

黄渤海蓝点马鲛繁殖生物学的研究^{*}

邱盛尧 叶懋中

(山东省海洋水产研究所, 烟台 264000)

提要 根据1960—1993年在渤海、黄海及东海北部渔业生产和调查中收集的19096尾蓝点马鲛样品, 进行繁殖生物学研究。结果表明, 卵巢成熟度依据外部形态观察、切片镜检、卵内结构分析、卵径测量和成熟系数计算等分为I—VI期; 性腺周年成熟一次, 并存在发育、成熟、产卵后和恢复阶段; 产卵期为5—7月, 盛期在5月中旬至6月中旬, 由南至北逐渐推迟; 性成熟年龄因捕捞强度增加而提前, 明显分为70年代后期为界的前后两个阶段, 前阶段2龄开始成熟, 后阶段1龄即性成熟; 雌性最小性成熟叉长和体重分别为395mm和495g, 雄性分别为360mm和355g; 性比为50.2:49.8, 因年龄和不同生活阶段而异, 2龄前和越冬期间雄性为多, 3龄后和生殖季节雌性为多。

关键词 蓝点马鲛 繁殖生物学 黄渤海

蓝点马鲛是黄渤海主要经济鱼类, 由于其他渔业资源衰退和销售价格提高, 其所受捕捞压力日益增加, 资源特性发生变化, 如生长加快(邱盛尧等, 1993), 群体结构改变(王歧佐等, 1989; 邱盛尧等, 1992)等等。繁殖生物学是渔业资源研究的一个重要课题, 有关蓝点马鲛繁殖生物学研究尚未见有系统报道。本文系统阐述黄渤海蓝点马鲛繁殖生物学特性, 以期为其资源合理利用和渔业管理提供科学依据。

1 材料与方法

根据1960—1993年在渤海、黄海及东海北部等主要渔场流刺网、拖网、定置网和围网渔业生产和资源调查中渔获资料, 每年选取其中10—20批新鲜蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)回港测定, 计19096尾, 其中1982年以后的12509尾样品为作者收集并测定, 其他样品资料由本所其他同志提供。通常每次取样50尾, 不足50尾者全取。所有样品均测定叉长、体重、性别和年龄。雌性个体按6级目测卵巢成熟度, 计9585尾。部分样品测定纯体重和性腺重量, 计2641尾, 并计算性腺成熟系数(GSI), $GSI = (\text{性腺重量} / \text{纯体重}) \times 1000$ 。于1992年和1993年采集的部分卵巢样品在Olympus双筒解剖镜下测其卵径, 每个样品随机抽测100粒, 计215个样品, 于1993年5—8月采集的卵巢样品, 用福尔马林固定后, 0.5%硝酸软化, 选用37个样品石蜡包埋、切片, 用Delafield苏木精和伊红染色(堵南山, 1960), Leitz显微镜下观察卵内结构, 部分样品显微摄影。

^{*} 山东省海洋水产研究所资助课题, 9010号。邱盛尧, 男, 出生于1962年10月, 助理研究员。

本文承蒙邓景耀、杨纪明二位研究员审阅并提出宝贵意见; 张树德研究员对切片技术予以指导; 章隼、毕庶万、王歧佐等同志提供部分历史资料, 均此一并志谢。

收稿日期: 1994年5月20日, 接受日期: 1996年1月18日。

2 结果

2.1 卵巢成熟度分期

蓝点马鲛卵巢位于体腔中后方、消化道两侧，紧贴于腹面，由卵巢系膜与体腔壁

连。卵巢末端渐细成生殖导管，左右相连后与泄殖孔相连。依卵巢外部形态、成熟系数、卵径和卵内结构等，卵巢发育过程可划分为6期，其中V期又可分为Va和Vb两亚期。见图1。

I 期 性腺未发育，肉眼不能区分雌雄性别。卵巢内含有I时相卵原细胞，细胞体小核大，卵径在0.005—0.021mm，核径在0.004—0.014mm，嗜碱性弱。

II 期 卵巢扁圆柱状，横切面呈椭圆形；浅肉色，半透明，表面光滑；内部均匀一致，肉眼不能分辨卵粒。卵径在0.007—0.490mm，平均0.196mm；成熟系数在 2.9×10^{-3} — 10.2×10^{-3} ，平均 8.2×10^{-3} （图1）。绝大多数卵母细胞为第II时相，嗜碱性较强染成深蓝色，核外可见长环，卵

