

臺灣周邊海域花鰹屬仔稚魚的季節分布與豐度

陳郁凱¹·潘佳怡¹·蘇博堃¹·陳均龍¹·吳繼倫¹·劉燈城^{2*}

¹行政院農業委員會水產試驗所海洋漁業組

²行政院農業委員會水產試驗所

摘要

為瞭解臺灣周邊海域花鰹屬 (Genus: *Auxis*) 仔稚魚之時空分布,本研究於 2007~2009年 間按季於 62 個測站採集溫鹽、營養鹽、葉綠素甲、浮游動物及仔稚魚樣本。11 個航次共採得花鰹屬仔稚魚 909 尾,其豐度分布存在明顯的季節變化,春季,仔稚魚大量出現在臺灣海峽與東北部海域,平均豐度為 32 ind./1000 m³;夏季,仔稚魚自東北部海域經臺灣海峽直至西南海域均密集地出現,東部沿岸處亦有分布,平均豐度為 39 ind./1000 m³。主成分分析結果顯示,春季時水溫較低處,葉綠素甲濃度、浮游動物及花鰹屬仔稚魚豐度也較高;夏季時,水溫較低處,營養鹽類及葉綠素甲濃度較高,浮游動物及花鰹屬仔稚魚豐度也較高。相關分析亦顯示,春季及夏季時花鰹屬仔稚魚豐度與水溫存在顯著之負相關關係。綜上所述,春、夏兩季花鰹屬仔稚魚的豐度受周邊海域環境因子影響而有獨特的分布形式,而秋、冬兩季因非屬產卵季節僅有零星分布。

關鍵詞：圓花鰹、扁花鰹、仔稚魚、豐度、臺灣

前言

圓花鰹 (*Auxis rochei rochei*) 及扁花鰹 (*A. thazard thazard*) 為大洋及沿近海中表層洄游魚種 (邵, 2015), 在分類學上為鱸形目、鯖亞目、鯖科、花鰹屬, 為臺灣周邊海域重要經濟漁獲物種。根據中華民國漁業統計年報, 自 2003 年起圓花鰹在臺灣周邊海域的產量與產值, 除 2007 年以外年產量皆達到近 3,000 mt 以上 (Fig. 1), 並於 2009 年創歷史新高, 產量達到 6,601 mt, 產值則為 141,816 千元。宜蘭縣則為捕獲圓花鰹之主要縣市, 2008 ~ 2012 年的產量達全國圓花鰹漁獲量的 95.1%。

國內學者早期即對鰹類資源有相當的關注, 楊與孫 (1977)、楊 (1978) 及黃等 (1979) 曾對臺灣近海花鰹屬成魚之生殖、年齡成長及胃內容物進行初步研究, 而近年僅有陳 (2011) 用 1996 年及 2007 年樣本群魚體探討臺灣沿海扁花鰹之生殖

生物學特性。有關花鰹屬仔稚魚之分佈, 則散見於許多海洋環境及仔稚魚調查 (丘, 1999; 廖, 1999; Hsieh and Chiu, 2002; 潘, 2007; 謝, 2007; 陳, 2010), 較缺乏有系統性的論述。王等 (2009) 於臺灣東北部沿岸海域進行圓花鰹初期生活史調查, 結果顯示鰹類仔稚魚於夏季時大量出現於臺灣沿岸各河口域, 其中花鰹屬的仔稚魚在春夏之交大量出現在臺灣東部和南部沿岸以及東北部陸棚邊緣海域, 其他海域亦有零星的分布。此外, 王等 (2010) 探討臺灣東北部沿岸海域圓花鰹仔魚成長率的空間差異, 調查發現水溫超過 25°C 之測站才有圓花鰹仔魚的捕獲, 且仔魚的體長、日齡、孵化體長和成長率存在地區間的差異, 並推論表水溫和磷酸鹽濃度是造成差異的因子。惟上述調查僅侷限於臺灣東北部及沿岸水域, 較無法得知臺灣周邊海域花鰹屬仔魚分布之全貌。

綜觀過去臺灣對花鰹類之研究, 僅有少部份針對其成魚的生殖生理及年齡成長進行分析, 有關其仔稚魚數量與分佈則因採樣測站地點多隨航次不同而改變, 無法有系統地瞭解周邊海域花鰹屬仔稚魚之分布與季節變化, 因此本研究乃根據

*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號, TEL: (02) 2462-4121
轉 2203; FAX: (02) 2462-4254; E-mail: dcliu@mail.tfrin.gov.tw

