎設施不足 (6.6)、(D4) 綠電產業造成土地不足 (5.6)。根據訪查及詢問養殖戶得知，(C2) 加工品項少，由於市場消費仍以活蝦為主，多數蝦農主銷售活蝦，自身難以投入冷鏈與加工，以及宅配經驗有限，導致需求感不高且缺乏信心。(C4) 世代經營與認知的落差，蝦農仍以老農為主體，且經營模式具掌控感，並無轉型壓力外，也未直接參與青農課程或技術示範，對世代差異的議題難有共鳴。(D3) 檢測與基礎設施不足，因老舊土池仍可運作而未感到急迫性，多數蝦農仍依靠經驗管理水質與疾病，投資檢測費用與設備具負擔性，對改善效益認知不足。(D4) 綠電產業造成土地不足，此因屏東縣綠電產業的爭議與影響較小，且屏東養殖

登記證的登記率僅 25%，泰國蝦產業尚未直接受到綠電產業的衝擊。

三、產、官、研三方對泰國蝦養殖產業問題點的差異性

養殖戶、管理者、研究者等 3 群組對產業問題點的差異性，結果如 Fig. 5 所示，可得知三群組的共識相同於養殖戶群組之產業面臨最大 5 項問題點，(A1) 種原與蝦苗、(A3) 蝦病、(A2) 養成不易、(B1) 環境與極端氣候、(B5) 養成數低。管理者與研究者群組的原因說明相似於養殖戶，故不再詳述。在意見的差異性上，管理者群組認為重要但養殖戶認為不重要的項目 (官 > 產) 為 (C2) 加工品項少，此為管理者群組認為，近年政府建置農產品全國冷鏈物流體系，且為農業重大政策之一。泰

