

臺灣西南海域杜氏叫姑魚之生殖生物學研究

何珈欣·吳伊淑·蕭琍婷·陳羿惠·余淑楓*·吳龍靜

行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心

摘要

杜氏叫姑魚 (*Johnius dussumieri*) 為臺灣西南海域拖網漁業主要漁獲經濟魚種之一，本研究 2014 年 2 月至 2015 年 2 月間，按月至高雄梓官蚵仔寮及屏東東港魚市場採集由底拖網捕獲之杜氏叫姑魚，共採集 676 尾樣本，其中雌魚 292 尾、雄魚 384 尾，全長範圍為 137.2 - 290.4 mm，體重範圍為 37.5 - 320.5 g。雌魚全長 (TL) 與體重 (BW) 之迴歸關係式為 $BW = 7.0 \times 10^{-6} TL^{3.120}$ ($R^2 = 0.947$, $n = 292$, $p < 0.05$)。根據肉眼觀察生殖腺外觀、組織切片、生殖腺指數等，得知本魚種生殖期為 2 - 8 月，生殖高峰為 5 - 8 月，平均孕卵數為 $111,804 \pm 61,471$ 粒卵，單次平均產卵數為 $30,259 \pm 22,015$ 粒卵，雌魚比例 (雌魚數 / 全部樣本數) 為 0.43，性比會隨著全長增加而提高。雌魚 50% 性成熟體長為 221.8 mm，成熟百分比與全長關係式為 $Pr = 1/(1+e^{-5.42-0.0244TL})$ 。

關鍵詞：杜氏叫姑魚、生殖生物學、性成熟體長

前言

杜氏叫姑魚 (*Johnius dussumieri*) 英名 Sin croaker、Dussumier's croaker，俗稱春子、白口，隸屬於石首魚科 (Sciaenidae) (沈等, 1993; 邵等, 2015)，過去記載之中華叫姑魚 (*Johnius sina*) 為本種之同種異名，屬於底棲性魚類，主要棲息於沿岸砂泥底質，水深約 1 - 40 m 之間的淺水域，分布於印度至西太平洋區，西起巴基斯坦東部，東到中國沿海及臺灣北部及西部沿海 (臺灣魚類資料庫, 2017)。杜氏叫姑魚為臺灣西南海域拖網漁業常見魚種，終年均可漁獲，其魚肉細嫩鮮美，魚價每公斤達 450 元，是一種極具經濟價值之魚類。依據漁業統計年報資料，白口的產量自 1993 年 6,346 mt 逐年降至 2014 年 1,092 mt，顯示近 20 年來臺灣沿近海域的白口產量有減少之趨勢。

國外有關本種之生物特性及資源方面的研究甚多，例如 Venugopal *et al.* (2013, 2014) 探討其

全長與體重關係及攝食習性；Fennessy (2000)、Telvekar *et al.* (2006) 與 Kumar *et al.* (2014) 針對其生殖生物學進行研究；Manojkumar (2011) 與 Kumar *et al.* (2014) 對其資源量及年齡成長進行解析。至於國內，則偏重與杜氏叫姑魚同為石首魚科的白姑魚 (*Pennahia argentata*) 及大頭白姑魚 (*Pennahia macrocephalus*) 之年齡成長 (曾與劉, 1971)、生殖生物學 (曾與劉, 1972; Yamaguchi *et al.*, 2006; 李, 2010)、食性 (曾與劉, 1976) 及資源評估 (Liu and Chiu, 1981) 等，但杜氏叫姑魚的相關研究則付之闕如。

生殖生物學相關資料為資源評估管理之重要基礎，本研究運用組織學方式鑑定杜氏叫姑魚生殖腺的發育情形，分析其生殖腺指數 (gonadosomatic index, GSI)、孕卵數 (fecundity)、性成熟體長及生殖期等，探討臺灣西南海域之杜氏叫姑魚的生殖生物特性，以作為日後進行資源解析評估及管理之參考。

材料與方法

一、樣本採集

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

本研究自 2014 年 2 月至 2015 年 2 月止，按月至高雄蚵仔寮漁港及屏東東港魚市場隨機採樣，所採集之樣本皆採自裝置有本所提供之 GPS 船位記錄器的當地 CT3 (20 - 未滿 50 tons) 噸級小型單船拖網標本船。樣本以碎冰冰藏後攜回中心實驗室進行解剖，分別量測其全長 (total length, TL, 單位: mm)、體重 (body weight, BW, 單位: g)、生殖腺重 (gonad weight, GW, 單位: g)。另將生殖腺浸泡在 10% 福馬林 (formalin) 溶液中進行固定，以進行組織切片、孕卵數估計及卵徑大小測定。此外，因為魚類為了繁衍後代，一般雌魚成熟時，多數雄魚亦會同時成熟，本研究參考其他魚類如花斑蛇鯊 (*Saurida undosquamis*) (吳等, 2014) 及黑鰻 (*Atrubucca nibe*) (蕭, 2014) 生殖生物學研究，皆以雌魚進行分析。

二、資料分析

(一) 全長與體重關係

利用統計學的方程式表示體重與全長關係，方程式如下所示：

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

式中 a 和 b 為係數

(二) 胃內容物分析

胃內容物依據 Hyslop (1980)、殷 (1998) 之分析法，採用空胃率、定量法及定性法進行食性分析。分析方法如下：

1. 定量法

重量百分比 = 某特定餌料物種重量 / 所有餌料物種的重量 × 100%，計算所攝食餌料物種重量百分比。

2. 定性法

出現率 = 特定餌料物種出現之次數 / 標本總餌料個體數 × 100%。此為某種餌料物種在杜氏叫姑魚出現頻率。

(三) GSI

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

$$GSI = GW / BW \times 10^5$$

式中，GW 為生殖腺重、BW 為體重

(四) 群成熟度 (group maturity rate)

依據林 (2007)、羅 (2010)，將生殖腺發育分為未成熟 (immature)、發育中 (maturing)、成熟 (matured) 及排卵 (ovulation) 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，發育中階段為卵黃胞期至第三級卵黃期階段，成熟階段為核仁移動期及完熟期，排卵階段為出現水卵。

(五) 性比 (sex ratio)

性比計算方式為雌魚佔總樣本數之比率，分別分析月別性比及不同體長組別之性比，計算式如下：

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

(六) 孕卵數 (F) 與單次產卵數 (batch fecundity, BF)

參考張 (2008) 及李 (2010) 針對龜山島海域產黑鰻及西南海域產大頭白姑魚的研究，採用重量法 (gravimetric method) 來推算孕卵數與單次產卵數，估算卵細胞發育達到卵黃胞期及核仁移動期之卵數，其估算公式如下：

$$F = (0.05 \text{ g 卵巢中卵徑} \geq 0.1 \text{ mm 之卵數} / 0.05 \text{ g 卵巢重}) \times \text{卵巢重}$$

$$BF = (0.05 \text{ g 卵巢中之透明卵數} / 0.05 \text{ g 卵巢重}) \times \text{卵巢重}$$

(七) 50% 性成熟體長 (size at 50% maturity)