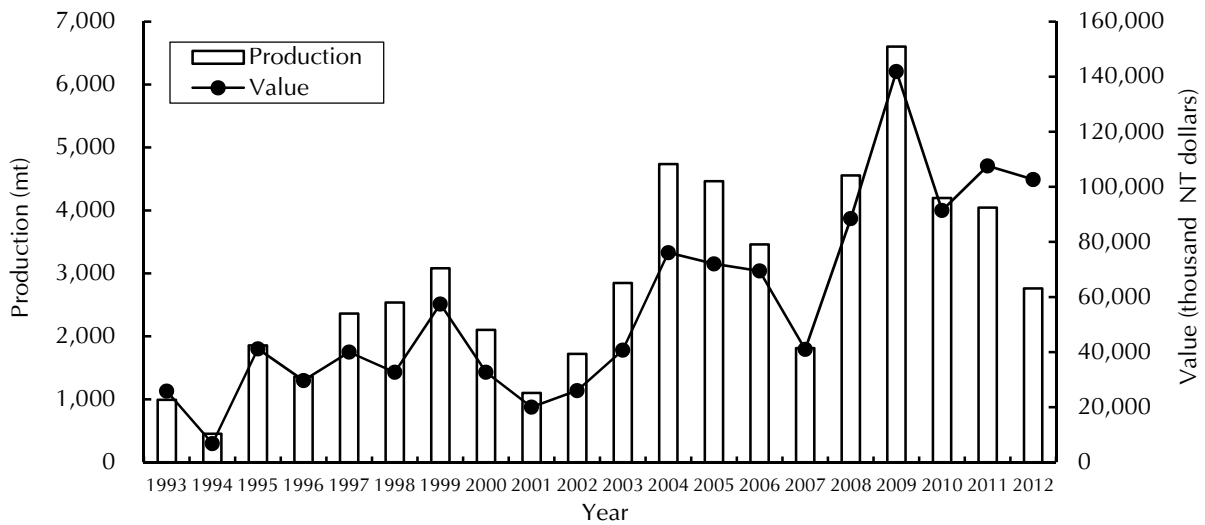


Fig. 1 Annual production and value of the bullet tuna *Auxis rochei rochei* in the waters around Taiwan from 1993 to 2012.

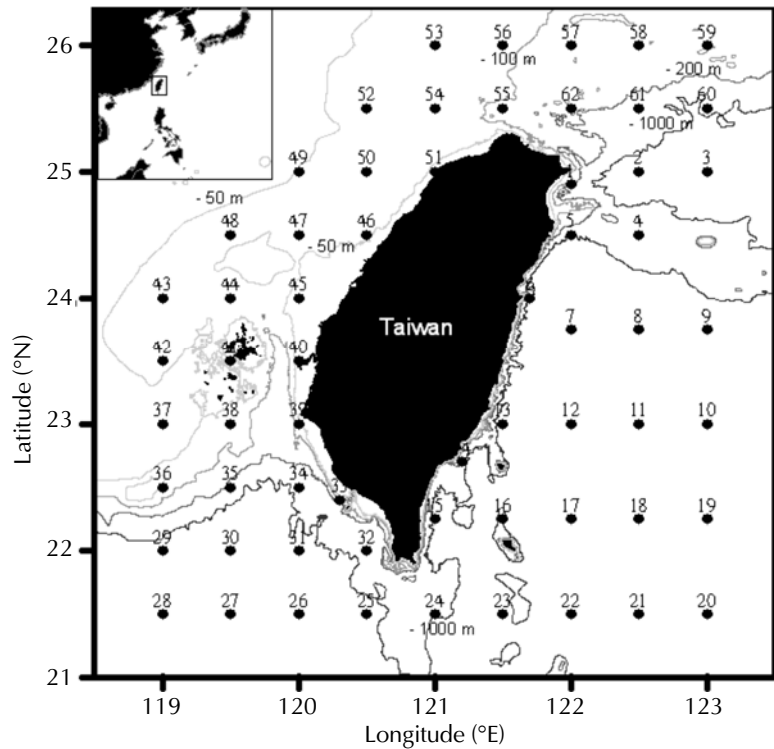


Fig. 2 Sampling stations (solid circles) designed for surveying fish larvae and environmental factors in the waters around Taiwan from 2007 to 2009.

2007 ~ 2009 年間的觀測資料來探討臺灣周邊花鰹屬仔稚魚棲息分布之時空變動，期能作為本資源持續利用與管理的科學基礎。

材料與方法

一、資料蒐集

本研究係利用水試一號試驗船分別於 2007 年

(1、5、7 月)、2008 年 (1、3、7、10 月)、2009 年 (1、5、8、10 月)，在臺灣周邊海域 62 個測站 (Fig. 2) 進行仔稚魚樣本及水文資料蒐集，各採樣點之經、緯度及深度則如 Table 1 所示。使用的網具為 ORI 浮游生物網，網口直徑 160 cm，網目大小 330 μm ，網口中央結附流量計以計算濾水體積。採集方式係將網具投放至水深 200 m (水深不足者施放至離底 5 m)，再以 1 m/s 速度斜拖上揚，隨後浮游生物樣本以 5 ~ 10% 的福馬林海水溶液

Table 1 Details of sampling stations designed for larval surveys in the waters around Taiwan from 2007 to 2009

Sampling Station	Latitude (N)	Longitude (E)	Depth (m)	Sampling Station	Latitude (N)	Longitude (E)	Depth (m)
1	24°52'	122°01'	427	32	22°00'	120°30'	358
2	25°00'	122°30'	1465	33	22°23'	120°20'	480
3	25°00'	123°00'	1670	34	22°30'	120°00'	639
4	24°31'	122°31'	570	35	22°30'	119°30'	237
5	24°29'	122°00'	1189	36	22°30'	119°00'	85
6	23°59'	121°48'	812	37	22°57'	119°06'	27
7	23°45'	122°00'	3450	38	23°00'	119°30'	73
8	23°45'	122°31'	3003	39	23°00'	119°55'	126
9	23°45'	123°00'	3647	40	23°30'	119°55'	103
10	23°00'	123°00'	5454	41	23°26'	119°30'	55
11	23°00'	122°30'	5534	42	23°30'	119°00'	49
12	23°00'	122°00'	4921	43	24°00'	119°00'	60
13	22°59'	121°29'	1746	44	24°00'	119°30'	62
14	22°40'	121°16'	1160	45	24°00'	119°59'	42
15	22°15'	121°00'	1208	46	24°30'	120°30'	50
16	22°15'	121°31'	700	47	24°30'	120°01'	61
17	22°15'	122°00'	4577	48	24°30'	119°30'	58
18	22°15'	122°30'	4853	49	25°00'	120°00'	53
19	22°15'	123°00'	3605	50	25°00'	120°30'	74
20	21°30'	123°00'	4928	51	25°05'	120°55'	77
21	21°30'	122°30'	4786	52	25°30'	120°31'	64
22	21°30'	122°00'	3470	53	26°00'	121°00'	82
23	21°30'	121°31'	2086	54	25°30'	121°00'	91
24	21°30'	121°01'	925	55	25°30'	121°29'	112
25	21°30'	120°30'	1803	56	26°00'	121°30'	68
26	21°30'	119°59'	2981	57	26°00'	122°00'	100
27	21°30'	119°31'	2976	58	26°00'	122°30'	105
28	21°30'	119°00'	2792	59	26°00'	122°59'	95
29	22°00'	119°00'	1515	60	25°30'	123°01'	763
30	22°00'	119°30'	2394	61	25°30'	122°30'	453
31	22°00'	120°00'	1145	62	25°30'	122°00'	118