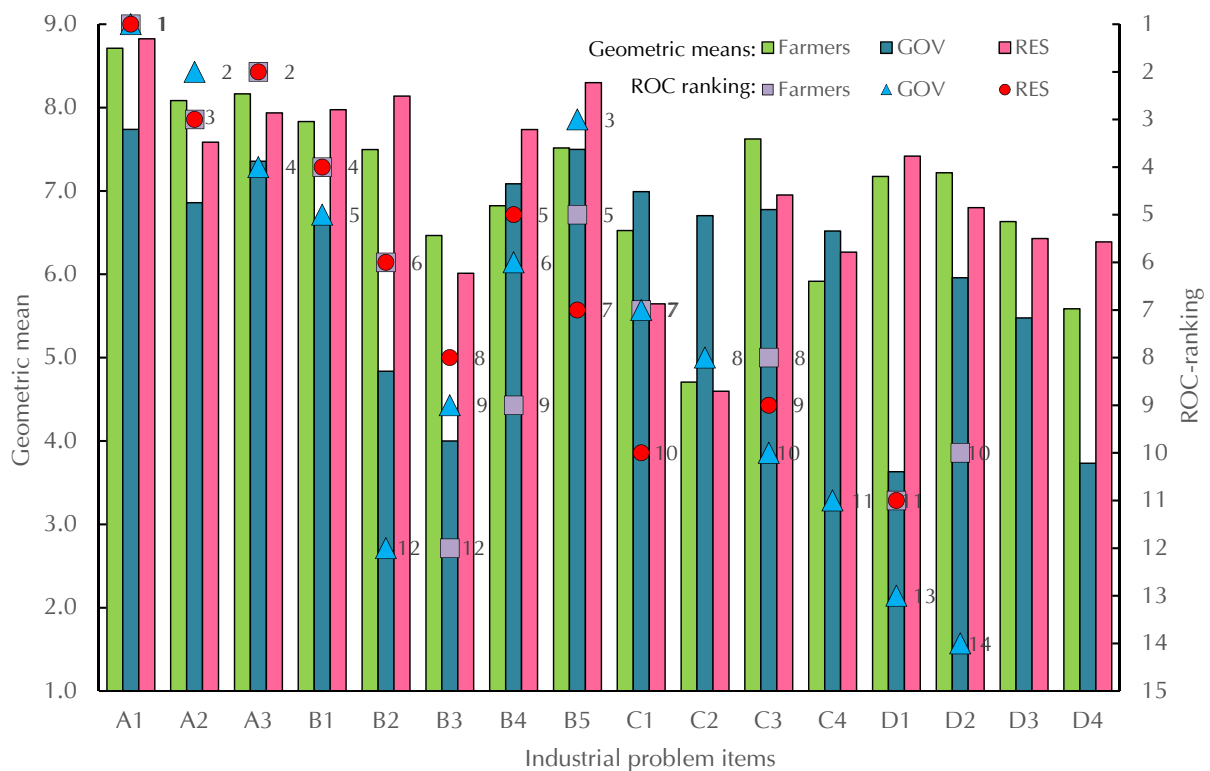


Fig. 5 Comparison of geometric means and ROC ranking of industrial key issues among giant freshwater prawn farmers, government officials, and researchers in Taiwan. (A1: Broodstock and seed quality; A2: Farming difficulties; A3: Prawn diseases; B1: Environmental and extreme weather; B2: Feed quality variations; B3: Power outages; B4: Poor biosecurity; B5: Low survival rates; C1: Production and marketing systems; C2: Processing options; C3: Operational expenses; C4: Generational gaps; D1: Information blocking; D2: Technical support; D3: Infrastructure; D4: Land-use conflicts).

國蝦若能夠運用冷凍、真空、宅配等加工方式，可延長保存期限且開拓不同的通路，以拓展需求量與穩定價格。但是，養殖戶認為僅少部分養殖戶有此需求，養殖戶僅專精於養殖成蝦，對銷售、加工、市場開發等，已無能力負擔。大部分養殖戶仍傾向成蝦交由販運商處理，對此項目的重要性最低。反之，養殖戶群組認為較重要但管理者認為不重要的項目（產 > 官），為 (D1) 政府的資訊阻塞且養殖登記證申請困難，此項目是管理者與養殖戶差異性最大的項目，主因為管理者認為已盡努力在養殖登記證的核定與資訊的透明公開，需要依法行政辦理，不能便宜行事，近幾年地方政府亦積極地召開說明會，並努力輔導養殖戶前來申請，此項目政府已完善現有資源及法規。但是當地養殖登記僅有 25%，養殖戶申請的件數仍低。另一方面，養殖戶認為養殖登記證或政府輔導事項之行政作業手續麻煩，資訊不清。而在訪談後得知雙方對此

項目的差異在於，部分養殖戶承租土地進行養殖，並非是地主，並無權利申請。或地主的農用土地未來可能增值而不願意變更為水產養殖用。或承租的土地涉及國有財產相關規定及水權問題等難以解決。尚有養殖戶認為政府應該依實際養殖事實就地合法，但管理者礙於法規制度不能便宜行事。雙方對此項目的認知差距大，可能是未來雙方衝突的項目之一。

另外，研究者群組對泰國蝦產業問題點的重要性趨勢養殖戶相近，較大的差異在於，研究者群組認為重要但養殖戶認為不重要的項目（研 > 產）為 (B4) 生物安全防治難，訪談研究者群組大部分認為蝦病問題嚴重，且病原已存在於環境當中，解決疾病問題應重視以預防代替治療的生物安全管理模式，從源頭的種蝦、蝦苗、水源、飼料、人員、設備、週邊環境與敵害生物等等，必需做好養殖管理，減少病原入侵蝦場，此為研究者群組認為重要

的項目，且辦理多場說明會，宣導消毒與檢驗的知識給養殖戶。但是在經濟考量與便宜行事之下，養殖戶偶有不確實地進行池邊管理、消毒次數與用量不足、無法預防敵害生物入侵的情形，養殖戶需要付出更多的心力，無法有效執行。此項目可能需要再加強宣導並常與養殖戶交流，才能被廣為接受之外，研究者群組的方向應可研發較為便捷與成本低的方式，或是導入智慧化的設備，有效降低養殖戶的排斥感。

