

臺灣西南海域星雞魚雌魚之生殖生物學研究

吳伊淑·藍揚麒·黃建智·陳郁凱*·翁進興

行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心

摘要

星雞魚 (*Pomadasys kaakan*) 為臺灣西南海域刺網及拖網漁業重要經濟魚種之一，然而相關基礎調查資料仍闕如，本研究目的即為建立其生殖生物學參數，俾利未來進行管理之用。本研究於 2020 年 2 月至 2021 年 1 月期間按月至將軍、梓官及枋寮採樣，共採集雌魚 217 尾，雄魚 334 尾，共計 551 尾樣本，性比為 0.39，雌雄比例有顯著差異。雌魚尾叉長 (FL) 介於 195.7 - 650 mm，體重 (BW) 介於 128 - 3720 g，體長與體重之關係式為 $BW = 9.0 \times 10^{-5} FL^{2.69}$ ($R^2 = 0.97$, $n = 217$)；雄魚 FL 介於 169.9 - 591.0 mm、BW 介於 76 - 2265 g，體長與體重之關係式為 $BW = 8.0 \times 10^{-5} FL^{2.71}$ ($R^2 = 0.99$, $n = 334$)。根據卵巢生殖腺外觀及生殖腺指數月別變動，同時參考卵巢組織切片及卵徑頻度測量等數據，推估星雞魚生殖期介於 2 - 7 月，高峰在 3 - 4 月。單次產卵數範圍為 5,480 - 277,368 粒，平均產卵數為 56,646 粒，卵徑介於 0.14 - 1.41 mm。雌魚最小性成熟體長為 333.0 mm，50% 性成熟體長為 395.8 mm，3 月份所採樣本中發現水卵，推估臺灣西南部附近海域位於其產卵場範圍內。

關鍵詞：星雞魚、性成熟體長、生殖腺指數、生殖季節

前言

星雞魚 (*Pomadasys kaakan*) 俗稱劊額、雞仔魚、石鱸、厚鱸，屬於石鱸科 (Haemulidae)、石鱸屬之魚種 (沈, 1993; 陳, 2004)。星雞魚廣泛分布於印度-西太平洋區，在臺灣周邊海域則主要分布於臺灣海峽中部及南部海域，北部亦有少量分布 (臺灣魚類資料庫, 2021)。主要棲息於沿近海砂泥底質之中下層水域，為西南海域全年均可漁獲，主要作業漁法為拖網及刺網，延繩釣及手釣亦有零星捕獲，為西南海域重要經濟魚種之一。

過去國內相關研究僅有星雞魚在半淡鹽水及全海水養殖環境下，飼料之脂質與蛋白質添加量 (陳, 1994) 及刺網漁獲組成等 (羅, 2017)，其他則尚付闕如。國外相關研究則有 Al-Husani *et al.* (2001) 於利用耳石判讀科威特海域的星雞魚年齡，Valinasab *et al.* (2007) 及 Falahatimarvast *et al.*

(2012) 於波斯灣北部探討星雞魚生殖生物學等。魚類生殖生物學之研究所獲得的各項參數，為漁業資源評估管理之重要基礎，也是探索魚類生活史的重要項目 (翁, 2003)。本研究目的乃探討星雞魚於臺灣西南海域之生殖生物特性，建立各項相關參數，提供日後對星雞魚資源進行解析及管理之基礎參考資料。

材料與方法

一、樣本採集

本研究於 2020 年 2 月至 2021 年 1 月期間，按月至臺南將軍漁港、茄萣興達港、梓官蚵仔寮漁港及屏東枋寮漁港隨機採樣。樣本以碎冰冰藏後攜回實驗室進行解剖，分別量測其尾叉長 (fork length, FL；精確至 0.1 mm)、體重 (body weight, BW；精確至 g) 與生殖腺重 (gonad weight, GW；精確至 0.01 g)。另將生殖腺浸泡在 10% 福馬林溶液中進行固定，作為後續組織切片、孕卵數 (fecundity, F) 估計及卵徑大小測定用。根據卵巢

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

生殖腺外觀及生殖腺指數 (Gonadosomatic index, GSI) 月別變動, 同時以顯微鏡觀察生殖腺發育情形及卵徑頻度分析等方法, 建立各項相關參數。

二、資料分析

(一) FL 與 BW 關係

以各月份測得之 FL 與 BW 進行統計迴歸分析, 求得關係式如下所示:

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

式中 a 與 b 為係數

(二) GSI

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

$$GSI = GW/BW \times 10^2$$

GW: 生殖腺重

BW: 體重

(三) 卵巢發育判別

依據林 (2007)、羅 (2010) 等文獻, 將生殖腺發育分為未成熟 (immature)、成熟中 (maturing)、已成熟 (matured) 和產後期 (spent) 等四個階段, 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。未成熟階段為染色質核仁期及周邊核仁期, 成熟中階段為卵黃胞期至第三級卵黃期階段, 已成熟階段為核仁移動期及完熟期。

(四) 性比

性比計算方式為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:

$$\text{性比} = \frac{\text{雌魚數量}}{\text{雌魚數量} + \text{雄魚數量}} \times 100\%$$

(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鰓之研究, 選擇 3 幅不同發育階段之卵巢, 進行不同部位之孕卵數 (F) 及卵徑之差異檢定, 即將此 3 幅卵巢分為左右兩葉, 每葉在分為前、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 F 並無差異, 而同一部位在不同個體之

間則有顯著差異, 此結果顯示任何部位均可代表整幅卵巢之發育狀況, 為求一致性, 本研究統一選用左葉之中間部位做為採卵分析。

參考張 (2008) 針對龜山島海域之研究, 採用重量法 (gravimetric method) 來推算 F 與單次產卵數 (batch fecundity, BF), 隨機採取 0.05 g 重卵粒, 計算卵徑 ≥ 0.1 mm 的卵粒數, 以估算卵細胞發育達到卵黃胞期及完熟期之卵數, 其估算公式如下:

$$F = (0.05 \text{ g 卵巢中卵徑} \geq 0.10 \text{ mm 之卵數} / 0.05 \text{ g 卵巢重}) \times \text{卵巢重}$$

$$BF = (0.05 \text{ g 卵巢中之卵徑} \geq 0.50 \text{ mm} / 0.05 \text{ g 卵巢重}) \times \text{卵巢重}$$