保存。水文資料則利用溫鹽深儀 (Seabird 9-11 Plus) 投放至 1000 m (水深不足則離底 5 m) 取得各測站溫度與鹽度之連續資料，並利用輪盤採水器於 5 ~ 150 m 分層採集水樣，水樣以液態氮 (-196 °C) 急速凍結。葉綠素甲 (Chl-a) 則分別使用 10 µm 篩絹及 0.7 µm 濾膜，逐級過濾浮游植物後遮光冷凍 (-20 °C) 保存。

二、樣本處理與仔稚魚鑑定

營養鹽係使用分光光度計測定反應後的吸光

值再換算其濃度，硝酸鹽 (NO₃⁻) 採用鎘銅還原-偶氮法 (pink azo dye)，磷酸鹽 (PO₄³⁻) 採用鉬酸藍法 (molybdenum)，葉綠素甲則係將濾後濾膜經 90% 丙酮低溫萃取 14 ~ 24 h 後，以螢光光度計測定酸化前後的螢光值，計算出海域中葉綠素甲含量。各測站浮游動物樣本利用 Folsom 分割器以二分法將樣本分割為兩個子樣本，將子樣本中之全數仔稚魚置於解剖顯微鏡 (Nikon: SMZ645) 下進行分類及計數。仔稚魚密度值 (N, abundance; ind./1000 m³) 係以子樣本中個體數乘以二後除以

浮游生物網濾水體積進行換算。

仔稚魚鑑定主要參考 Moser *et al.* (1984)、沖山 (1985)、王 (1987) 及丘 (1999) 等著作。過去許多有關臺灣沿近海仔稚魚的調查均曾提及花鰹屬仔稚魚的出現 (Tan and Chen, 1975; 廖, 1999; 潘, 2007; 謝, 2007; 陳, 2010), 由於圓花鰹與扁花鰹在仔魚時期外型相似, 出現之區域與時間均無明顯的區隔 (Tan and Chen, 1975; Collette and Aadland, 1996), 且不同發育階段的成長變異無具體鑑別依據, 再加上產卵期相近無法藉由產卵期將花鰹屬內的仔稚魚做出區隔, 故以往的研究多鑑別至屬的層級。曾 (2007) 嘗試利用分子生物技術區分圓花鰹及扁花鰹, 再回推二者在外部形態上的差異, 發現眼後部黑色素胞的有無可作為花鰹屬仔魚鑑別的依據, 惟該研究樣本數較少, 樣本僅有尾索上曲中期 (flexion) 及後期 (postflexion) 之仔魚, 因此其結論未來仍須進一步的探討。本研究採得之樣本涵蓋範圍較廣, 發育階段介於卵黃囊期仔魚 (Yolk-sac larva) 至尾索上曲後期 (postflexion), 不宜採用眼後部黑色素胞作為鑑定依據, 僅分類至花鰹屬階段, 再進行後續分析。

三、資料分析

本研究將各航次蒐集之資料按季節合併, 分為冬季 (2007/01、2008/01、2009/01)、春季 (2007/05、2008/03、2009/05)、夏季 (2007/07、2008/07、2009/08) 及秋季 (2008/10、2009/10), 並利用 SPSS 統計套裝軟體 (12.0 版) 進行主成分分析 (Principle Components Analysis, PCA) 及相關分析 (Pearson correlation analysis), 探討不同季節間, 花鰹屬仔稚魚豐度與海洋環境因子間的關係。

結果與討論

一、仔稚魚豐度之季節變化

本研究共採得花鰹屬仔稚魚 909 尾, 各航次捕獲尾數如 Table 2。春季各航次共採得仔稚魚 411 尾, 平均豐度為 32 ind./1000 m³, 2007 年 5 月第 58 測站出現最高值 337 ind./1000 m³。夏季各航次

共採得 485 尾, 出現花鰹屬仔稚魚之測站平均豐度為 39 ind./1000 m³, 2008 年 7 月第 59 測站出現最高值 514 ind./1000 m³。冬季僅採得 8 尾, 秋季亦僅採得 5 尾, 最高豐度分別為 6 ind./1000 m³ 及 11 ind./1000 m³, 不納入後續統計分析。

Table 2 Number of *Auxis* larvae collected in the waters around Taiwan from 2007 to 2009

Year Season	2007	2008	2009	Total
Winter	4	0	4	8
Spring	234	110	67	411
Summer	317	142	26	485
Autumn	-	5	0	5
Total				909