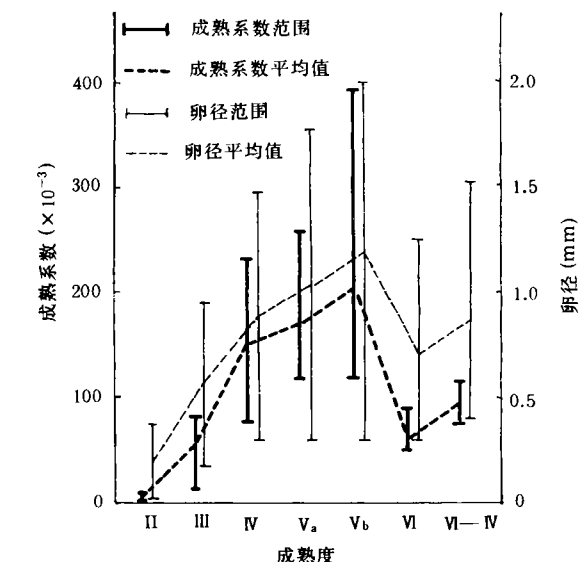


图1 蓝点马鲛各成熟期成熟系数和卵径分布

Fig.1 Distribution of the gonadosomatic index (GSI) and ova diameter at different maturity stages for the female *Scomberomorus niphonius*

周围形成薄层滤泡细胞。细胞核大，核径在0.006—0.320mm（图版I：1,2）。

III 期 卵巢圆柱状，肉色或淡黄色，肉眼可见卵巢表面的血管和白色或淡黄色卵粒；卵粒较小，卵径在0.175—0.950mm，平均0.584mm；成熟系数在 15.2×10^{-3} — 81.9×10^{-3} ，平均 55.4×10^{-3} 。卵母细胞以II，III时相为主，并有少量IV时相早期卵子。III时相卵母细胞嗜碱性强染成紫蓝色，核膜波纹状向外凸起，界限逐渐模糊，滤泡细胞由一层增至两层，外层较厚。卵细胞与滤泡细胞之间出现放射带，并逐渐增厚，呈深紫色。可见到放射纹、卵内的卵黄核、卵黄泡和核内染色体。卵黄开始沉积，由外层向内逐渐进行（图版I：3,4）。

IV 期 卵巢长袋状，中部略大，两端渐细，整个卵巢饱满，体积增大，占据腹腔大部；卵巢黄色，壁薄而透明，肉眼可见大量黄色大卵粒和一些白色小卵粒；卵径在0.300—1.475mm，平均0.897mm；成熟系数在 78.0×10^{-3} — 230.0×10^{-3} ，平均 148.3×10^{-3} 。卵母细胞以IV时相为主，同时也含有II，III时相卵子。IV时相卵母细胞嗜碱性强染成紫蓝色，放射带增厚，卵黄增多几乎充满卵内空间，细胞核移向动物极（图版I：5）。

V 期 卵巢体积增大，几乎充满整个腹腔空间，卵巢松软，富于弹性，呈桔黄色；可见透明的成熟卵粒；成熟卵的卵径在1.375—2.030mm，手挤压腹部时有少量逸

出。其中 Va 期卵径在 0.315—1.785mm, 平均 1.027mm, 透明卵占大卵的 30% 以下; 成熟系数在 117.2×10^{-3} — 256.5×10^{-3} , 平均 169.9×10^{-3} 。Vb 期卵径在 0.320—2.030mm, 平均 1.189mm; 透明卵占大卵的 30%—100%; 成熟系数达 120.0×10^{-3} — 393.2×10^{-3} , 平均 206.0×10^{-3} 。卵母细胞以 V 时相为主, 并有 II, III, IV 时相卵子。V 时相卵母细胞内, 早期充满粗大的卵黄颗粒, 随后逐渐水合液化相互融合, 细胞质边缘仍有液泡, 卵核穿孔溶解, 细胞核中的染色体已不可见(图版 I: 6)。