本研究杜氏叫姑魚最大體長 290 mm，體型不是屬於大型魚，若體長組距小於 10 mm 則可能受人為誤差而影響無太大意義，若組距大於 10 mm 因體型不大，取的範圍過大結果會受影響，因此本研究以 10 mm 作為體長組距進行分析，透過組織切片及 GSI 來計算組距內生殖線達性成熟的比率，再利用 logistic curve (King, 1995) 算性成熟率達 50% 的全長大小，其計算式如下：

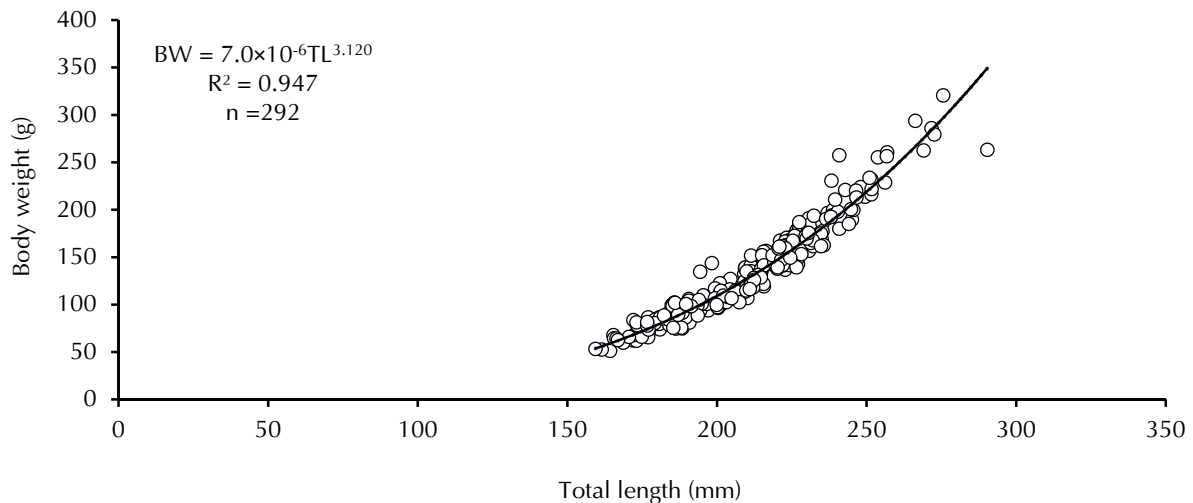


Fig. 1 The relationship between total length and body weight for female *Johnius dussumieri*.

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

方程式中, Pr 為成熟百分比、TL 為全長 (mm)、a、b 為常數

(八) 作業漁場及魚群成熟期分布調查

根據標本船當日作業海域之 GPS 船位記錄器所記錄之地理位置資訊, 找出漁獲杜氏叫姑魚之漁獲海域, 另再標示出魚群成熟期位置。

結 果

一、全長與體重關係

雌魚 292 尾全長範圍為 159.4 - 290.4 mm (mean = 211.39 mm, SD = 23.44 mm), 體重為 51.2 - 320.5 g (mean = 135.5 g, SD = 48.3 g), 雌魚全長體重關係式如下:

$$BW = 7.0 \times 10^{-6} TL^{3.120} (R^2 = 0.947, n = 292) \text{ (Fig.1)}$$

二、食性

本研究標本中有 482 尾反胃, 反胃率達 71%。分析計有 194 個胃之胃內組成包含魚類及甲殼類, 魚類及甲殼類消化比例高, 佔總攝餌重量 66%, 其他可辨別之攝食種類為赤尾青蝦 (*Acetes intermedius*)、海鰱鰵科 (*Bregmacerotidae*)、鯷科 (*Engraulidae*)、大鱗新燈魚 (*Neoscopelus*

macrolepidotus)、蝦蛄科 (*Squillidae*)、六橫斑擬鱸 (*Parapercis sexfasciata*) 等, 該等餌料生物重量累計百分比達 34%。

各季節間攝食物種出現率前 9 名占總出現率 80% 以上, 因此本研究將此 9 種視為主要攝食物種進行分析, 結果顯示, 各季節魚類及甲殼類消化占總出現率約 50% 以上, 其他可辨識魚種在各季節的出現率, 春季主要以海鰱鰵科、大鱗新燈魚、蝦蛄科 (6.6%) 為主要攝食物種。夏季以海鰱鰵科和蝦蛄科 (8.33%) 為主要攝食物種, 秋季以海鰱鰵科 (13%) 為主要攝食物種, 冬季海鰱鰵科、赤尾青蝦、大鱗新燈魚 (7.6%) 為主要攝食物種 (Table 1)。

三、卵徑大小月別變化

杜氏叫姑魚之月別平均卵徑頻度分布變動如 Fig. 2 所示, 平均卵徑大小介於 0.02 - 0.89 mm 之間, 2 - 9 月份平均卵徑大於 0.5 mm, 從 6 月開始大型卵徑之比率增加, 平均卵徑達 0.7 mm 以上, 8 月達高峰期, 出現最大卵徑 0.89 mm。9 月份開始平均卵徑逐漸變小, 自 2014 年 10 月到 2015 年 2 月, 平均卵徑均未達 0.6 mm。

四、卵細胞成熟階段

經由組織切片觀察 292 尾雌魚的卵巢卵母細胞發育過程, 並參考翁 (2003)、Lee *et al.* (2005)、

Table 1 Diet composition expressed as percentage of frequency occurrence of *Johnius dussumieri* from waters off southwestern Taiwan from February 2014 to February 2015

Food items	Spring	Summer	Autumn	Winter
Fish digestion	26.6	25	26.0	38.4
Shrimp digestion	33.3	22.2	26.0	23.0
<i>Neoscopelus macrolepidotus</i>	6.6	2.7	4.3	7.6
<i>Acetes intermedius</i>		5.5	4.3	7.6
<i>Parapercis sexfasciata</i>		5.6		
Bregmacerotidae	6.6	8.3	13.0	7.6
Squillidae	6.6	8.3	4.3	
Crab digestion		5.5	4.3	
Engraulidae		5.5	4.3	

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：

(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，卵徑在0.02 – 0.12 mm 之間，細胞質被蘇木精染成深紫色，呈嗜鹼性 (Fig. 3A)。

(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0.10 – 0.18 mm 之間，呈嗜鹼性 (Fig. 3B)。

(三) 卵黃胞期 (Yolk vesicle stage, Yv)

卵粒繼續變大，外觀呈圓形或橢圓形，開始出現油滴及卵黃胞，卵徑在 0.16 – 0.25 mm 之間 (Fig. 3C)。

(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0.21 – 0.35 mm 之間 (Fig. 3D)。