性成熟的親魚在一定的季節進行繁殖, 這種特定的繁殖季節是魚類對環境條件長期適應的結果, 生活在不同環境的魚類即便同種, 繁殖季節也不一定相同。根據花鰹屬相關之生殖生物學研究, Wang *et al.* (2006) 指出臺灣東北部海域春季期間仔稚魚組成在 3 月份以真鯆為主, 4 月份花腹鯖較多, 5 月份則是有大量花鰹屬出現。潘 (2007) 於龜山島周邊海域進行調查, 於 5~9 月間有花鰹屬仔稚魚出現, 與 Wang *et al.* (2006) 之發現相符, 惟至 7 月份時真鯆及花腹鯖明顯減少, 而花鰹屬則未明顯減少。謝 (2007) 調查顯示, 5 月時於整個臺灣周邊海域均可發現花鰹屬仔稚魚蹤跡, 8 月時則多集中於臺灣海峽水域。陳等 (2010) 於臺灣東北部海域進行調查, 3~9 月間皆有花鰹屬仔稚魚出現, 11 月則無。在扁花鰹生殖生物學研究方面, 楊 (1978) 指出臺灣近海扁花鰹產卵期為 4~7 月, 黃等 (1979) 對臺灣近海扁花鰹進行成長率研究, 提及花鰹產卵盛期為 5、6 月, 陳 (2011) 對於扁花鰹進行研究發現扁花鰹產卵期為 3~8 月, 產卵期長, 在同一產卵期中多次產卵。

臺灣周邊海域受到大陸沿岸冷水、黑潮暖水、黑潮支流及南海表層水的共同影響, 它們之間的相互作用相當複雜, 具有明顯的季節演變過程 (郭, 2004)。本研究取用表層 5 m 溫度數值繪製水溫分布圖, 各航次採得樣本之豐度分布如 Fig. 3 所示。整體而言, 花鰹屬仔稚魚在臺灣周邊海域

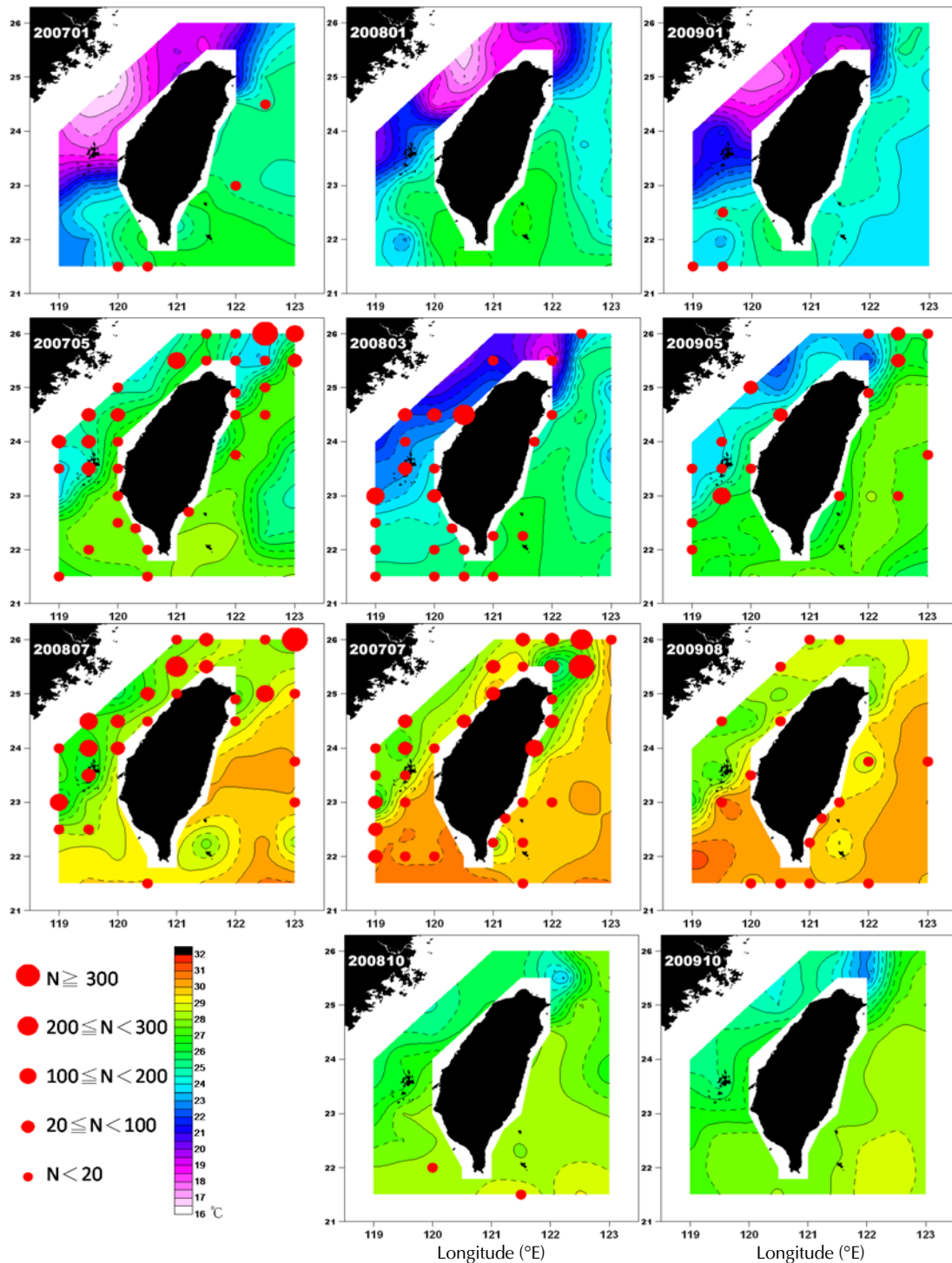


Fig. 3 Occurrence of *Auxis* larvae and the distribution of water temperature in 5 m depth from 2007 to 2009 in the waters around Taiwan (The solid circles indicate density of larvae in ind./1000 m³).