VI 期 卵巢松软, 充血呈血肉色, 不透明; 卵巢内大卵已全部或大部分排出体外, 内仅存中、小卵或少量大卵; 卵径在 0.350—1.250mm, 平均 0.691mm; 成熟系数明显下降, 在 51.4×10^{-3} — 89.3×10^{-3} , 平均 60.4×10^{-3} 。切片中可见许多已排完卵的空滤泡膜, 卵母细胞以 II, III 时相为主, 并含有少量 IV 时相卵子。

VI—IV 期 产过卵后卵巢恢复到 IV 期, 卵巢末端充血状态未完全消失; 卵径在 0.395—1.525mm, 平均 0.880mm; 成熟系数在 75.0×10^{-3} — 105.4×10^{-3} , 平均 95.2×10^{-3} 。切片中空滤泡膜逐渐消失(图版 I: 7)。

2.2 性腺发育周期

蓝点马鲛性腺一年内成熟一次, 其生殖周期为一年。9 月至翌年 2 月成熟度组成简单, 均处于 II 期(部分当年生幼鱼为 I 期); 成熟系数低, 在 6.0×10^{-3} — 6.5×10^{-3} 之间。3 月份性腺开始发育, III 期占 89.5%; 雌、雄成熟系数分别升至 25.5×10^{-3} 和 28.8×10^{-3} 。4 月份增加 IV 期个体, 雌、雄成熟系数分别为 109.0×10^{-3} 和 109.1×10^{-3} 。5—7 月包含有成熟的 III, IV, V 期个体, 未成熟的 II 期个体, 产卵的 IV 期个体和产卵后恢复的 VI—IV 期个体; 雌、雄成熟系数分别为 15.9×10^{-3} — 107.1×10^{-3} 和 10.5×10^{-3} — 94.4×10^{-3} 。8 月份仅出现未成熟的 II 期和产完卵的 VI 期个体; 雌、雄成熟系数分别为 11.0×10^{-3} 和 7.8×10^{-3} 。(图 2、图 3)

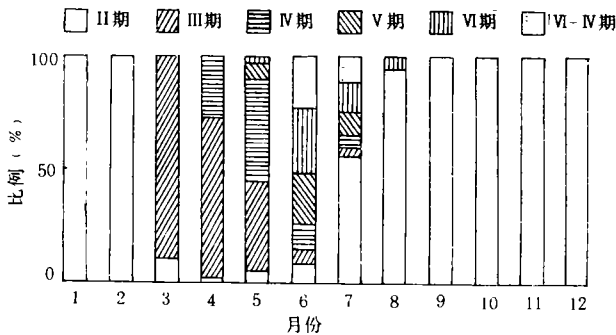


图 2 蓝点马鲛卵巢各成熟期所占比例周年变化

Fig.2 Annual variation of the percentage at different maturity stages for the female *Scomberomorus niphonius*

根据周年成熟度和成熟系数分析可见, 蓝点马鲛性腺发育存在着发育、成熟、产卵后和恢复 4 个阶段。发育阶段: 3—4 月, 性腺逐渐发育成熟, 出现产卵前不同成熟期个体, 未成熟 II 期比例趋于减少; 成熟系数由不足 10×10^{-3} 上升到 25.5×10^{-3} — $109.0 \times$

10⁻³。成熟阶段：5—6 月，性腺发育成熟，正在产卵排精，或趋于产卵排精，或产卵排精后恢复趋于再次产卵排精；卵巢成熟度以 IV, V 和 VI—IV 期为主；成熟系数在 100×10⁻³ 以上。产卵后阶段：7—8 月，除 7 月上、中旬少数个体仍在产卵排精外，已经完成生殖活动，性腺出现极度松软、萎缩，充血现象逐渐消失，逐渐转入 II 期；成熟系数逐渐下降到 10×10⁻³ 以下。恢复阶段：9 月至翌年 2 月，雌、雄成熟系数分别约为 6×10⁻³ 和 2×10⁻³；性腺外形变小，全部转为 II 期。