(五) 次級卵黃期 (Secondary yolk stage, Ys2)

油滴大小開始增加，並開始集中在細胞核周圍，細胞質中卵黃球數量增加，卵徑在 0.30 – 0.44 mm 之間 (Fig. 3E)。

(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0.42 – 0.53 mm 之間 (Fig. 3F)。

(七) 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0.52 – 0.67 mm 之間 (Fig. 3G)。

(八) 完熟期 (Ripe egg stage, Re)

卵粒形狀呈不規則，油滴融合為大油滴，卵徑在 0.66 mm 以上 (Fig. 3H)。

(九) 完熟之透明卵 (Transparent egg stage)

卵細胞達到完熟期後，排卵之前，卵粒會吸收水分，卵形漲大，呈透明狀，亦稱「水卵」，卵徑約在0.67 mm 以上 (Fig. 3I)。

五、生殖腺成熟階段

從卵巢的外觀、GSI 與組織切片觀察結果，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

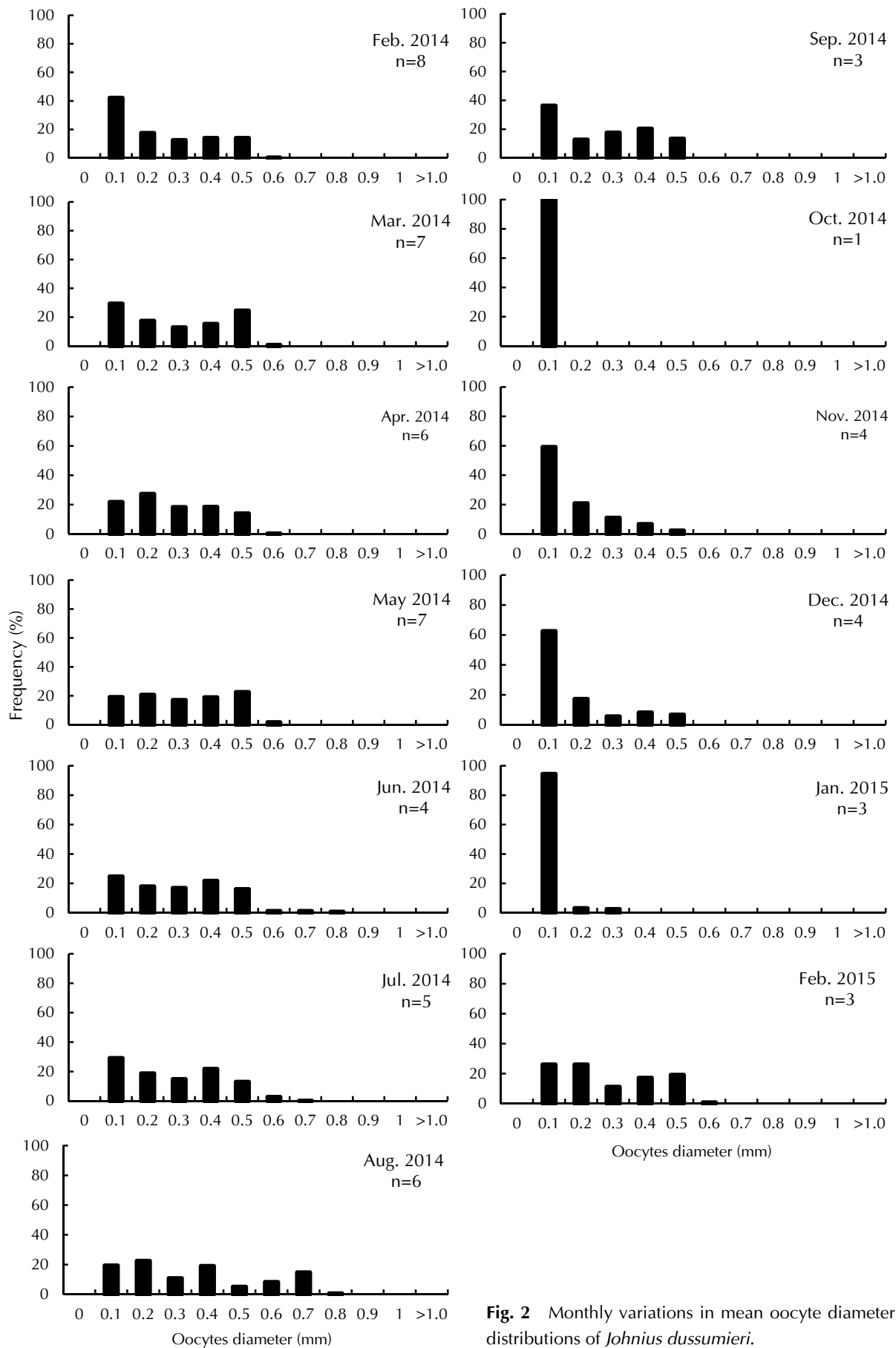


Fig. 2 Monthly variations in mean oocyte diameter distributions of *Johnius dussumieri*.