的豐度分布存在明顯的季節性變化，東北部海域 3 月份尚無花鯉屬仔稚魚出現，5 月、7 月為豐度最高之時期，8 月之採樣已無出現。相較之下，臺灣海峽及西南海域 3 月份即可發現大量的花鯉屬仔稚魚，8 月份則零星出現於海峽北部及臺灣南部海

域。綜上顯示，花鯉屬仔稚魚豐度有明顯的季節性變化，春、夏時期係大量出現於周邊各水域，而初春（3 月）及夏末（8 月）東北部海域分布豐度較低，而秋、冬兩季則非花鯉屬魚類之產卵季節，僅東部及西南海域有零星分布。

Table 3 Principle component analysis based on the variables collected from waters around Taiwan from 2007 to 2009. The higher loadings (≥ 0.5) in PC1, PC2 and PC3 are shown in bold

Variables	Spring			Summer		
	Principle component			Principle component		
	PC1	PC2	PC3	PC1	PC2	PC3
Temperature	-0.82	0.27	-0.13	-0.67	-0.47	0.42
Salinity	-0.43	-0.20	0.32	-0.19	0.44	-0.01
Nitrate	0.48	0.62	0.51	0.69	0.03	0.34
Phosphate	0.46	0.09	-0.53	0.75	0.20	0.13
Chlorophyll-a	0.51	-0.53	0.41	0.73	0.56	-0.40
Zooplankton	0.70	-0.26	0.23	0.74	0.14	0.50
Larval abundance	0.55	-0.68	0.77	0.67	0.86	0.23
Eigenvalues	2.46	1.15	1.04	2.49	1.18	1.06
Percentage(%)	31.5	16.1	13.2	37.6	15.1	14.1
Cumulative(%)	31.5	47.6	60.8	37.6	52.7	66.8

二、仔稚魚分布與環境因子

魚類的生存與繁殖會受到棲息環境中各種生態因子綜合作用所影響。為瞭解影響花鰱屬仔稚魚豐度的主要因子，將水溫、鹽度、硝酸鹽、磷酸鹽、葉綠素甲、浮游動物及花鰱屬仔稚魚豐度等 7 個變量組合為若干彼此獨立的新的變量，作為解釋花鰱屬仔稚魚豐度變動的總和性指標，能更準確地反映仔稚魚豐度分布與環境因子的關係。

本研究應用主成份分析法探討影響臺灣周邊海域春季及夏季花鰱屬仔稚魚豐度之主要影響因子，結果顯示各季節主成分特徵值 (eigenvalues) 大於 1.0 者有 3 個 (Table 3)，前 3 個主成分 (PC1、PC2、PC3) 之累積解釋變異百分比均超過 60% 以上。春季時，第一主成分特徵值 2.46，解釋變異百分比達 31.5% (Table 3)，其中葉綠素甲、浮游動物及花鰱屬仔稚魚豐度等因子間呈正相關，負荷量分別為 0.51、0.70、0.55，而與水溫呈負相關 (負荷量為 -0.82)。將第一主成分特徵向量 (PC1) 當作 x 值，第二主成分特徵向量 (PC2) 當作 y 值，作圖於 x-y 座標平面圖上即可得到 Fig. 4a 的結果，可看出第一主成分中，浮游動物、仔稚魚豐度、葉綠素甲等因子間呈正相關，與水溫呈負相關。結果顯示春季時水溫較低處，葉綠素甲濃度、浮游動物及花鰱屬仔稚魚豐度也較高。第二主成

分特徵值 1.15，解釋變異百分比達 16.1%，葉綠素甲及仔稚魚豐度呈正相關，負荷量分別為 -0.53、-0.68，而與硝酸鹽呈負相關 (負荷量為 0.62)。如 Fig. 4a 所示，第二主成分中葉綠素甲及仔稚魚豐度呈正相關，而與硝酸鹽呈負相關。結果顯示葉綠素甲及仔稚魚豐度較高處，硝酸鹽濃度較低。前三主成分累積解釋變異百分比達 60.8%。經相關分析結果顯示 (Table 4)，春季時花鰱仔稚魚豐度與水溫呈顯著的負相關 ($p < 0.05$)，與浮游動物豐度呈顯著的正相關 ($p < 0.05$)。

根據主成分分析結果，春季時第一主成分中水溫與各變數 (葉綠素甲濃度、浮游動物及花鰱屬仔稚魚豐度) 存在負相關關係 (Fig. 4a)，為解釋仔稚魚豐度變化的主要因子。觀察春季時花鰱屬仔稚魚豐度與水溫之分布 (Fig. 3)，2007 年 5 月可觀察到東北部海域有一較低溫之表層水，花鰱屬仔稚魚大量出現在此區周邊各測站，且第 58 測站出現春季最高值 337 ind./1000 m³，臺灣海峽澎湖群島西側亦出現較低溫水，澎湖群島周邊各測站均有花鰱屬仔稚魚之分布。2008 年 3 月採樣時間點為初春，中國沿岸冷水勢力仍佔據臺灣北部及臺灣海峽，南海表層水及黑潮支流暖水在澎湖群島周邊海域交會區，此時花鰱屬仔稚魚主要出現在雲彰隆起以南海域，以北僅零星分布。2009 年 5 月仍可發現中國沿岸冷水出現在海峽北部，此時