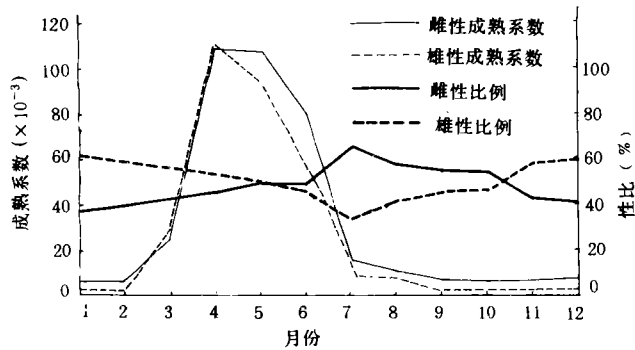


图3 蓝点马鲛性腺成熟系数和性比的周年变化

Fig.3 Annual variation of the gonadosomatic index and sex ratio for the *Scomberomorus niphonius*

2.3 产卵场与产卵期

黄渤海蓝点马鲛产卵场主要有渤海的莱州湾、渤海湾、辽东湾、滦河口，黄海北部的海洋岛、烟威近海，黄海中部的石岛至青岛近海和黄海中南部的海州湾等(邓景耀等，1991；农业部水产局等，1990)。

产卵期5—7月，由南至北相应推迟。其中渤海产卵期为5月下旬至7月上旬，以5月下旬至6月中旬为产卵盛期；产卵个体(Va和Vb期)占10.1%—41.5%。在黄海北部的产卵期为5月中旬至7月上旬，以5月下旬至6月中旬为产卵盛期；产卵个体占10.2%—30.1%。在黄海中部的产卵期为5月上旬至6月下旬，以5月中旬至6月上旬为产卵盛期；产卵个体占10.4%—12.0%。在黄海中南部的产卵期为5月上旬至6月中旬，产卵盛期在5月中旬至6月上旬；产卵个体占10.1%—34.4%。产卵盛期内产卵个体均占10%以上，成熟系数达100×10⁻³以上(表1)。

2.4 性成熟年龄

蓝点马鲛雄性成熟早于雌性，1龄即性成熟，性成熟最小个体叉长变化于360—435mm之间，体重波动在355—657g之内，且逐年呈缩小之势(图4)。

雌性成熟相对较晚，且不同年代有明显的差异，存在着以70年代后期为界的前后两个阶段。前阶段2龄开始性成熟，性成熟的最小叉长在478—534mm，体重在700—1205g；后阶段性成熟最小叉长和体重分别为395—443mm和495—725g。

3龄雌性个体仅60年代前期有部分未性成熟，成熟比例在97.8%—98.5%；60年代中期以后全部成熟。2龄鱼的性成熟情况则是，60年代前期仅39.3%—59.7%性成熟；60年代中期至70年代前期性成熟比例上升到86.4%—98.6%；70年代后期以后基本

表 1 1960—1993 年各产卵场蓝点马鲛卵巢发育状况

Tab.1 The gonad development condition of *Scomberomorus niphonius* at different spawning grounds in 1960—1993