討 論

由臺灣泰國蝦養殖戶對產業問題點的認知與觀點進行重要性排序，推導出蝦農面臨最大的 5 項共同產業問題項目依序為 (A1) 種原與蝦苗、(A3) 蝦病、(A2) 養成不易、(B1) 環境與極端氣候、(B5) 養成數低。管理者與研究者群組亦認同此 5 項問題點，群組間有共識。最大問題點首要為 (A1) 種原與蝦苗，養殖戶認為缺乏品質穩定且強健的泰國蝦苗，並認為可能近親繁殖與基因窄化造成蝦苗耐受性低，訪談時養殖戶皆有提及此問題，種原與蝦苗的問題又對後續養成率、抗病、抗氣候具有極強的相關性。吳 (2020) 認為蝦苗來源最重要，直接影響成蝦的賣相與口感，甚至病變、死亡率。朱 (2024) 提到，臺灣泰國蝦養殖平均存活率為 23.7%，造成養成率偏低兩主因，第 1 是殘食性強的物種 (呂, 1994; 李, 2009)，第 2 是長年近親繁殖下，形成種源弱化及基因多樣性衰退，導致產量降低，影響經濟效益與種源永續性 (Vandewoestijne *et al.*, 2008)。繁殖用種原窄化致使體型縮小，抗病力下降，使得鐵蝦症、肌肉白濁、酵母菌感染等疾病持續肆虐，對產量與產值都有明顯影響 (Chu *et al.*, 2011)。而選擇放養較大或品質較佳的蝦苗則可以提升育成率，還能增加收穫次數 (New, 1995; Huang *et al.*, 2008; Coyle *et al.*, 2010)。提升蝦苗品質則需引入新種原，擴大種原庫，此舉亦有助於增加遺傳多樣性 (Kolbe *et al.*, 2004)。因此，產官學界應可共同推動優質種蝦的選種育種與種原管理，由研究單位設立種原庫保存優質種蝦，並且能隔離與檢驗種蝦與蝦苗的致病風險，確保未來泰國蝦的蝦苗能夠具備更好的抗逆境能力。

其次的問題點為 (A3) 蝦病。Hopper *et al.* (2023) 論述泰國蝦的疾病問題，回顧相關的病原體與疾病的影響，不良的養殖條件如水質、養殖密度、池塘管理，均會增加疾病的風險。此外，隨著產業的擴張，疾病的發生率也隨之增加，而減少疾病影響的管理策略，例如改善養殖環境、加強生物安全措施、選擇抗病品種。Suzuki and Hoang Nam (2018) 提到，越南的蝦農使用抗生素來預防和治療蝦病，儘管其中一些抗生素是被禁止，導致不符合國際標準而被進口國家拒絕入境。在蝦類養殖中大量使用抗生素不僅會危害環境，還會導致抗藥性疾病的增加 (Le and Munekage, 2004)。Ho *et al.* (2025) 提及高密度蝦類養殖系統面臨的關鍵挑戰包括用水和廢水管理，這導致疾病的流行。但越南蝦類生產使用抗生素並不是什麼大問題，因為蝦子主要出口到美國和歐盟等執行嚴格標準的嚴格市場。如果產品中未申報抗生素殘留量，將停止進口 (Cong, 2017)。蝦病流行的原因很多，Young *et al.* (2022) 田野調查結果，多數業者經營時受到疾病影響。朱 (2024) 提到臺灣 8 成業者表示，養殖過程中受到疾病影響，而病毒、細菌和寄生蟲感染是造成蝦產量下降的重要原因 (Chu *et al.*, 2011; Hooper *et al.*, 2023)。或是高密度養殖環境下，泰國蝦的殘食為性早熟病毒的主要傳染途徑，提升了該病毒的擴散速度 (Xu *et al.*, 2023)。李 (2009) 提到臺灣泰國蝦養殖情形，蝦池附近的白鷺鷥與夜鷺是養殖泰國蝦的主要天敵，除啄食蝦之外，其常將肉食性魚類或有病害的泰國蝦傳播攜帶到其他蝦池中。尚因高密度養殖時，殘餌、排泄物累積、藥物使用不當，使得池底老化、藻相改變，造成水質與底質變化，增加疾病風險 (Nasrin, 2016)。於冬天低溫期特別嚴重。而收穫時的撈蝦網在不同池中使用，也會傳染病毒。