Table 4 Pearson's correlation coefficients between the environmental variables (pooled by season) collected from the waters around Taiwan from 2007 to 2009. Values are shown in bold when statistically significant ($p < 0.05$). X1: temperature, X2: salinity, X3: nitrate, X4: phosphate, X5: chlorophyll-a, X6: zooplankton, X7: *Auxis* larvae abundance

Spring	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X1	1						
X2	-0.11	1					
X3	-0.13	-0.48	1				
X4	-0.34	-0.16	0.23	1			
X5	0.56	0.21	0.35	0.30	1		
X6	-0.47	-0.48	0.20	0.13	0.05	1	
X7	-0.56	-0.25	-0.16	0.15	0.04	0.45	1
Summer	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X1	1						
X2	0.20	1					
X3	-0.23	-0.36	1				
X4	-0.50	-0.28	0.67	1			
X5	-0.60	-0.57	0.25	0.37	1		
X6	-0.42	-0.52	0.45	0.47	0.43	1	
X7	-0.40	0.13	0.12	0.37	-0.07	-0.11	1

花鯉屬仔稚魚主要出現在澎湖群島周邊海域，東北部海域則於低溫區周邊測站捕獲。

水溫是影響海洋生物洄游、分布、繁殖和生長的重要環境因子，臺灣西部海域因大陸沿岸冷水由北向南輸送與由南向北輸送的黑潮及南海暖水交會，易形成強盛的湧升渦流及潮境 (Fan, 1982; 邢, 2004; 蔡, 2007)。本研究於臺灣周邊海域設 62 個測站進行大範圍的調查，雖無法直接觀測到潮境鋒面等較細緻的海域特性，然透過主成分分析及相關分析可得知春季時花鯉屬仔稚魚豐度與葉綠素甲、浮游動物豐度間呈正相關，與水溫存在負相關關係，推論水溫較低處可能存在湧昇或潮境結構，因此含有較高的硝酸鹽、磷酸鹽等營養鹽物質，提供浮游動物、植物良好的繁殖條件，進而為仔稚魚提供豐富的營養物質，故春季時水溫可能是影響臺灣周邊海域花鯉仔稚魚豐度分布的重要因素。

夏季時，第一主成分特徵值 2.49，解釋變異百分比達 37.6% (Table 3)，其中硝酸鹽、磷酸鹽、葉綠素甲、浮游動物及花鯉屬仔稚魚豐度等因子

間呈正相關，負荷量分別為 0.69、0.75、0.73、0.74、0.67，而與水溫呈負相關（負荷量為 -0.67）。由 Fig. 4b 的結果，可看出第一主成分中硝酸鹽、磷酸鹽、葉綠素甲、浮游動物及花鯉屬仔稚魚豐度等因子間呈正相關，與水溫呈負相關。結果顯示夏季時水溫較低處，營養鹽類及葉綠素甲濃度較高，浮游動物及花鯉屬仔稚魚豐度也較高。第二主成分特徵值 1.18，解釋變異百分比達 15.1%，仔稚魚豐度及葉綠素甲間呈正相關，負荷量分別為 0.86、0.56。如 Fig. 4b 所示，第二主成分中仔稚魚豐度及葉綠素甲間呈正相關。結果顯示葉綠素甲豐度較高處，花鯉屬仔稚魚豐度也較高。前三主成分累積解釋變異百分比達 66.8%。經相關分析結果顯示 (Table 4)，夏季時花鯉仔稚魚豐度與水溫呈顯著的負相關 ($p < 0.05$)，與磷酸鹽呈顯著的正相關 ($p < 0.05$)。

根據主成分分析結果，夏季時第一主成分中水溫與各變數 (硝酸鹽、磷酸鹽、葉綠素甲、浮游動物及花鯉屬仔稚魚豐度) 存在負相關關係 (Fig. 4b)，為解釋仔稚魚豐度變化的主要因子。觀察夏