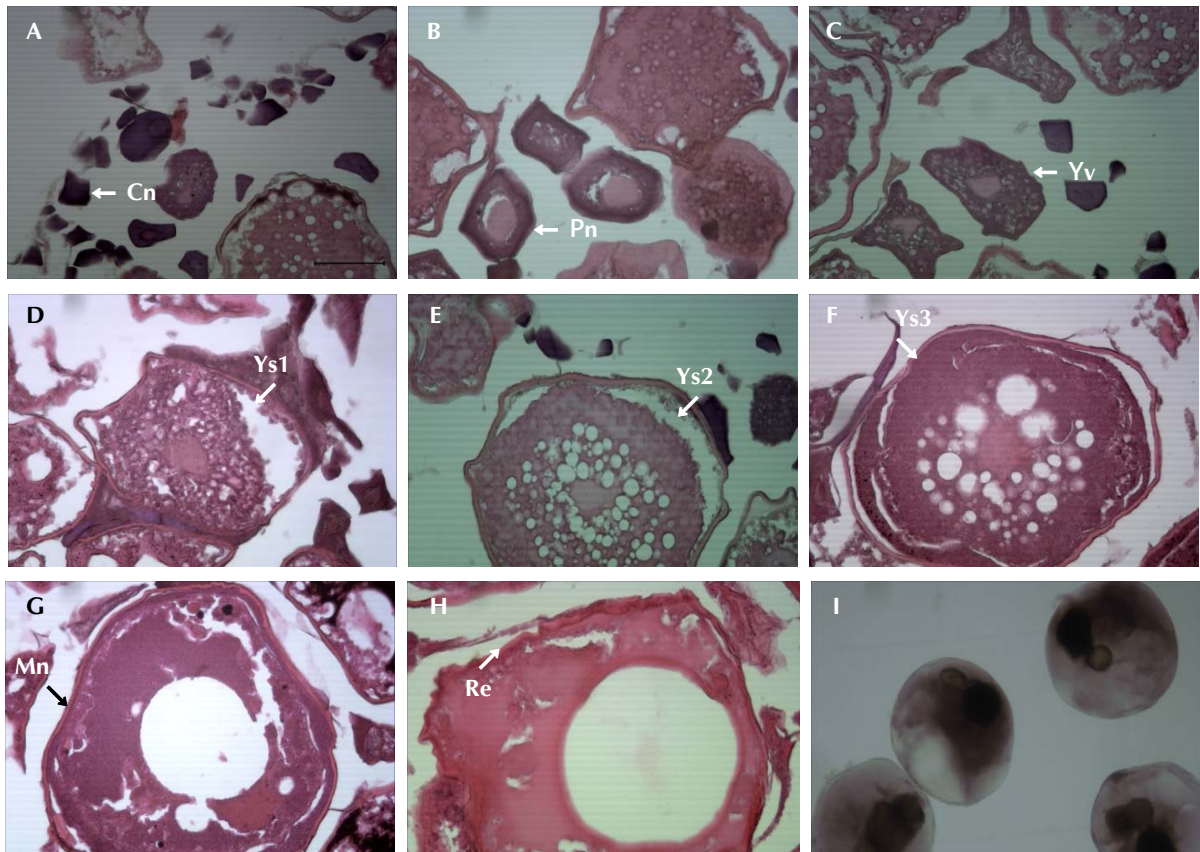


Fig. 3 Histological observations of the oocyte of *Johnius dussumieri*. (A) Chromatin-nucleolus stage (Cn), (B) Peri-nucleolus stage (Pn), (C) Yolk vesicle stage (Yv), (D) Primary yolk stage (Ys1), (E) Secondary yolk stage (Ys2), (F) Tertiary yolk stage (Ys3), (G) Migratory nucleus stage (Mn), (H) Ripe egg stage (Re), (I) Transparent egg stage.

仁期階段， $GSI \leq 1.02$ ，卵徑範圍在 $0.02 - 0.18 \text{ mm}$ 之間。

(二) 發育中階段 (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 $1.02 - 6.79$ 之間，卵徑範圍在 $0.16 - 0.53 \text{ mm}$ 之間。

(三) 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， $GSI \geq 6.79$ ，卵徑 $\geq 0.52 \text{ mm}$ 。

(四) 排卵階段 (Ovulation stage)

卵粒已完全透明，吸收水分形成水卵狀，卵巢內成熟卵粒將分離並準備排出體外。

六、GSI 與群成熟度之月別變化

雌魚 GSI 平均值範圍介於 $0.67 - 5.67$ 間，月別變化如 Fig. 4 所示， GSI 自2月 3.14 逐漸上升至6月達到最高 5.67 ，之後開始逐月下降至10月達到最低 0.67 ，11 - 1月些微上升，但仍維持低值約1左右。

由雌魚樣本每月各生殖腺成熟階段所佔之比例變化結果如 Fig. 5，雌魚於2014年2月出現性成熟個體，比例為 37% ，之後性成熟比例逐漸增加，到了2014年5 - 6月比例達最高為 76% 和 78% ，7月後性成熟比例為 61% 逐漸下降，至10月後無成熟個體，持續隔年2月成熟個體再次出現。

七、性比

(一) 月別性比變化

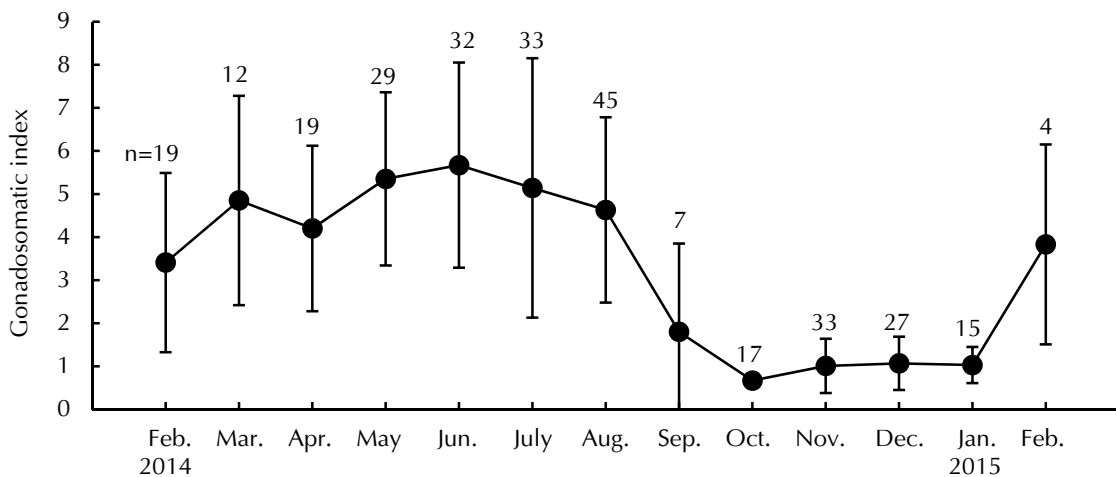


Fig. 4 Monthly variation of the gonadosomatic index (GSI) values for female female *Johnius dussumieri* are expressed as mean \pm SD.

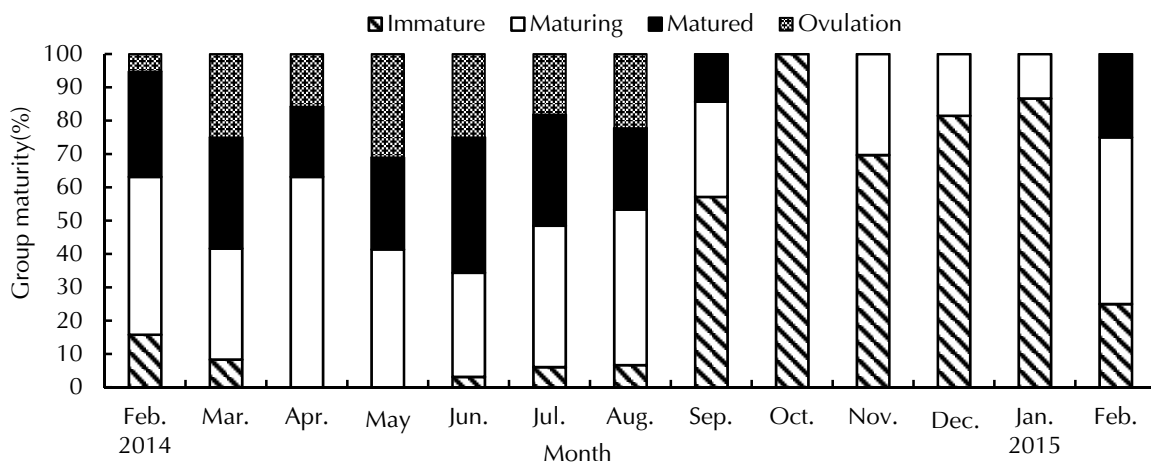


Fig. 5 Monthly variation of group maturity rate for female *Johnius dussumieri*.