3 群組在受訪時均表示問題點上具有因果關係，前述 (A1) 種原與蝦苗、(A3) 蝦病，以及 (B1) 環境與極端氣候為原因，而造成 (A2) 養成不易與 (B5) 養成數低的結果。極端氣候包括乾旱、強降雨、高溫、颱風、寒流、日夜溫差大等，其中以高溫及強降雨最令養殖戶憂心，近年來極端氣候發生頻度漸多，對泰國蝦養殖戶實具深刻痛感。而養殖戶本身能夠做的事情，需加強對水質管理、飼料控管與疾病防治等管理技術，避免養殖過程產生

不必要的損失 (Khan *et al.*, 2021)。吳 (2017) 調查結果顯示，現場養殖戶普遍不會對飼料投餵進行精準控管，經常超出實際養殖所需的投餵量。大量的飼料無法養殖蝦成長，還淪為底土腐壞的助力 (Sun *et al.*, 2016)。謝等 (2020) 提到底土品質早已被認為是影響水質和水產生物產業的因素之一 (Hussenot and Feuillet-Girard, 1988; Munsiri *et al.*, 1996)。另放養密度過高易引起生長不良及發育緩慢、高死亡率等問題，也應嘗試降低放養密度。研究人員認為「預防重於治療」，做好生物安全管理是解決疾病問題的重要策略，病原來源途徑眾多，包含種蝦或蝦苗、水源、飼料及餌料、養殖設施及設備、人員、媒介動物等皆可成為病原傳播的媒介，因此養殖過程必須做好風險管控，減少病原入侵蝦場。研究人員需不定期至各地方加以宣導蝦病知識、認知與觀念等方面的資訊 (吳, 2020)。Gebrehiwot and Van Der Veen (2013) 認為，與推廣人員互動程度較高的農民會採取適應氣候變遷的措施。推廣服務能夠增強農民應對氣候風險的能力，由省級或地方水產部門和私營公司提供的技術訪問，指導蝦農進行水處理、疾病控制和養殖管理活動 (Le and Armstrong, 2024)。因此由政府及研究人員進行宣導與推廣服務可降低風險養成不易與養成數低的風險。葉等 (2025) 提及泰國蝦養殖管理建議，包括：(1) 放苗前，做好放苗前的準備工作包括清池與整池 (池底積水澈底排乾並抽除汙泥)、曬池及池底改良 (均勻撒布生石灰，曝曬至龜裂再翻土，使石灰與底層汙泥接觸；清池至曬池所需時間視天氣而定，約 2 - 3 星期)；(2) 放養時，蝦苗放養適當密度及觀察成長狀況進行分池養殖；(3) 落實養殖管理，其中包括水色與水質、夏季高水溫加強飼養管理、冬季低水溫保持穩定藻水濃度、加強生物安全防疫概念。

結 論

臺灣的養殖泰國蝦 1 年可有 2 次的收成，受益於適合氣候條件及養殖技術，並以活蝦運販方式供應內需市場，產量穩定且具高經濟性。但受到 2020-2023 年 COVID-19 疫情及近幾年極端氣候與蝦病流行等複合逆境因素影響下，讓養殖戶陷入經營的困境。本研究針對臺灣泰國蝦養殖戶對產

業問題的認知進行分析，透過問卷調查與訪談，結果顯示，養殖戶普遍認為最嚴峻的問題為：(1) 種原與蝦苗品質不穩定、(2) 蝦病多且防治困難、(3) 養成過程不易、(4) 環境與極端氣候影響養殖與 (5) 養成數低，導致經營壓力加劇。面對問題的核心挑戰與源頭問題密切相關，特別是種原與蝦苗品質影響後續的養成率與抗病能力。此外，極端氣候與水質惡化進一步加劇蝦病的發生，影響產業的穩定性。產業鏈的過度依賴活蝦市場，缺乏多元銷售管道，使得產業在市場波動與疫病衝擊下更顯脆弱。養殖戶對於生物安全防疫的觀念也薄弱，仍需產、官、學研共同合作進行 SPF 種蝦引進與種苗的生產。注重於優良品質的種原與蝦苗、良好的生物安全措施及強化蝦類免疫能力，使得泰國蝦養殖能夠具備更好的抗逆境能力。本研究提供了來自養殖戶的第一手產業現況分析，並為產、官、學界提供參考，以制定更有效的政策與技術支援策略。產業後續可透過強化種苗選育、建立疾病預防與管理機制、建構生物安全防疫養殖模式、改善水質管理、強化蝦類免疫能力、推動加工與多元行銷策略，將有助於提高產業韌性，確保泰國蝦養殖的永續發展。