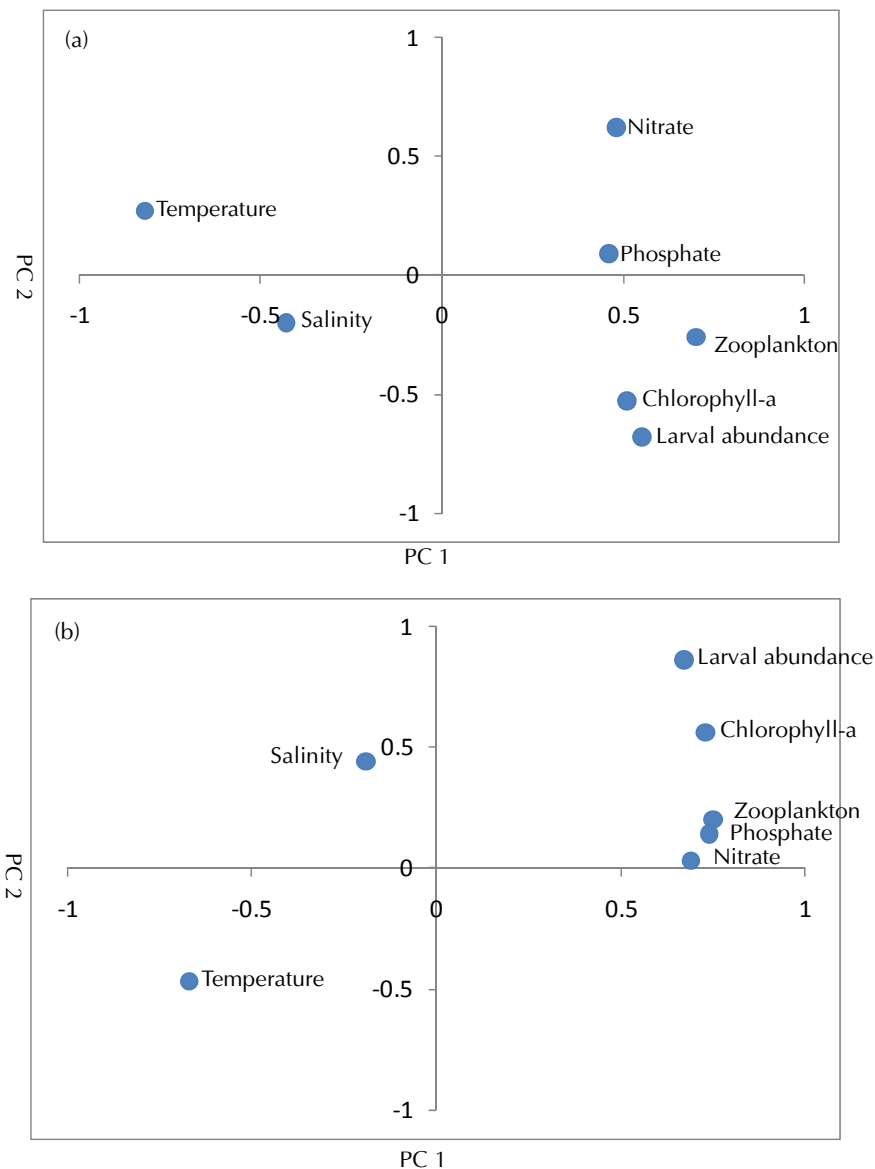


Fig. 4 Scatter plot of the first two principal components. (a) Spring; (b) Summer.

季時花鰹屬仔稚魚豐度與水溫之分布 (Fig. 3)，周邊海域為暖水包圍，水溫普遍在 27 °C 以上，2007 年 7 月可發現東北部海域有較低溫之表層水，仔稚魚大量出現在此區周邊各測站，且第 59 測站出現夏季最高值 514 ind./1000 m³，臺灣海峽澎湖群島西側水溫亦相對較低，澎湖群島周邊各測站均有花鰹屬仔稚魚之分布，東部沿岸處亦有分布。2008 年 7 月之水溫分布趨勢與 2007 年 7 月類似，仔稚魚自北部海域經臺灣海峽直至西南海域均密集地出現，惟仔稚魚於東北部海域分布於水溫較低處之外圍。2009 年 8 月花鰹屬仔稚魚數量較低，

零星分布於海峽北部、東部及南部海域。

許多研究指出黑潮於臺灣東北部與東海陸棚交界處因終年湧昇而擁有著高基礎生產力 (Tzeng and Lee, 1994; Chiu *et al.*, 1997)，臺灣海峽亦存在湧昇及潮境 (Fan, 1982; 邢, 2004; 蔡, 2007)。本研究雖無法直接觀測到湧昇及潮境等海域特性，然透過主成分分析及相關分析可得知夏季時花鰹屬仔稚魚豐度與硝酸鹽、磷酸鹽、葉綠素甲、浮游動物間成正相關，與水溫存在負相關關係，與春季類似，水溫為影響臺灣周邊海域花鰹仔稚魚豐度分布的重要因素。