(六) 50% 性成熟體長

本研究以 50 mm 作為體長組距進行分析, 透過組織切片、GSI 及卵徑大小, 來計算各組距內生殖腺達性成熟的比例, 再利用 logistic curve (King, 1995) 計算性成熟率達 50% 之魚體大小 (size at 50% maturity), 其計算式如下:

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

Pr: 成熟百分比

FL: 尾叉長

a、b: 常數

結 果

一、尾叉長與體重關係

研究期間共計採集 551 尾樣本魚, 其中雌魚 217 尾、雄魚 334 尾, 雌雄別之體長範圍分別為 195.7 - 650.0 mm、169.9 - 591 mm, 體重範圍為 128 - 3720 g、76 - 2265 g (Table 1)。雌雄魚的體長體重關係式, 經檢定結果有顯著差異 ($p < 0.05$), 因此兩者資料無法合併分析。雌雄魚的 FL 與 BW 關係式如下:

$$\text{雌魚: } BW = 9.0 \times 10^{-5} FL^{2.69} (R^2 = 0.97, n=217) \text{ (Fig. 1a)}$$

$$\text{雄魚: } BW = 8.0 \times 10^{-5} FL^{2.71} (R^2 = 0.99, n=334) \text{ (Fig. 1b)}。$$

二、GSI 與群成熟度月別變化

雌魚 GSI 月平均值介於 0.51 - 4.42 間, 自 2

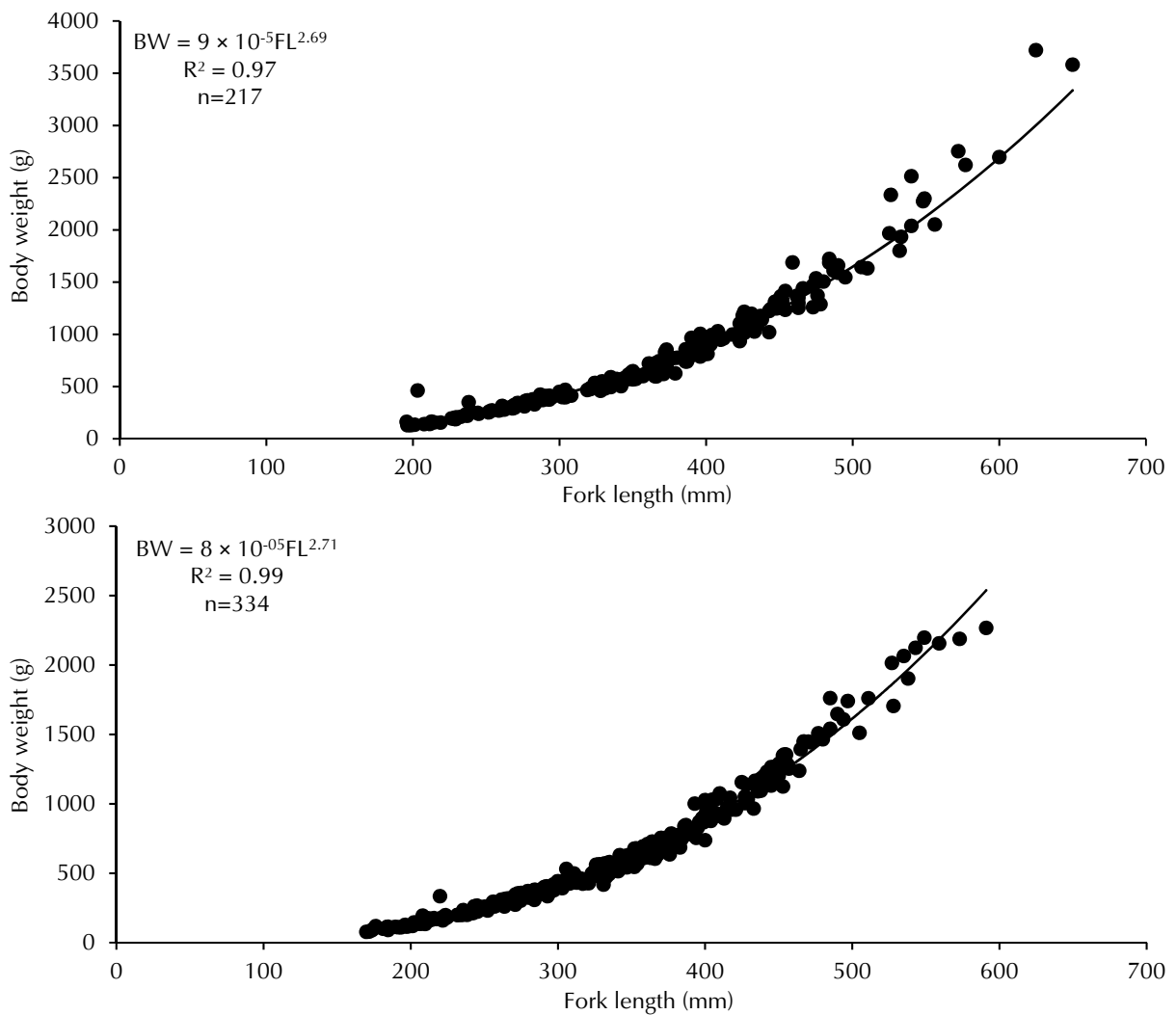


Fig. 1 Relationship between the fork length (FL) and body weight (BW) for female (up) and male (below) *Pomadasys kaakan* collected between February 2020 and January 2021 in the southwestern waters of Taiwan.