謝 辭

本研究係 114 年度農業部水產試驗所科技計畫項下「漁業資源復育之漁民需求評估 (114 農科-6.5.1-水-03 (2))」之部分成果。本研究感謝接受訪問調查的臺灣泰國蝦養殖產業之養殖戶、政府官方、研究專家們的協助。

參考文獻

- 朱柏豪 (2024) 臺灣羅氏沼蝦養殖產業經濟分析. 國立臺灣海洋大學水產養殖學系 碩士論文, 110 pp.
- 吳浚右 (2020) 泰國蝦養殖業之成功因素研究-以里港為例. 國立屏東大學國際貿易學系 碩士論文, 205 pp.
- 吳鎮宇 (2017) 台灣中華絨螯蟹不同放養密度之生產經濟分析. 國立臺灣海洋大學水產養殖學系 碩士論文, 62 pp.
- 呂俊翰 (1994) 臺灣淡水長腳大蝦養殖之經濟分析. 國立臺灣海洋大學漁業經濟研究所碩士論文, 125 pp.
- 李姿靜 (2009) 里港泰國蝦養殖產業的發展. 國立臺南

- 大學臺灣文化研究所 碩士論文, 168 pp.
- 徐榮彬 (2003) 第四章：養殖淡水蝦疾病防治. 養殖水產生物病害防治 (劉文御主編), 水產試驗所特刊, 2: 121-133.
- 張有恆 (1998) 運輸計畫評估與決策-模糊理論之探討與應用. 華泰, 610 pp.
- 黃家富, 白志年, 劉富光 (2011) 第十七章：淡水長臂大蝦. 台灣淡水魚類養殖 (下) (劉富光主編), 水產試驗所特刊, 13: 281-316.
- 黃國平, 林振國, 許慶祥 (2004) 模糊理論與層級分析法之結合與應用, 第一屆臺灣作業研究學會學術研討會暨2004年科技與管理學術研討會論文集, 臺灣作業研究學會, 489-502.
- 楊清閱, 吳稷芝, 黃建智 (2025) 臺灣的泰國蝦養殖產業所面臨問題點之訪查. 水試專訊, 89: 5-11.
- 葉怡均, 林如謙, 利淑如, 吳豐成 (2023) 「泰國蝦養殖產業問題現況及對策交流座談會」紀要. 水試所電子報209期 (<https://reurl.cc/MMnRY4>).
- 葉怡均, 楊清閱, 黃淑敏, 林如謙, 利淑如, 吳豐成 (2025) 臺灣泰國蝦養殖的研究現況與建議. 水試專訊, 89: 12-17.
- 廖一久, 趙乃賢, 謝隆聲 (1973) 淡水長腳大蝦 (*Macrobrachium rosenbergii*) 在臺灣繁殖試驗初報. 台灣省水產試驗所東港分所研究報告叢書, 2: 137-147.
- 鄭金華, 余冠霖, 楊生山, 陳紫嫻 (2014) 無特定病原泰國蝦之量產技術及產業推廣 (IV). 水產試驗所2014年報, p.43 (<https://reurl.cc/MMn4X4>).
- 謝淑秋, 王俊堯, 林志訓, 黃致中, 葉信利 (2020) 底土硫化物對養殖文蛤的影響. 水試專訊, 69: 55-56.
- 簡禎富 (2005) 簡易多屬性評等技術與多屬性評估模式: 決策分析與管理, 雙葉書廊, 177-219.
- 蘇皇銘, 利淑如, 楊明樺, 吳豐成 (2020) SPF泰國蝦種原篩選及幼苗培育技術建立. 水試專訊, 72: 7-10.
- Barron, F. H. and B. E. Barrett (1996) The efficacy of SMARTER-Simple multi-attribute rating technique extended to ranking. *Acta Psychol.*, 93 (1-3): 23-36.
- Cheng, W. and J. C. Chen (1998a) Isolation and characterization of an Enterococcus-like bacterium causing muscle necrosis and mortality in *Macrobrachium rosenbergii* in Taiwan. *Dis Aquat Organ.*, 34 (2): 93-101.
- Cheng, W. and J. C. Chen (1998b) *Enterococcus*-like infections *Macrobrachium rosenbergii* are exacerbated by high pH and temperature but reduced by low salinity. *Dis Aquat Organ.*, 34 (2): 103-108.
- Chu K. B., F. C. Choong, M. K. Hazreen Nita, H. A. H. Muhd Faizul, S. Bhassu, R. R. Imelda and M. Mohammed (2011) Screening of parasitic and IHHNV infections in wild giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* from Rejang River at Kuching, Sarawak. *Trop. Biomed.*, 28 (1): 85-89.