676 尾標本中，雌魚 292 尾、雄魚 384 尾，性比為 43%。杜氏叫姑魚各月份之性比 (Table 2) 經卡方檢定結果，性比有顯著差異 ($p < 0.05$)，顯示雄魚數量多於雌魚數量。

(二) 全長別性比變化

全長別性比以 10 mm 為一組距，可明顯看出本種性比會隨著全長的增加而增加，當全長約在 220 mm 以下時以雄魚為主，大於 220 mm，雌魚數量較佔優勢 (Table 3)。

八、性成熟體長

組織切片及外部型態觀察雌魚在 165.6 mm TL 即有出現成熟魚，套用 Logistic 曲線公式雌魚性成

熟比率 (Pr) 與全長 (TL) 關係式結果如下：

$$Pr = 1/(1+e^{5.42-0.0244TL}) \quad (R^2 = 0.93, n = 229)$$

將 $Pr = 0.5$ 代入此關係式，求得雌魚 50% 性成熟體長為 221.8 mm TL (Fig. 6)。

九、孕卵數與單次產卵數

(一) 孕卵數

292 幅卵巢組織切片觀察，選取卵巢屬成熟期之卵母細胞樣本數 61 幅 (樣本全長介於 161.5 - 290.4 mm、體重 47.81 - 288.37 g、卵巢重介於 1.05 - 14.67 g 之間，GSI 為 0.95 - 14.57)，孕卵數 17,798 - 260,884 粒，平均 ($X \pm SD$) 為 $111,804 \pm 61,471$ 粒卵。

Table 2 Monthly sampling of sex ratio of *Johnius dussumieri* collected from the waters off southwestern Taiwan. Sample size of both female and male and χ^2 test for each monthly sex ratio were examined

Year	Month	Male	Female	Total	Sex ratio (%)	χ^2
2014	Feb.	33	19	52	36.5	3.8
	Mar.	17	12	29	41.4	0.9
	Apr.	39	19	58	32.8	6.8*
	May	71	29	100	29.0	17.6*
	Jun.	50	32	82	39.0	4.0*
	Jul.	30	33	63	52.4	0.1
	Aug.	45	45	90	50.0	0.0
	Sep.	10	7	17	41.2	0.5
	Oct.	11	17	28	60.7	1.3
	Nov.	17	33	50	66.0	5.1*
	Dec.	40	27	67	40.3	2.5
	2015	Jan.	11	15	26	57.7
Feb.		10	4	14	28.6	2.6
Total		384	292	676	43.2	12.5

*Significantly different ($p < 0.05$) as 1 : 1 ratio

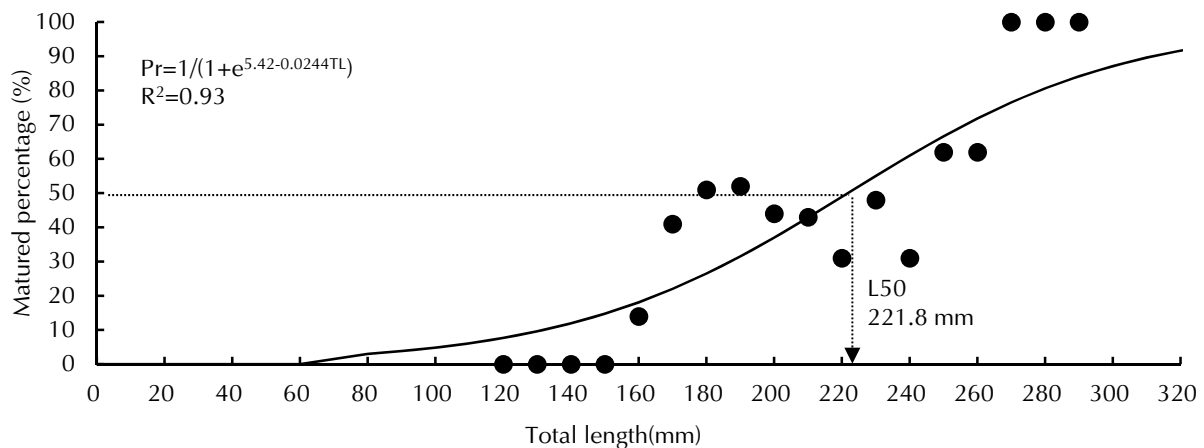


Fig. 6 Relationship between percentage of mature female *Johnisu dussumieri* and total length.

(二) 單次產卵數

本研究從生殖期2 - 7月選取23尾雌魚來計數單次產卵數，全長介於161.5 - 271.7 mm之間，體重介於47.81 - 262.93 g 之間，卵巢重介於1.08 - 14.67 g 之間，生殖線指數介於1.87 - 14.34 之間，單次產卵數範圍為1,738 - 86,727粒卵，平均($X \pm SD$) 為 $30,259 \pm 22,015$ 粒卵。

十、作業漁場及產卵場

臺灣西南海域底拖網標本船漁獲杜氏叫姑魚未成熟期及成熟期雌性魚之漁場分布如 Fig. 7 所

示，根據標本船之作業航跡顯示，杜氏叫姑魚在臺灣西南海域之主要作業漁場分布於茄萣至東港及小琉球西南方至楓港之間 50 - 250 m 深海域，其中以高雄至茄萣 50 - 200 m 及小琉球西南方 150 - 250 m 深海域為主要作業漁區並也是主要的產卵場。

討 論

一、全長頻度

本研究漁獲 676 尾樣本中，全長範圍為

Table 3 Index specifying sex, sex ration, and length for *Johnius dussumieri*. Sample size of both female and male and χ^2 test for length (mm) sex ratio were examined

Length (mm)	Female	Male	Sex ratio (%)	χ^2
130	0	1	-	1.00
140	0	2	-	2.00
150	1	9	10	6.40*
160	7	27	20.59	11.76*
170	22	50	30.56	10.89*
180	35	59	37.23	6.13*
190	31	58	34.83	8.19*
200	36	72	33.33	12.00*
210	42	68	38.18	6.15*
220	62	24	72.09	16.79*
230	29	11	72.50	8.10*
240	13	2	86.67	8.07*
250	8	1	88.89	5.44*
260	2	0	100	2.00
270	3	0	100	3.00
280	0	0	0	0
290	1	0	100	1.00

*Significantly different ($p < 0.05$) as 1 : 1 ratio

137.2 – 290.4 mm。根據臺灣魚類資料庫記載，杜氏叫姑魚最大全長為 400 mm；印度 Cochin 海域的魚體全長為 99 – 209 mm (Venugopal *et al.*, 2014)，印度 Ratnagiri 海域全長為 100 – 232 mm (Kumar *et al.*, 2014)，南非東海岸的全長介於 45 – 215 mm (Fennessy, 2000)。本研究杜氏叫姑魚全長大於棲息低緯度之南非及印度沿岸的同種，各地區全長相異可能的原因與當地水溫、深度、基礎生產力不同所致 (張, 2008)。