月起逐漸上升，至 7 月仍維持在較高值 2 以上，其中 3 月及 4 月指數最高分別為 4.33 及 4.42，8 月之後開始下降，至翌年 1 月間都處於低值 (Fig. 2)。

各生殖腺成熟階段於各月份所佔之比例變化如 Fig. 3，雌魚的群成熟度月別變動，雌魚於自 2 月開始出現性成熟個體 (佔 26%)，之後逐漸增加，3 - 4 月已成熟階段比例達最高，分別佔 64.3% 及 61.9%，5 月之後逐漸下降，至 11 月後無成熟個體；其中，4 月及 5 月份有排卵後 (spent) 個體，分別佔 9.52% 及 16.67%。

三、卵徑大小月別變化

星雞魚之卵徑分布介於 0.14 - 1.41 mm，自 2

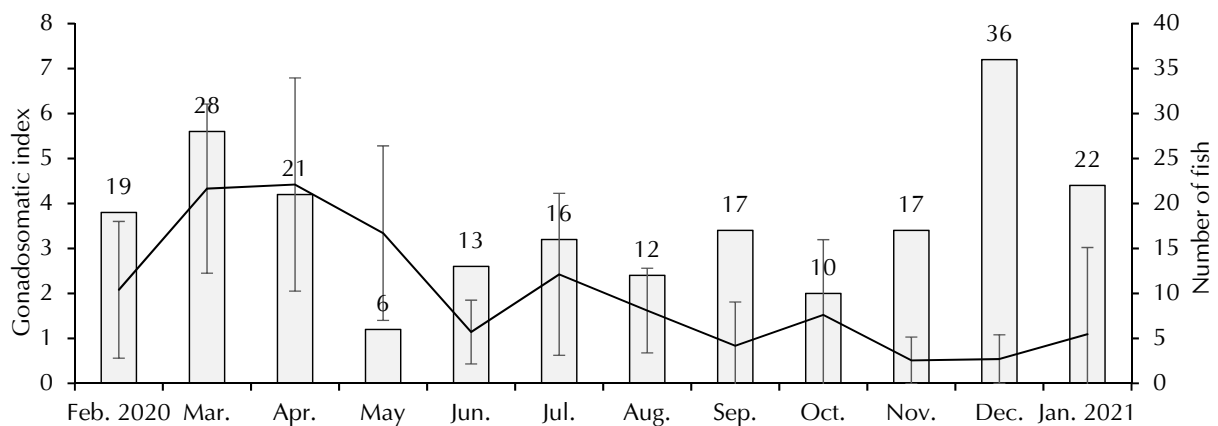
月起大於 0.61 mm 之卵粒已開始出現，且 0.1 mm 卵徑比例降低，大型卵徑之比率增加，更有卵徑達 0.7 mm 之卵粒出現，至 3 - 4 月達高峰期，出現最大卵徑達 1.41 mm。直至 10 月份此時卵徑大於 0.61 mm 之比例降低，小於 0.2 mm 比例增加，直到隔年 1 月大型卵徑比例才又開始增加，占比達 70% 以上 (Fig. 4)。

四、卵細胞成熟階段

經由肉眼先行判定生殖腺成熟階段，再依各不同生殖階段隨機抽取樣本，進行 120 尾組織切片觀察卵巢卵母細胞發育過程。每尾組織切片取相同成熟階段，量測卵細胞約 3 - 6 顆卵粒進行卵

Table 1 Specimens of *Pomadasys kaakan* collected between February 2020 and January 2021 in the southwestern waters of Taiwan

Time	Female			Male			Total
	No.	Range of FL (mm)	Range of BW (g)	No.	Range of FL (mm)	Range of BW (g)	
2020 Feb.	19	290.9-410.0	379-946	29	274.3-528.0	333-1703	48
Mar.	28	268.0-540.0	289-2036	26	302.0-497.0	391-1739	54
Apr.	21	288.0-556.0	386-2050	24	271.0-464.0	272-1237	45
May	6	319.0-533.0	465-1932	12	360.0-559.0	635-2154	18
Jan.	13	253.7-525.0	270-1966	20	169.9-535.0	76-2063	33
Jul.	16	266.0-600.0	298-2695	33	232.1-591.0	198-2265	49
Aug.	12	293.0-577.0	373-2620	29	196.2-494.0	117-1607	41
Sep.	17	211.5-650.0	140-3580	42	176.2-573.0	110-2187	59
Oct.	10	262.3-625.0	278-3720	21	208.1-490.0	193-1760	31
Nov.	17	203.2-549.0	251-2298	21	211.7-543.0	174-2122	38
Dec.	36	195.7-526.0	128-2334	51	174.7-538.0	98-2014	87
2021 Jan.	22	198.6-572.0	128-2751	26	173.6-549.0	87-2195	48
Total	217	195.7-650.0	128-3720	29	274.3-528.0	333-1703	48

**Fig. 2** Monthly changes in the mean gonadosomatic index (GSI) for female *Pomadasys kaakan* in the southwestern waters of Taiwan.