謝 辭

感謝本所海洋漁業組同仁多年來持續出海採樣，水試一號全體船員之努力協助，及審查委員提供的寶貴意見，本研究始能順利完成，謹此表達由衷謝意。

參考文獻

- 王友慈 (1987) 臺灣北部淡水河暨雙溪河口域魚苗相之研究. 私立中國文化大學海洋研究所資源組碩士論文, 306 pp.
- 王友慈, 葉念慈, 潘佳怡, 陳人平, 曾以中 (2009) 臺灣東北部沿岸海域圓花鰹仔稚魚生活史之初步研究. 行政院農業委員會水產試驗所科技計畫研究報告 (98農科-8.5.2-水-A1(1)).
- 王友慈, 葉念慈, 潘佳怡, 陳人平 (2010) 臺灣東北部沿岸海域圓花鰹仔稚魚成長率的空間差異. 行政院農業委員會水產試驗所科技計畫研究報告 (99農科-8.5.2-水-A1(1)).
- 丘臺生 (1999) 臺灣的仔稚魚. 國立海洋生物博物館籌備處, 296 pp.
- 邢麗玉 (2004) 臺灣海峽溶解有機氮、磷及營養鹽消耗程度分佈情形. 國立中山大學海洋地質及化學研究所碩士論文, 142 pp.
- 沖山宗雄 (1985) 日本產稚魚圖鑑. 東海大學出版會, 日本, 1154 pp.
- 郭慧敏 (2004) 臺灣海峽水團時空變化之研究. 國立中山大學海洋物理研究所碩士論文, 91 pp.
- 陳人平, 潘佳怡, 李明安, 王友慈 (2010) 夏季臺灣東北部海域仔稚魚的時空分布動態之研究. 水產研究, 18(2): 1-16.
- 陳聖玟 (2011) 臺灣沿海扁花鰹(*Auxis thazard*)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, 102 pp.
- 黃哲崇, 張麗鳳, 楊榮宗 (1979) 臺灣近海平花鰹的資源研究III—年齡與成長率. 台大海洋研究所研究報告, 9: 126-149.
- 曾以中 (2007) 臺灣產鯖科魚類之親緣關係與花鰹屬仔稚魚之鑑別. 國立臺灣大學海洋研究所碩士論文, 60 pp.
- 楊榮宗, 孫志陸 (1977) 臺灣近海圓花鰹的族群研究. 台大海洋研究所研究報告, 7: 200-215.
- 楊榮宗 (1978) 臺灣近海平花鰹的資源研究II—胃內容物分析. 台大海洋研究所研究報告, 8: 157-171.
- 漁業署 (1993-2012) 中華民國臺灣地區漁業統計年報. 行政院農委會漁業署, 高雄.
- 廖震亨 (1999) 臺灣西南海域浮游性仔稚魚之種類組成及分布. 國立中山大學海洋資源研究所碩士論文, 92 pp.
- 邵廣昭 (2015) 台灣魚類資料庫 網路電子版 (<http://fishdb.sinica.edu.tw>)
- 潘佳怡 (2007) 臺灣龜山島周邊海域仔魚群聚結構之時空變化. 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系碩士論文, 116 pp.
- 蔡沛紋 (2007) 臺灣海峽湧升流之研究. 國立臺灣師範大學地球科學系碩士論文, 75 pp.
- 謝泓諺 (2007) 水文環境對臺灣周邊海域仔稚魚群聚時空分布的影響. 國立中山大學海洋生物科技暨資源學系研究所博士論文, 222 pp.
- Chiu, T. S., S. S. Young and C. S. Chen (1997) Monthly variation of larval anchovy fishery in I-lan Bay, NE Taiwan, with an inference on optimal fishing seasons. J. Fish. Soc. Taiwan, 24(4): 273-282.
- Collette, B. B. and C. R. Aadland (1996) Revision of the frigate tunas (Scombridae, *Auxis*), with descriptions of two new subspecies from the eastern Pacific. Fish. Bull., 94: 423-441.
- Fan, K. L. (1982) A study of water masses in Taiwan Strait. Acta. Oceanogr. Taiwanica, 13: 143-150.
- Hsieh, C. H. and T. S. Chiu (2002) Summer spatial distribution of copepods and larval fishes relative to hydrography in the northern Taiwan Strait. Zool. Stud., 41(1): 85-98.
- Moser, H. G., W. J. Richards, D. M. Cohen, M. P. Fahay, A. W. Kendall Jr. and S. L. Richardson (1984) Ontogeny and systematics of Fishes. Based on an international symposium dedicated to the memory of Elbert Haivor Ahlstrom. Spec. Publ. No. 1, Amer. Soc., Ichthyol. Herpetol., 687 pp.
- Tan, T. H. and S. C. Chen. (1975) On relation of occurrence of tuna fish larvae to the aquatic environment in adjacent waters of Taiwan and the south China sea. Acta. Oceanogr. Taiwanica, 5: 179-200.
- Tzeng, W. N. and Lee S. C. (1994) Fish species and fishery production of Yen-Liao Bay in Northeastern Taiwan. Acta Zool. Taiwan, 5(2): 33-44.
- Wang, Y. T., C. L. Lee, C. J. Pan, S. H. Wu and C. T. Tseng (2006). Species composition and distribution of fish larvae and juveniles in the waters off northeastern Taiwan in spring 2005 with particular reference to mackerel and scad. J. Taiwan Fish. Res., 14(2): 27-44.

Seasonal Distribution and Abundance of Larval Bullet Tuna (Genus: *Auxis*) in the Waters Around Taiwan

Yu-Kai Chen¹, Chia-I Pan¹, Bo-Kun Su¹, Jyun-Long Chen¹, Chi-Lun Wu¹
and Don-Chung Liu^{2*}

¹Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

²Fisheries Research Institute

ABSTRACT

In order to understand the spatial and temporal distribution of larval bullet tuna (genus: *Auxis*) in the waters around Taiwan, 11 cruises to 62 sampling stations were conducted from 2007 through 2009 to collect larval fish and measure various environmental factors. A total of 909 larvae were collected using an ORI net. The abundance of *Auxis* larvae showed seasonal variations. In the spring, *Auxis* larvae were found in the Taiwan Strait and northeastern waters, and the average abundance was 32 ind./1000 m³. In the summer, the average abundance was 39 ind./1000 m³, and the *Auxis* larvae were widely distributed, ranging from the northeastern waters to the southwestern waters off Taiwan and also being observed in eastern waters in coastal regions. Principal components analysis showed that the levels of chlorophyll-a, zooplankton and *Auxis* larvae were high in areas with lower water temperatures during spring. During the summer, the levels of nutrients, chlorophyll-a, zooplankton and *Auxis* larvae were also high in areas with lower water temperature. Correlation analysis also showed that the abundance of *Auxis* larvae was negatively correlated with water temperature in spring and summer. In conclusion, the distinctive distribution of *Auxis* larvae in the spring and summer was profoundly influenced by the environmental factors, and autumn and winter were not the breeding season for the fish.

Key words: bullet tuna, frigate tuna, fish larvae, abundance, Taiwan

*Correspondence: Fisheries Research Institute, 199 Hou-lh Road, Keelung 20246, Taiwan. TEL: (02) 2462-2101 #2203; Fax: (02) 2462-4254; E-mail: dcliu@mail.tfrin.gov.tw