- Cong, N. V. (2017) An overview of agricultural pollution in Vietnam. Online available: <https://hdl.handle.net/10986/29241>.
- Coyle, S. D., D. E. Alston and C. M. Sampaio (2010) Nursery systems and management. *In* Freshwater Prawns Biology and Farming (M. B. New, W. C. Valenti, J. H. Tidwell, L. R. D'Abramo and M. N. Kutty eds.), 108-126.
- Edwards, W (1977) How to use multiattribute utility measurement for social decision making. *IEEE T. Syst. Man Cyb.*, SMC-7: 326-340.
- Gebrehiwot, T. and A. Van Der Veen (2013) Farm level adaptation to climate change: The case of farmers in the Ethiopian highlands. *Environ Manage.*, 52 (1): 29-44.
- González-Figueroa, K. T., J. L. Reta-Mendiola, A. Asiain-Hoyos, V. Lango-Reynoso and F. GallardoLópez (2024) Current status of the global production chain of giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Online available: <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i5.2559>.
- Haslawati, B., I. Saadiah, R. P. Siti-Dina, M. Othman and M. T. Latif (2022) Environmental assessment of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* farming through life cycle assessment. *Sustainability*, 14 (22): 14776.
- Ho, T. Q., H. L. Do and H. Eggert (2025) Shrimp farming industry in Vietnam: An aquaculture performance indicators approach. *Aquacult. Econ. Manag.*, 1-24.
- Hopper, C., P. P. Debnath, G. D. Stentiford, K. S. Bateman, K. R. Salin and D. Bass (2023) Diseases of the giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii*: A review for a growing industry. *Rev Aquacult.*, 15: 738-758.
- Huang, C. T., S. Miao and A. Farok (2008) Economic analysis of cobia's (*Rachycentron canadum*) phase nursery stage culture in Taiwan. *J. Taiwan Fish. Res.*, 35 (2): 133-146.
- Hussenot, J. and M. Feuillet-Girard (1988) Crevettes et sédiment. Le sédiment des marais salés aquacoles de la côte Atlantique. Recherche de paramètres indicateurs de la qualité des fonds. *Aqua. Revue.*, 17: 25-29.
- Khan, M. D., R. Begum, R. Nielsen and A. Hoff (2021) Production risk, technical efficiency, and input use