徑測量並取其平均值。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九個階段：

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

卵粒非常小，肉眼無法清楚看出，外型大致呈圓形，卵徑 < 0.06 mm，細胞質被蘇木精染成深紫色，呈嗜鹼性 (Fig. 5A)。

(二) 周邊核仁期 (peri-nucleolus stage, Pn)

卵徑較前一階段大，有一個大且明顯的細胞

核，卵徑在 0.05 – 0.09 mm 之間，呈嗜鹼性 (Fig. 5B)。

(三) 卵黃胞期 (yolk vesicle stage, Yv)

卵粒變大，外觀呈圓形或橢圓形，開始出現油滴及卵黃胞，卵徑在 0.09 – 0.16 mm 之間 (Fig. 5C)。

(四) 初級卵黃期 (primary yolk stage, Ys1)

卵徑持續增大，細胞質中遍佈較小的油滴和卵黃球，卵徑在 0.14 – 0.24 mm 之間 (Fig. 5D)。

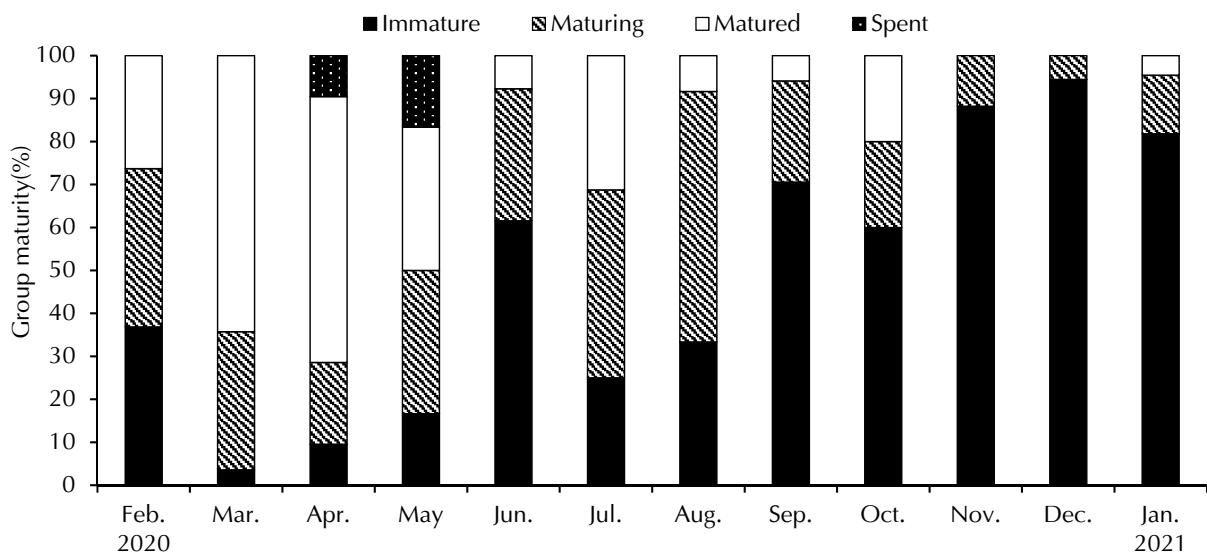


Fig. 3 Monthly variations in the proportion of ovarian maturation stages for female *Pomadasys kaakan* in the southwestern waters of Taiwan.

(五) 次級卵黃期 (secondary yolk stage, Ys2)

此階段油滴大小開始增加，並往細胞核周圍聚集，細胞質中卵黃球數量增加，卵徑在 0.18 - 0.29 mm 之間 (Fig. 5E)。

(六) 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 0.20 - 0.32 mm 之間 (Fig. 5F)。

(七) 核仁移動期 (migratory nucleus stage, Mn)

此階段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 0.31 - 0.55 mm 之間 (Fig. 5G)。

(八) 完熟期 (mature stage, Re)

油滴再相互癒合成一個或二個大型油滴，此時卵黃團即充滿整個卵粒，細胞外圍顆粒層及卵鞘細胞接消失，卵徑在 0.50 - 0.61 mm 之間 (Fig. 5H)。

(九) 完熟期之透明卵 (transparent egg stage)

卵細胞達成熟時即將進行排卵，卵細胞吸附

水分後外貌呈透明狀，卵徑範圍在 0.61 - 1.41 mm (Fig. 5I)。

五、生殖腺成熟階段

從卵巢的外觀、GSI 與組織切片觀察的結果，將卵巢分為四個不同的成熟階段：

(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；根據組織學的觀察，約在染色質核仁期至周邊核仁期階段，生殖腺指數 ≤ 1.10 ，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 - 2.24 之間，卵徑範圍在 0.10 - 0.60 mm 之間。

(三) 已成熟階段 (matured 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 ≥ 2.25 ，卵徑 ≥ 0.50 mm。