二、食性

本研究杜氏叫姑魚空胃率達 71%，在南非東海岸之杜氏叫姑魚魚蝦空胃率達 60%，推測該魚種空胃高的原因為因拖網作業起網後，因魚體受外在環境壓力驟減鰾囊嚴重膨脹，體內之魚鰾與食道相通一起從口中翻出，致使空胃率高 (Fennessy, 2000)。杜氏叫姑魚為肉食性動物，本研究海域主要攝食組成包含海鯽科、蝦蛄科及大鱗新燈魚，相較於其他海域捕獲方式與本研究海域相同，由拖網所捕獲，曾與劉 (1976) 位於東海南區白姑魚主要攝食對象以鬚赤蝦、長縫擬對蝦、

哈氏仿對蝦等蝦類及羽根田氏發光鯛，位於印度 Malabar 海岸杜氏叫姑魚主要攝食項目為對蝦科、鯽科 (Manojkumar, 2011)，印度 Cochin 海域主要攝食項目為鯽科、蝦蛄科、毛蝦屬 (Chakraborty, 2000)。因此可得知本海域杜氏叫姑魚攝食組成與其他海域相似。另在季節性攝食變動部份，杜氏叫姑魚季節性攝食對象皆以海鯽科為主，無季節性差異，曾與劉 (1976) 白姑魚食性不隨著季節不同而改變，本研究食性季節性變動與同石首魚科之白姑魚相符，未隨著季節而有改變。

三、產卵形式

魚類的產卵模式可根據卵細胞的發育情形及排卵的方式來判斷 (Wallace and Selman, 1981; Weat, 1990; Murua and Saborido-Rey, 2003) 認為魚類的產卵型式可分為三種：(1) 同步成熟型 (synchronous)；(2) 分批同步成熟型 (group-synchronous)；(3) 非同步成熟型 (asynchronous)。其中分批同步成熟型為最普遍常見，在產卵季節來臨時，卵巢可發現至少有兩群不同成熟階段之成熟卵，成熟群會大於其他卵細胞，只有最成熟

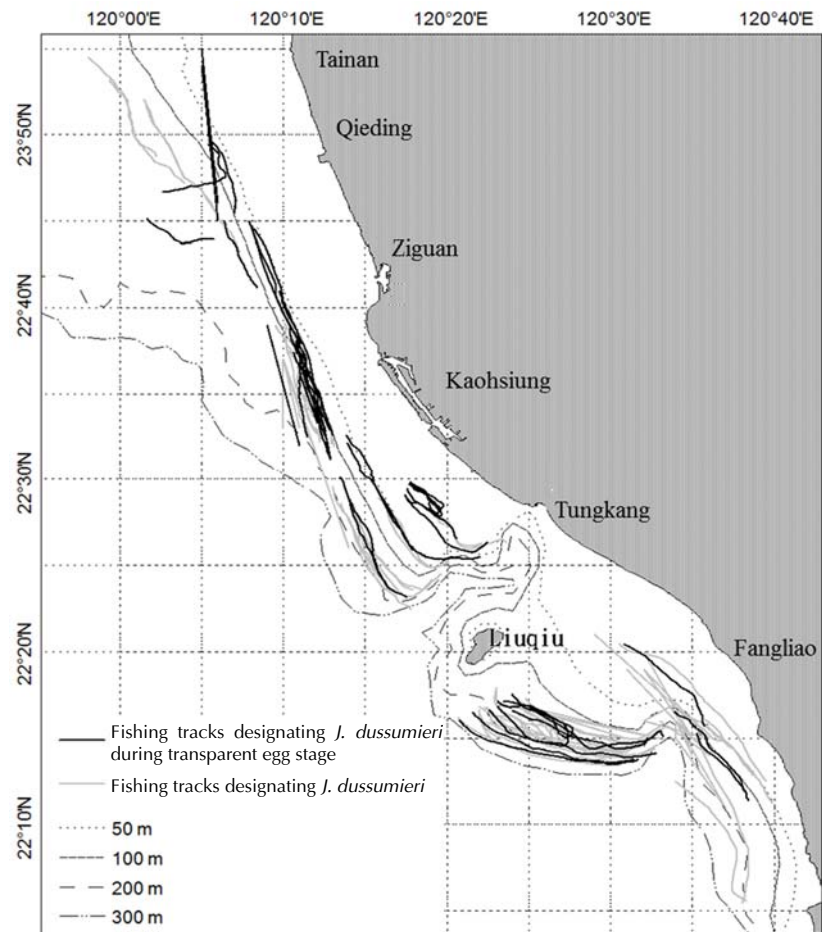


Fig. 7 Fishing tracks for *Johnius dussumieri* by trawler fleets off the waters of southwestern Taiwan.

的一群會在產卵期排出，此類型之魚種通常產卵期短，一年僅產一次卵，但一生可產卵許多次。這類型產卵模式的魚種像是大眼鯛 (*Priacanthus macracanthus*) (Liu *et al.*, 2001)、黑鰓 (蕭, 2014)、小牙鰻 (*Gazza minuta*) (林, 2013)、太平洋油鰈 (*Microstomus pacificus*) (Abookire and Macewicz, 2003)。本魚種經由卵徑之頻度分布情形，可發現產卵期之卵巢內卵粒大小組成連續性 (Fig. 2)，另再配合生殖腺之成熟期月別分布 (Fig. 4) 及本研究由組織切片觀察顯示，杜氏叫姑魚同一幅卵巢中具有兩種不同成熟階段的卵細胞，可由肉眼觀察至成熟卵巢之卵粒及小型之未熟卵，只有成熟的卵會排出，推斷杜氏叫姑魚產卵形式為分批同步成熟型。

四、生殖期

魚類之生殖季節可由組織切片、平均卵徑、生殖腺成熟度及生殖腺指數之月別變化等結果判

斷。本研究依據上述方式判斷生殖期，杜氏叫姑魚經組織切片及平均卵徑顯示，成熟階段核仁移動期及完熟期平均卵徑為 0.52 mm 以上，由 Fig. 2 顯示 2 - 9 月份平均卵徑大於 0.5 mm，6 月份開始平均卵徑逐漸增大至 8 月達高峰期平均卵徑為 0.8 mm，9 月開始下降，10 月平均卵徑下降至最低 0.1 mm。生殖腺成熟指數在 2014 年 2 月至 8 月生殖腺指數較其餘月份為高 GSI 達 3 以上，9 月時開始下降，10 月至 2015 年 1 月 GSI 維持約 1 左右。生殖腺群成熟度的月別變化在 2014 年 5 - 6 月成熟魚所占比例最高。綜合以上方法所得到的結果，判斷臺灣西南海域所產杜氏叫姑魚之生殖期在 2 月至 8 月，生殖高峰為 5 月至 8 月。棲息於印度 Malabar 海岸生殖期為 2 - 11 月其中 9 - 11 月和 5 月為生殖高峰期 (Manojkumar, 2011; Mohanraj *et al.*, 2003)；南非誇祖魯納塔爾省沿岸海域生殖期為 8 - 2 月，而造成各海域生殖期上之差異其因地理位置之緯度差異，及海水溫度、光照與餌料豐度等生態環境因子相異有關 (殷, 1998)。雖