- nexus: Lessons from Bangladesh aquaculture. *J. World Aquac. Soc.*, 52: 1-16.
- Kolbe, J. J., R. E. Glor, L. Rodríguez Schettino, A. C. Lara, A. Larson and J. B. Losos (2004) Genetic variation increases during biological invasion by a Cuban lizard. *Nature*, 431 (7005): 177-181.
- Le, N. T. T. and C. W. Armstrong (2024) Choice of climate risk adaptive measures in shrimp farming - A case study from the Mekong, Vietnam. *Aquacult. Econ. Manag.*, 28 (2): 340-368.
- Le, T. X. and Y. Munekage (2004) Residues of selected antibiotics in water and mud from shrimp ponds in mangrove areas in Viet Nam. *Mar. Pollut. Bull.*, 49 (11-12): 922-929.
- Munsiri, P., C. E. Boyd, D. Teichert-Coddington and B. F. Hajek (1996) Texture and chemical composition of soils from shrimp ponds near Choluteca, Honduras. *Aquacult. Int.*, 4: 157-168.
- Nasrin, S. (2016) Disease incidence in fish hatcheries and nurseries of north-central region of Bangladesh. PhD diss., Univ. Dhaka.
- New, M. B. (1995) Status of freshwater prawn farming: a review. *Aquac. Res.*, 26: 1-54.
- Pillai, B.R. and D. Panda (2024) Global status of Giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* farming with special reference to India and measures for enhancing production. *J. Aquac.*, 33 (1): 01-14.
- Sun, M., S. G. Hassan and D. Li (2016) Model for estimating feed intake in aquaculture: A review. *Comput. Electron. Agric.*, 127: 425-438.
- Suzuki, A. and V. Hoang Nam (2018) Better management practices and their outcomes in shrimp farming: evidence from small-scale shrimp farmers in Southern Vietnam. *Aquac. Int.*, 26 (2): 469-486.
- Vandewoestijne, S., N. Schtickzelle and M. Baguette (2008) Positive correlation between genetic diversity and fitness in a large, well-connected metapopulation. *Bmc Biology*, 6: 1-11.
- Xu, W., C. Zhao, X. Pan, X. He, X. Liu, J. Hou and J. Pang (2023) Transmission routes and a new freshwater crustacean host for Infectious Precocity Virus (IPV). *Transbound. Emerg. Dis.*, 2023 (1): 3950107.
- Young, B. C., Y. C. Yeh and W. Cheng (2022) Status and cost analysis of giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming in Taiwan. *AAFL Bioflux.*, 15 (3): 1118-1123.

An Analysis of Farmers' Perspectives on Key Industrial Issues of Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in Taiwan

Ching-Min Yang

Aquaculture Division, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

Macrobrachium rosenbergii, widely known as the giant freshwater prawn, is a cornerstone of Taiwan's aquaculture industry. This sector typically yields two harvests annually, primarily supplying the domestic live market for recreational fishing venues and contributing significantly to the tourism and leisure sectors. Despite being one of Taiwan's top ten aquaculture species, the Giant Prawn industry faced severe disruptions from 2020 to 2023 due to the COVID-19 pandemic, which hampered logistics and suppressed domestic demand. Furthermore, recent challenges, including extreme weather events and disease outbreaks, have placed intense operational pressure on farmers.

To identify critical industrial bottlenecks and explore potential solutions, this study utilized field interviews and questionnaire surveys to analyze and prioritize farmers' perspectives. The results reveal that Taiwanese farmers consistently rank the five most critical challenges in the following order: (A1) broodstock and seed quality, (A3) prawn diseases, (A2) difficulties in prawn farming, (B1) environmental and extreme weather conditions, and (B5) low survival rates. Addressing these challenges requires a strategic focus on securing high-quality broodstock, implementing robust biosecurity measures, and enhancing prawn immunity to strengthen industry resilience. These findings reflect the current state of the industry in Taiwan, providing valuable insights based on localized needs and practical experience. This research serves as a vital reference for industry, government, and academia in developing risk-mitigation strategies to ensure stable profitability and sustainable development in the sector.

Key words: giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*), prawn farmers, industrial status, perspective analysis, industrial issues

水產研究 第33卷 第2期

出版者：農業部水產試驗所

發行人：張錦宜

總編輯：葉信明

地址：基隆市中正區 20246 和一路 199 號

電話：(02) 2462-2101

傳真：(02) 2462-9388

網址：<https://www.tfrin.gov.tw>

創刊日期：民國 82 年 6 月

出版日期：民國 114 年 12 月

刊別：半年刊

ISSN 1018-7324 GPN 2008200207

ISSN 1018 7324



9 771018 732009

GPN 2008200207