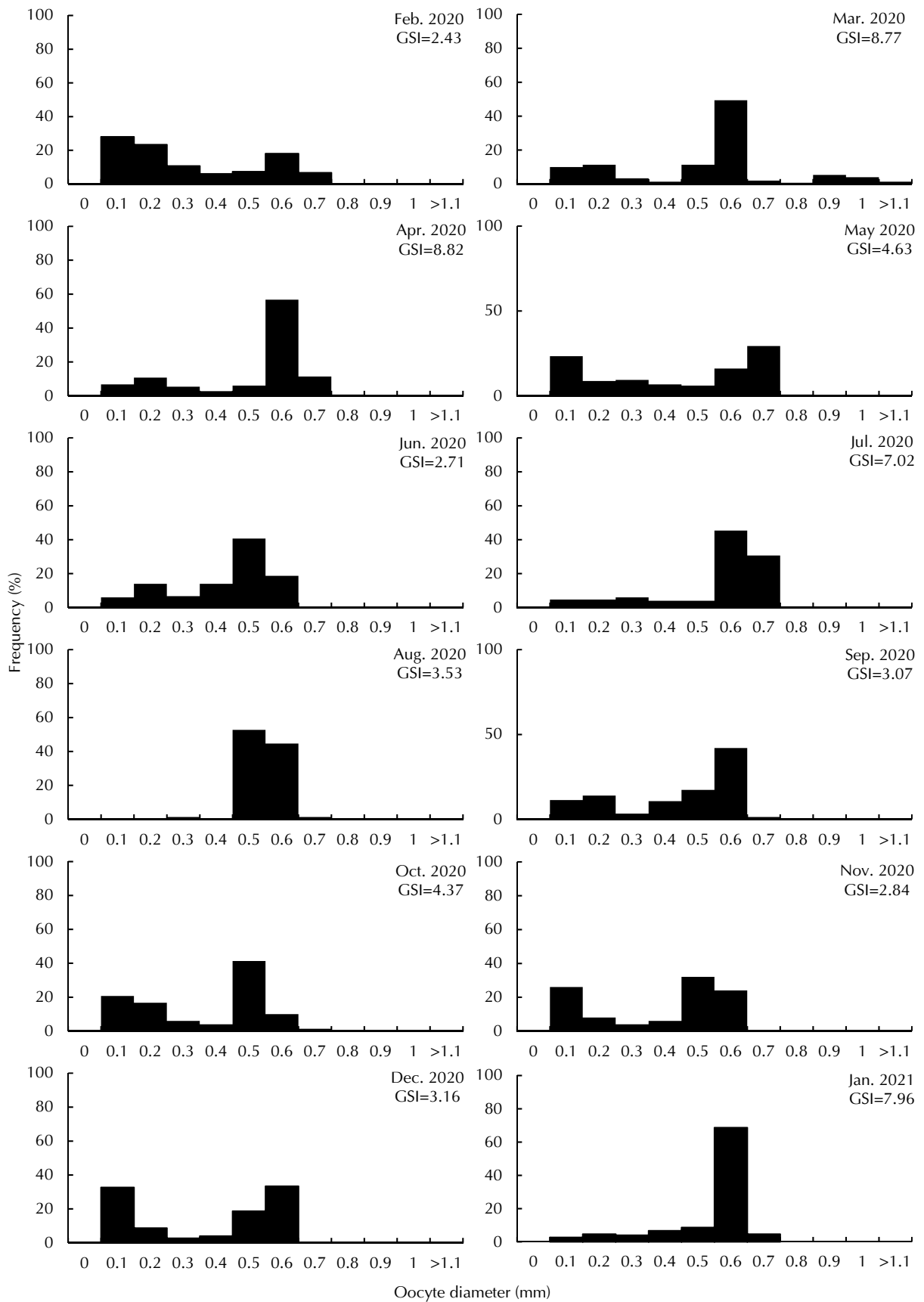


Fig. 4 Monthly frequency distribution of the oocyte diameter for female *Pomadasys kaakan* collected between February 2020 and January 2021 in the southwestern waters of Taiwan.

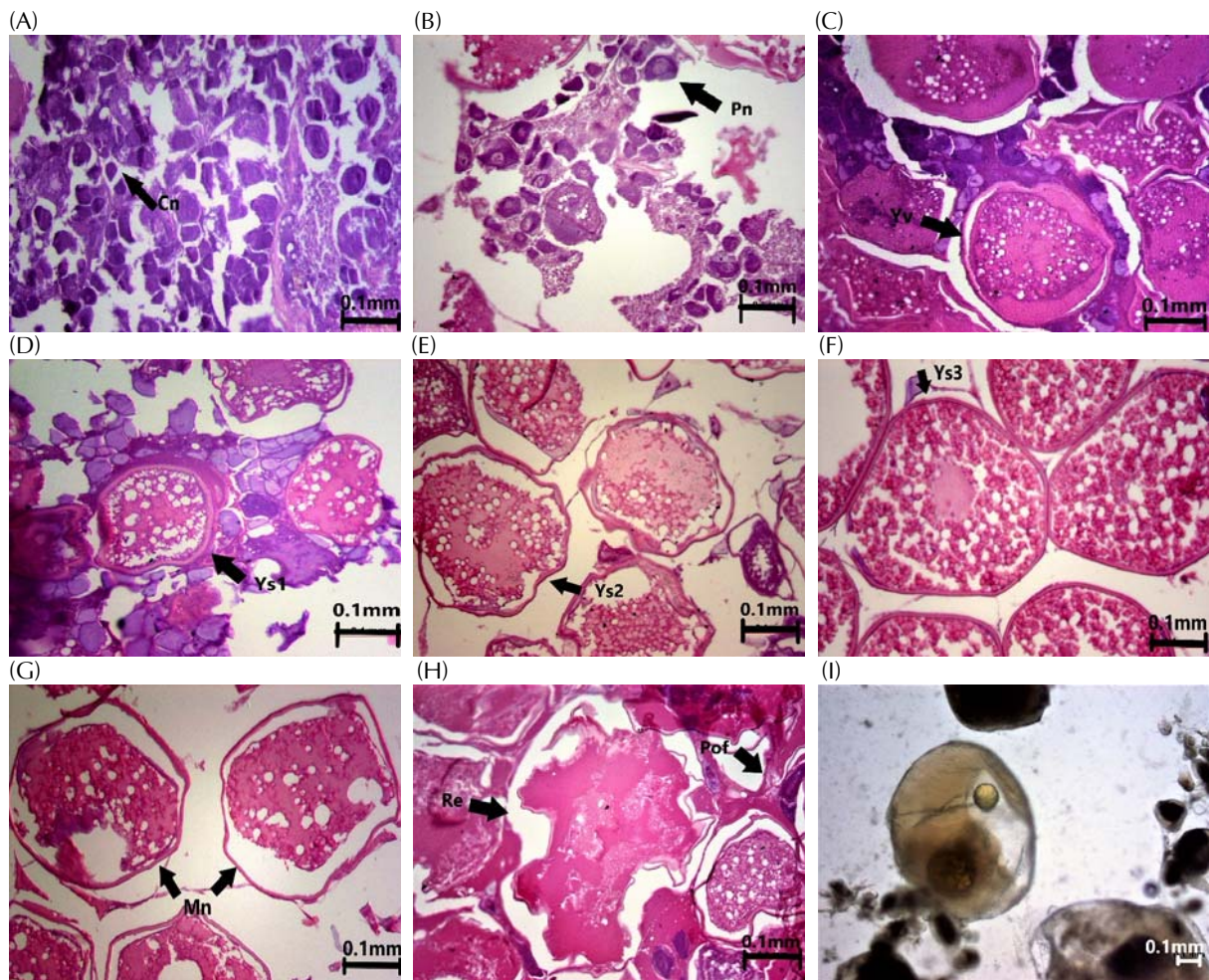


Fig. 5 Histological sections of the ovary of *Pomadasys kaakan* specimens, illustrating the oocytes at various maturity stages. (A) Cn: Chromatin-nucleolus stage, (B) Pn: Peri-nucleolus stage, (C) Yv: Yolk vesicle stage, (D) Ys1: Primary yolk stage, (E) Ys2: Secondary yolk stage, (F) Ys3: Tertiary yolk stage, (G) Mn: Migratory nucleus stage, (H) Re: Ripe egg stage, (I) Translucent egg stage.