然生殖期與海水溫度有密切關係，本研究未蒐集水溫方面資料，規劃未來進行其他經濟性魚種研究時每月赴研究海域投放 CTD，蒐集各水層溫度及鹽度再搭配結合其成熟期進行分析。

五、性比

本魚種為雌雄異體生活史模式，性比顯示雄魚數量多於雌魚，性比為 43%，具顯著差異 ($p < 0.05$)，全長大於 220 mm 性比以雌魚為優勢。殷 (1998) 指出，由於雄魚性成熟早於雌魚，因此在性成熟小型個體中，雄魚佔較多，而大型個體以雌魚為優勢。此外，雌魚所佔之比例會隨著全長增加而增加，其可能原因包括雌雄魚壽命長短、性別轉變、單向洄游進出及不同採集地點所致 (Fumio, 1960)。本研究杜氏叫姑魚其性比有隨全長增加而增加，經組織切片實驗後，並無二次產卵或性轉變現象之個體存在，因此推測性比隨全長增加與壽命長短及性轉變現象無關。雖然杜氏叫姑魚在全部樣本之雌雄性比為顯著差異 ($p < 0.05$)，但在大部分的月份雌雄性比為無顯著差異，僅有在 4、5、6、11 月有顯著差異。本魚種生殖高峰期為 5、6 月，此期間之性比有顯著差異，因此推測影響杜氏叫姑魚性比之原因可能與生殖活動有關，此影響性比原因與大頭白姑魚相同 (李, 2010)。

六、性成熟體長

本研究杜氏叫姑魚雌性 50% 最小性成熟體長為 221.8 mm，在南非東海岸 50% 性成熟體長為 125 mm (Fennessy, 2000)，印度 Ratnagiri 沿岸及 Mumbai 沿岸 50% 性成熟體長分別為 131 mm 及 153 mm (Telvekar *et al.*, 2006; Kumar *et al.*, 2014)，印度 Malabar 海岸最小性成熟體長為 102 mm (Manojkumar, 2011)。影響魚性成熟的因素眾多，包含環境因子 (水溫、餌料豐度、成長發育季節等) 與魚類成熟有密切之關聯 (林, 2013) 及人為因素捕撈強度影響性成熟提早 (殷, 1998)。吳 (2014) 指出緯度越往南之海域魚類有越早熟之趨勢，性成熟體長有減小之現象，然比較本海域與印度、南非海域之杜氏叫姑魚雌性性成熟體長，與上述結果相符。本海域位於亞熱帶，棲息環境水溫高、餌

料生物豐富並有充足照度，以致促使魚類之快速成長之因素，性成熟體長略大於其他海域。

七、產卵及孕卵數

本研究雌魚樣本僅有 9 尾樣本其卵巢內觀察到水卵，發現水卵較少的原因可能標本船採集之地點非產卵場及作業時間等原因所致，由於石首魚科多在夜間及沿岸海域產卵 (Holt *et al.*, 1985; 翁, 2000)，本海域之拖網漁船作業時間多為凌晨 3、4 點至下午時段且依據漁業署訂定之「臺灣地區拖網漁船禁漁區位置及有關限制事宜」規定禁止未滿五十噸拖網漁船於距岸三浬內作業，因此本標本船作業地點僅能在 3 浬外作業，非產卵地點，可能造成捕獲的魚體中具有水卵的樣本偏少，此現象與蕭 (2014) 黑鰻相似因受拖網禁漁區限制非產卵地點可採捕的水卵樣本偏少。

孕卵數與卵徑大小是研究魚類下一代生殖的重要因素 (Bagenal, 1973)，其可估算下一代的數量，代表魚類增殖方面的潛能 (黃, 1984)。本研究計算杜氏叫姑魚孕卵數之全長介於 161.5 - 290.4 mm，體重 47.81 - 288.37 g，孕卵數範圍為 17,798 - 260,884 粒卵。位於印度 Ratnagiri 沿岸水域杜氏叫姑魚之全長介於 137 - 216 mm 孕卵數在 24,800 - 126,880 卵粒之間 (Kumar *et al.*, 2014)，Mumbai 水域杜氏叫姑魚之全長介於 148 - 206 mm 孕卵數為 28,495 - 135,346 卵粒之間 (Telvekar *et al.*, 2006)，由此得知各海域間因魚體體型大小不同增殖能力有差異，但增殖能力會隨著魚體成長而增強 (Kumar *et al.*, 2014)。

結 論

漁業生殖生物學研究可提供漁政單位訂定漁業管理之參考。杜氏叫姑魚生殖期在 2 - 8 月，高峰為 5 - 6 月，本研究推算 50% 最小性成熟體長雌魚為 221.8 mm。為保護杜氏叫姑魚漁業資源避免過度利用，建議生殖盛期 5-6 月應減少漁獲壓力，並於生殖期間訂定禁漁期，給予杜氏叫姑魚資源維護及復育的時間，方能永續利用。