(四) 產卵後階段 (spent stage)

產卵後的卵巢較成熟階段時小，卵巢內會殘留些許大的卵粒，並可發現產後濾泡及已經萎縮的卵細胞。

六、性比

(一) 月別性比變化

本研究雌魚樣本 217 尾、雄魚 334 尾，共計 551 尾標本，性比為 0.39。性比之月別變化情形如 Table 2 所示，除了 3 月之外，其餘月份雄魚樣本數均比雌魚多。性比月別經卡方檢定結果顯示 7、

8、9 及 10 月雌雄魚間有顯著差異，而總樣本數性比亦有顯著差異 ($\chi^2 = 22.05, p < 0.01$)，雄魚樣本數比雌魚多。

(二) 尾叉長別性比變化

本種性比會隨著體型變大而提高，體型在 450 mm 以下，以雄魚所占比例較高，大於 450 mm 則雌魚數量較佔優勢 (Table 3)。

七、性成熟體長

經由組織切片及外部型態觀察，顯示體型在 333 mm FL 即有出現成熟魚，套用 Logistic 曲線公

Table 2 Monthly sample size of the female and male *Pomadasys kaakan* collected between February 2020 and January 2021 in the southwestern waters of Taiwan. The sex ratio (%) is the female percentage of the monthly or total samples. The asterisks indicate the statistical significance of the chi-square (χ^2) test at $p < 0.05$

Time	Female	Male	Sex ratio (%)	χ^2	p -value
2020 Feb.	19	29	39.58	2.08	0.1489
Mar.	28	26	51.85	0.07	0.7855
Apr.	21	24	46.67	0.20	0.6547
May	6	12	33.33	2.00	0.1573
Jan.	13	20	39.39	1.48	0.2230
Jul.	16	33	32.65	5.90	0.0152*
Aug.	12	29	29.27	7.05	0.0079*
Sep.	17	42	28.81	10.59	0.0011*
Oct.	10	21	32.26	3.90	0.0482*
Nov.	17	21	44.74	0.42	0.5164
Dec.	51	36	41.38	2.59	0.1078
2021 Jan.	26	22	45.83	0.33	0.5637
Total	217	334	39.40	24.84	<0.0001*

Table 3 Sample sizes of female and male *Pomadasys kaakan*, grouped by size classes, collected between February 2020 and January 2021 in the southwestern waters of Taiwan. The sex ratio (%) is the female percentage of the monthly or total samples. The asterisks indicate the statistical significance of the chi-square (χ^2) test at $p < 0.05$

Size class (mm)	Female	Male	Sex ratio (%)	χ^2	p
200	3	16	15.8	8.89	0.0028*
250	19	48	28.4	12.55	0.0004*
300	40	64	38.5	5.54	0.0186*
350	38	66	36.54	7.54	0.0060*
400	43	70	38.1	6.45	0.0111*
450	35	40	46.7	0.33	0.5637
500	23	19	54.8	0.38	0.5371
550	10	8	55.6	0.22	0.6374
600	4	3	57.1	0.14	0.7055
650	2	0	100	-	-

式，雌魚性成熟比率與 FL 關係式如下：

$$Pr = 1/(1 + e^{10.59-0.0593FL})$$

將 $Pr = 0.5$ 代入此關係式求得雌魚 50% 性成熟體長為 395.8 mm FL (Fig. 6)。

八、孕卵數與單次產卵數

(一) 孕卵數

觀察組織切片結果，選取成熟期之卵巢 29 幅 (魚體 FL 介於 333 - 650 mm ; BW 介於 524 - 3400

g)，估計之孕卵數為 14,059 - 5,657,018 粒，平均孕卵數為 1068,680 粒卵。

(二) 單次產卵數

選取 GSI 高峰期 2 - 7 月期間之雌魚 21 尾 (FL 介於 333 - 650 mm ; BW 介於 524 - 3400 g)，計算單次產卵數範圍為 5,480 - 277,368 粒卵，平均產卵數為 56,646 粒卵。

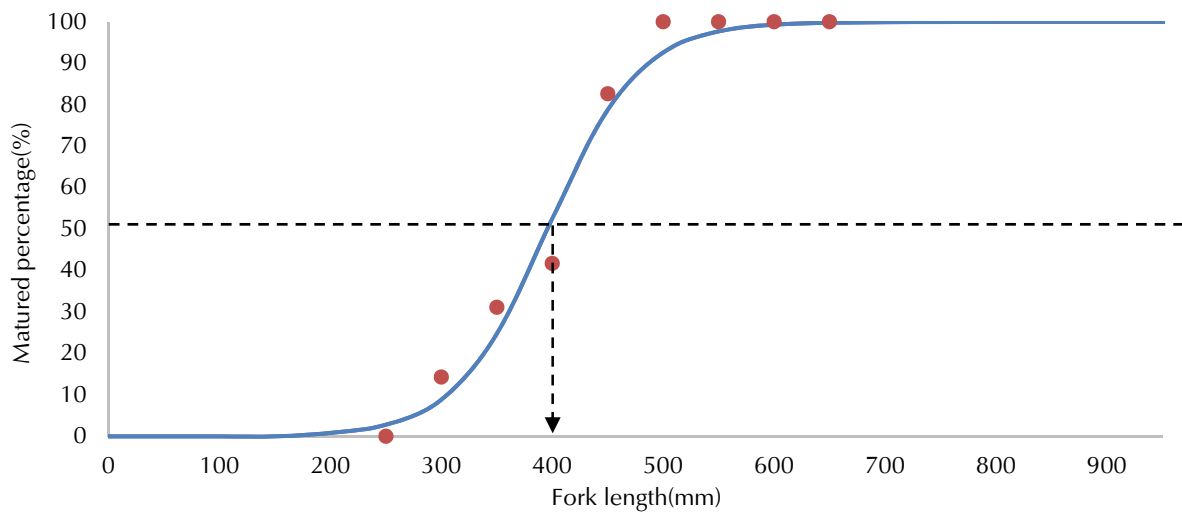


Fig. 6 Relationship between the maturity percentage and fork length for female *Pomadasys kaakan* collected in the southwestern waters of Taiwan. The length at 50% maturity (L_{m50}) is indicated by the horizontal dashed line.

九、生殖期推估

星雞魚 GSI 在 3 - 4 月最高 (Fig. 2)，達 4 以上，至 8 月時開始持續下降，至 12 月時降至約 0.54。生殖腺群成熟度的月別變化顯示 (Fig. 3)，2 - 10 月均有出現完熟期樣本，其中 2 - 5 月成熟魚所占比例最高。綜合以上觀察，推估臺灣西南海域星雞魚之生殖期在 2 - 7 月，高峰為 3 - 4 月。

討 論

一、樣本體型組成

本研究所採得魚體樣本體長範圍介於 195.7 - 650 mm，體重介於 128 - 3720 g，然國內無星雞魚相關研究報告可供比較，生殖生物學分析研究更是闕如。Al-Husani *et al.* (2002) 利用耳石判讀阿拉伯灣 (Arabian Gulf) 之星雞魚年齡，估計其 VBGE 成長參數分別為極限體長 (L_{∞}) 為 62.16 cm，成長係數 (K) 為 0.27，初始年齡 (t_0) 為 -0.47，並指出雌雄成長方程式間存在顯著差異，且雌魚極限體長較大。星雞魚為阿拉伯灣的重要漁獲，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，另外拖網、釣具及陷阱網也會漁獲，佔科威特總漁獲量約 3 - 10%，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。本研究最大個體體長 650 mm，

與 Al-Husani *et al.* (2002) 研究估計極限體長接近，惟該研究採獲最大個體為 750 mm，略大於本研究樣本，可能因兩地海洋環境差異或漁獲壓力有所差異所致。

二、性比

星雞魚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 : 0.6 (M : F)。Falahatimarvast *et al.* (2012) 在波斯灣北部研究報告指出，星雞魚之性比為 1 : 1.5 (M : F)，其研究報告指出星雞魚的生殖週期明顯較長，是否因生殖週期長使得雌魚在族群中比例較高。其它石鱸科 *Pomadasys* 屬的魚種也有類似的現象，例如新喀里多尼亞的銀雞魚 (*Pomadasys argenteus*) (Kulbicki *et al.*, 2009)，以及非洲西北方加那利群島的 *Pomadasys incisus* (Pajuelo *et al.*, 2003)。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，例如性轉變及雌雄同體 (hermaphroditism) 的現象 (Lehodey *et al.*, 1997)，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)，以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星雞魚個體存在，顯示臺灣西南海域之星雞魚並無雌雄同體之現象，與其它 *Pomadasys* 屬的研究結果相同。此外，本研究樣本主要來自刺

網，每次採樣均可發現雌魚與雄魚，然而雄魚數量多體型小，雌魚數量少但體型大，所得性比結果與前人研究報告結果有所差異。Falahatimarvast *et al.* (2012) 在波斯灣的研究中，所採集的星雞魚樣本雄魚比例較低，且雄魚及雌魚生活在不同水層間 (Gaut and Munro, 1983)，因此在臺灣西南海域星雞魚是否存在棲地利用差異？是否拖網捕獲星雞魚之雌魚較多？由於目前缺乏來自拖網之樣本，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。那麼死亡率差異或成長率差異是否可能造成性比的差異？在 Al-Husaini *et al.* (2002) 的研究指出雌魚與雄魚之成長率有顯著的差異，雌魚成長較快速，體型較大。由於本研究並無其成長率與死亡率之資訊，拖網漁法樣本不足，因此目前無法得知此二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。目前國內針對星雞魚生殖生物學方面研究幾乎闕如，本研究估算臺灣西南海域星雞魚雌魚之最小性成熟體長為 333 mm，50% 性成熟體長為 395.8 mm。Mathews *et al.* (1989) 推估星雞魚最小性成熟體長為 260 mm 及 Falahatimarvast *et al.* (2012) 研究指出其 50% 性成熟體長為 477 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、生殖期及產卵類型探討

Al-Husaini *et al.* (2001) 於阿拉伯灣的研究指出，該海域星雞魚生殖季節為 2 - 7 月，且 2 - 4 月及 6 - 7 月各有一個生殖高峰期；10 月為次高峰生殖期。Falahatimarvast *et al.* (2012) 於波斯灣研究報告顯示，1 - 7 月間均為生殖期，1 - 4 月為生殖高

峰期，5 - 9 月為產後萎縮階段。

綜合本研究之 GSI、卵徑等月別變動情形結果，推估臺灣西南海域星雞魚雌魚之產卵期有較長之現象，產卵盛期為 2 - 5 月。根據 Falahatimarvast *et al.* (2012) 研究，顯示波斯灣海域之星雞魚雌魚 GSI 值於 5 月因卵巢排卵後開始萎縮因而下降，和本研究分析結果相符。魚類的產卵模式根據卵細胞發育情形及排卵方式來判斷，一般可分為完全同步型 (total synchronism)、分批同步型 (group synchronism) 以及非同步型 (asynchronism) 等三種型式 (Nagahama, 1983; Murua and Saborido-Rey, 2003)，其中以分批同步產卵類型最普遍。此類型魚種通常一年產卵一次，而一生可產許多次卵；其在產卵季時，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。Falahatimarvast *et al.* (2012) 亦指出星雞魚卵徑分布為多峰型，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，故可判斷星雞魚是屬於生殖期長且一年產卵一次的分批同步型。