參考文獻

- 李錄州 (2010) 臺灣西南海域大頭白姑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研究所 碩士論文, 81 pp.
- 吳春基, 黃建智, 翁進興, 吳龍靜(2014)臺灣西南海域花斑蛇鯔之生殖生物學研究, 水產研究, 22(1): 23-41.
- 沈世傑、李信徹、邵廣昭、莫顯喬、陳春暉、陳哲聰 (1993) 臺灣魚類誌. 國立臺灣大學動物學系, 臺灣, 383 pp.
- 邵廣昭 (2015) 臺灣常見經濟性水產動植物圖鑑. 行政院農業委員會漁業署, 高雄, 臺灣, 498 pp.
- 邵廣昭 (2017) 臺灣魚類資料庫網路電子版 <http://fisjdb.sinica.edu.tw> (2017-02-20)
- 林芳妤 (2013) 臺灣西南沿海產小牙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, 78 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研究所 碩士論文, 84 pp.
- 殷名稱 (1998) 魚類生態學. 水產出版社, 臺灣, 537 pp.
- 曾萬年, 劉錫江 (1971) 東南海區臺灣海峽產白口魚之年齡與成長. 臺灣水產學會刊, 1(1): 21-38.
- 曾萬年, 劉錫江 (1972) 東海地區臺灣海峽白口魚之生殖生態的研究. 臺灣水產學會刊, 1(2): 20-30.
- 曾萬年, 劉錫江 (1976) 東海地區臺灣海峽白口魚食性之研究. 臺灣水產學會刊, 4(2): 53-59.
- 張晉嘉 (2008) 漁業開發對臺灣東北龜山島海域產黑鰻生活史之影響評估. 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.
- 翁進坪 (2000) 日本銀身鰻生物聲學之研究. 國立臺灣海洋大學漁業科學研究所 博士論文, 84 pp.
- 翁進興 (2003) 澎湖海域日本銀帶鰻之生殖生物學研究. 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.
- 黃四字 (1984) 臺灣近海皮刀魚成熟度與孕卵數之研究. 臺灣省水產試驗所試驗報告, 37: 93-100.
- 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.
- 羅舜仁 (2010) 臺灣西南海域產小鰾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研究所 碩士論文, 81 pp.
- Abookire, A. A. and B. J. Macewicz (2003) Latitudinal variation in reproductive biology and growth of female Dover sole (*Microstomus pacificus*) in the North Pacific, with emphasis on the Gulf of Alaskastock. J. Sea. Res., 50: 187-197.
- 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.
- Bagenal, T. B. (1973) Fish fecundity and its relation with stock and recruitment. Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer., 164: 186-198.
- Chakraborty, S. K., P. Devadoss, P. P. Manojkumar, M. Feroz Khan, P. Jayashankar, S. Sivakami, K. M. S. Hamsa, M. Badrudin, P. Livingston, R. Ramalingam, C. V. Dareswasr, B. B. Chavan and P. K. Seetha (2000) Marine Fisheries Research and Management. C.M.F.R.I., 604 - 616.
- Fennessy, S. T. (2000) Aspects of the biology of four species of Sciaenidae from the east coast of South Africa. Estuar, Coast Shelf Sci., 50: 259-269.
- Fumio, M. (1960) Fishery biology of the yellow-tail, *Seria quinqueradiata*, inhabiting in the waters arounding Japan. Memoirs of the Faculty of Agriculture of Kinki University, No. 1, 300 pp.
- Holt, G. L., S. A. Holt and C. R. Arnold (1985) Diel periodicity of spawning in sciaenids. Mar. Ecol. Prog. Ser., 27: 1-7.
- Hyslop, E. J. (1980) Stomach contents analysis-a review of methods and their application. J. Fish Biol., 17: 411-429.
- Kumar, T., S. K. Chakraborty, A. K. Jaiswar, K. M. Sandhya, T. H. Shah, D. Panda, B. T. Sawant, G. B. Sreekanth and R. R. Akhade (2014) Gonadal maturation profile and fecundity of the *Johnieops sina* (Cuvier, 1830) from Ratnagiri coast of India. Indian J. Mar. Sci., 43(9).
- King, M. (1995) Fisheries Biology, Assessment and Management. Fishing News Book, Oxford, 341 pp.
- 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.
- Liu, H. C. and T. S. Chiu (1981) Stock assessment of white croaker *Argyrosomus argentatus* (HOULTYIN) in the southern part of the East China Sea. Acta Oceanographica Taiwanica, 12: 150-174.
- Liu, K. M., K. Y. Hung and C. T. Chen (2001) Reproductive biology of the big eye *Priacanthus macracanthus* in the north-eastern waters off Taiwan. Fish. Sci., 67(6): 1008-1014.
- Manojkumar, P. P. (2011) Fishery of sciaenids with some observations on the biology and stock assessment of *Johnieops sina* (Cuvier, 1830) exploited along the Malabar coast. J. Mar. Biol. Ass. India, 53 (1): 68-74.

- Mohanraj, G., H. Batcha and S. G. Sciaenids (2003). Status of Exploited Marine Fishery Resources of India (M. M. Joseph and A. A. Jayaprakash eds.), CMFRI, Kochi, India, 133-140.
- Murua, H. and F. Saborido-Rey (2003) Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. J. Northwest Atl. Fish. Sci., 33: 23-31.
- Telvekar, P., R. S. Biradar, S. K. Chakraborty, A. K. Jaiswarand R. Rathod (2006). Some aspects of the biology of *Johnnieops sina* (Cuvier,1830) from Mumbai waters. J. Indian Fish. Assoc., 33: 19-29.
- 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.
- Venugopal, N., N. G. K. Pillai and D. Prakashan (2013) Length-weight relationship of *Johnnieops sina* (Cuvier, 1830) off Cochin, south-west coast of India. Indian J. Fish., 60(4): 127-129.
- Venugopal, N., N. G. K. Pillai and D. Prakashan (2014) Food and feeding habits of *Johnnieops sina* (Cuvier, 1830) along Cochin coast of India. Indian J. Fish., 61(1): 103-107.
- Wallace, R. A. and K. Selman (1981) Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Ame. Zool., 21: 325-343.
- Weat, G. (1990) Methods of assessing ovarin development in fishes: a review. Aust J. Mar. Fre. Res., 41: 199-222.
- 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.
- Yamaguchi A., T. Taikai and K. Gen (2006) Reproductive cycle, sexual maturity and diel-reproductive periodicity of white croaker, *Pennahia argentata* (sciaenidae), in Ariake Sound, Japan. Fish. Res., 82: 95-100.

Reproductive Biology of Sin Croaker (*Johnius dussumieri*) in the Waters off Southwestern Taiwan

Jia-Shin He, Yi-Shu Wu, Li-Ting Hsiao, Yi-Hui Chen, Shwu-Feng Yu* and Long-Jing Wu

Coastal and Offshore Resources Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The sin croaker (*Johnius dussumieri*) is one of the important commercial species for trawl fisheries in southwestern Taiwan. Monthly samples of specimens taken from the trawl landings at the Ziguan and Tungkang fishing ports from February 2014 to February 2015 added up to a total of 676 specimens (292 females and 384 males). The total length (TL) and body weight (BW) of the collected fish ranged from 137.2 to 290.4 mm and from 37.5 to 320.5 g, respectively. For females, the relationship between TL and BW was estimated as $BW = 7.0 \times 10^{-6} TL^{3.120}$ ($R^2 = 0.947$, $n = 292$). Based on the macroscopic appearance, histological examination of ovaries, and gonadosomatic index for these specimens, the spawning season for the sin croaker in the coastal waters off southwestern Taiwan likely lasts from February to August and peaks from May to August. The mean fecundity and mean batch fecundity of this species were estimated as 111804 ± 61471 and 30259 ± 22015 , respectively. The sex ratio (female/total) was 0.43. The size (in TL) at 50% maturity (L50) was estimated to be 221.8 mm. Logistic curves describing the relationship between the proportion of maturity at each length interval and TL were estimated as $Pr = 1/(1 + e^{5.42 - 0.0244TL})$.

Key words: *Johnius dussumieri*, reproductive biology, size at maturity

*Correspondence: Coastal and Offshore Resource Research Center, Fisheries Research Institute, No. 6, Yugang N. 3rd Rd., Cianjhen District, Kaohsiung 80672, Taiwan. TEL: (07) 8218103 ext. 215; E-mail: sfyu@mail.tfrin.gov.tw