參考文獻

- 沈世傑, 李信徹, 邵廣昭, 莫顯蕃, 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.
- 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) 臺灣東部海域正鯉之性比與性成熟研究. 水產研究, 29(1): 1-14.
- 翁進興 (2003) 澎湖海域日本銀帶鯡之生殖生物學研究. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學系碩士論文, 85 pp.
- 陳榮宗 (1994) 星雞魚在半淡鹽水及全海水養殖下飼料中適當蛋白質及脂質添加量之研究. 國立臺灣大學漁業科學研究所 碩士論文, 82 pp.
- 陳春暉 (2004) 澎湖的魚類. 行政院農業委員會水產試驗所特刊, 3, 115 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 (2021) <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齒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.
- Al-Husaini, M., S. Al-Ayoub and J. Dashti (2001) Age validation of nagroor, *Pomadasys kaakan* (Cuvier, 1830) (Family: Haemulidae) in Kuwaiti waters. *Fish. Res.*, 53: 71-81.
- Al-Husaini, M., A. Al-Baz, S. Al-Ayoub, S. Safar, Z. Al-Wazan and S. Al-Jazzaf (2002) Age, growth, mortality, and yield-per recruit for nagroor, *Pomadasys kakaan*, in Kuwait's waters. *Fish. Res.*, 59: 101-115.
- 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.
- Falahatimarvast, A., H. Poorbagher and P. M. Lokman (2012) The reproductive biology of *Pomadasys kaakan* (Osteichthyes: Haemulidae) in the northern Persian Gulf. *Cah. Biol. Mar.* (2012) 53: 25-34.
- Gaut, V. C. and J. L. Munro (1983) The biology, ecology and bionomics of the grunts, Pomadasyidae. *In* ICLARM Studies and Reviews: 7. Caribbeam Coral Reef Fishery Resources (J. L. Munro ed.), International Center for Living and Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 110-141.
- 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.
- 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. Fishes*, 61: 25-36.
- 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.
- Lehodey, P., R. Grandperrin and P. Marchal (1997) Reproductive biology and ecology of a deep-demersal fish, alfonsino *Beryx splendens*, over the seamounts off New Caledonia. *Mar. Biol.*, 128: 17-27.
- 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.
- Mathews, C.P., J. U. Lee, M. Samuel and P. S. Joseph (1989) Fin fisheries management project phase III. Final Report, Report No. 2943. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait.
- Murua, H. and F. Saborido-Rey (2003) Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic J. Northwest Atlantic 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.
- Pajuelo, J. G., J. M. Lorenzo and M. Gregoire (2003) Age and growth of the bastard grunt (*Pomadasys incisus*) inhabiting the Canarian archipelago, northwaest Africa. *Fish. Bull.*, 101: 851-859.
- 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.
- 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.
- Valinasab, T., A. Keyvan, M. Sedghi and I. Kamali (2007) Reproduction characterisitcs of Javelin grunt, *Pomadasys kaakan*, in hormuzgan waters of the Persian gulf. *J. Mar. Sci. Technol.*, 5(3-4), 87-99.
- Wu, C. C., W. C. Su, K. M. Liu, J. S. Weng and L. J. Wu (2012) Reproductive biology of the Japanese butterflyfish *Psenopsis anomala* in the south-western waters off Taiwan. *J. Appl. Ichthyol.*, 28: 209-216.

The Reproductive Biology of the Javelin Grunter (*Pomadasys kaakan*) in the Southwestern Waters of Taiwan

Yi-Shu Wu, Yang-Chi Lan, Jian-Chih Huang, Yu-Kai Chen* and Jinn-Shing Weng

Coastal and Offshore Resources Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The javelin grunter (*Pomadasys kaakan*) is commercially important fish species for both gillnet and bottom trawl fisheries in the southwestern waters of Taiwan. However, background information on the biology of this species is scarce. The objective of this study was to examine the reproductive parameters for the stock assessment and management strategy of *P. kaakan*. Samples were collected from three fish markets in southwestern Taiwan between February 2020 and January 2021. A total of 551 individuals were sampled, which included 217 females and 334 males. The sex ratio (female percentage) was 0.39, and males were more abundant than females. The fork length (FL) for the females ranged from 195.7 to 650.0 mm, and the body weight (BW) ranged from 128 to 3720 g. The length-weight relationship was as follows: $BW = 9.0 \times 10^{-5} FL^{2.69}$ ($R^2 = 0.97$, $n = 217$). The FL for the males ranged from 169.9 to 591.0 mm, and the BW ranged from 76 to 2265 g. The length-weight relationship was as follows: $BW = 8.0 \times 10^{-5} FL^{2.71}$ ($R^2 = 0.99$, $n = 334$). According to the fluctuation of the gonadosomatic index and the histological observations, the greatest number of mature females was collected between February and July, with a peak from March to April. The batch fecundity ranged from 5,480 to 277,368 oocytes (an average of 56,646 oocytes). The estimated 50% length-at-maturity (Lm_{50}) was 395.8 mm for the females. In March, specimens with translucent eggs were observed, which implied that the southwestern waters of Taiwan are the spawning grounds of *P. kaakan*.

Key words: *Pomadasys kaakan*, length at maturity, gonadosomatic index, spawning season

*Correspondence: No. 6, Yugang N. 3rd Rd., Cianjhen District, Kaohsiung, Taiwan. TEL: (07) 821-8103 ext. 232; Fax: (07) 821-8205; E-mail: ykchen@mail.tfrin.gov.tw