产卵场	日 期	各 成 熟 期 比 例 (%)							GSI	样品数
		II	III	IV	Va	Vb	VI	VI—IV		
渤海	5月中旬		21.0	79.0					100.2	76
	5月下旬	1.1	7.9	48.0	20.4	9.3	13.3		141.3	790
	6月上旬	1.1	1.6	23.7	16.5	15.3	26.2	15.6	120.5	315
	6月中旬	1.5	3.4	12.6	1.9	8.2	36.5	35.9	108.0	234
	6月下旬		3.3	3.5		1.1	25.0	67.1	78.0	52
	7月上旬	3.5	1.4	4.3	1.7	1.3	21.4	66.4	75.5	51
	7月中旬	43.7			2.5	0.5	53.3		34.3	74
	7月下旬	85.4					14.6		14.3	64
黄海北部	4月下旬		60.7	39.3					97.8	51
	5月上旬	2.3	46.5	51.2					116.7	379
	5月中旬	2.9	31.0	62.7	3.3		0.1		129.4	670
	5月下旬	2.6	30.5	55.8	5.0	5.2	0.9		144.9	381
	6月上旬	3.3	4.5	42.3	9.2	6.7	31.8	2.2	116.3	63
	6月中旬	24.6	5.1	8.0	19.1	11.0	9.1	23.1	107.0	38
	6月下旬	14.4	10.9	23.4	1.2	1.0	26.2	22.9	70.5	76
	7月上旬	65.0			0.4	1.5	33.1		26.0	98
黄海中南部	7月中旬	77.8					22.2		18.4	69
	4月下旬	0.8	70.1	29.1					101.3	183
	5月上旬	0.9	45.1	52.0	1.9	0.1			92.8	449
	5月中旬	7.1	46.5	44.0	1.8	0.6			108.6	1 334
	5月下旬	19.4	15.3	53.3	6.5	5.5			109.1	197
	6月上旬	15.5	9.9	49.3	7.7	6.5	10.3	0.8	99.1	104
	6月中旬	6.4	5.3	13.2	3.3	2.4	58.3	11.1	97.4	93
	6月下旬	4.6	11.7	9.3			74.4		91.5	74
黄海南部	7月上旬	64.8					35.2		25.4	48
	4月中旬	1.2	74.9	23.9					77.0	63
	4月下旬	2.3	69.3	28.4					80.7	88
	5月上旬	1.8	58.1	37.9	1.7	0.5			87.8	644
	5月中旬	7.2	41.1	47.1	4.6				100.9	139
	5月下旬	10.1	10.9	40.0	26.3	8.0	4.7		125.9	177
	6月上旬		8.3	7.8	17.7	7.8	22.5	35.9	104.8	149
	6月中旬	31.1			0.6	3.4	64.9		75.4	107
	6月下旬	87.6					12.4		28.4	39

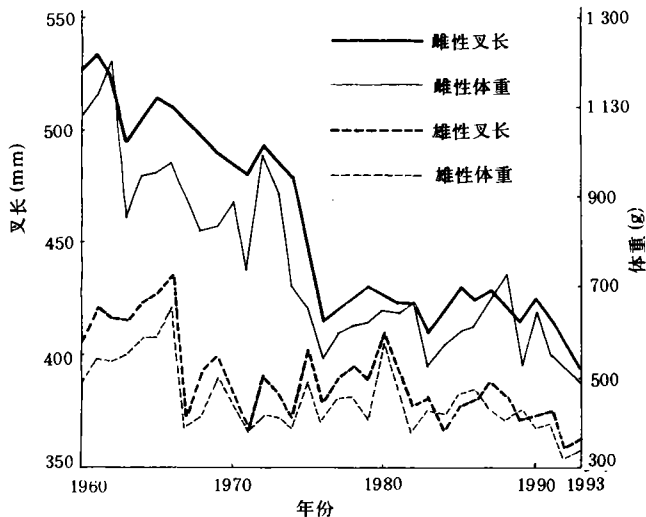


图 4 1960—1993 年蓝点马鲛性成熟最小叉长和体重

Fig.4 Variation of fork length and body weight for *Scomberomorus niphonius* matured least size during 1960—1993

全部性成熟，性成熟比例达到 89.9%—100%。70 年代后期以后 1 龄鱼开始性成熟，参加产卵活动，且比例逐渐增加，性成熟比例由 70 年代后期至 80 年代前期的 3.8%—18.1% 逐渐上升到 90 年代前期的 72.8%—90.9%。

2.5 性比

于 1960—1993 年采集的 19 096 个样品中，雌性为 9 585 尾，占 50.2%；雄性为 9 511 尾，占 49.8%；雌雄性比为 50.2:49.8。蓝点马鲛雌、雄性比随年龄而变化，随年龄增大，雌性比例逐渐增加。2 龄之前雄性多于雌性，其中当年生幼鱼性比为 38.2:61.8；1 龄，39.4:60.6；2 龄，基本达到 1:1，为 47.0:53.0。3 龄之后雄性个体减少，雌性比例上升，多于雄性，其中 3 龄性比为 53.1:46.9；4 龄，74.5:25.5；5 龄，升至 89.4:10.6；6 龄以上则绝大多数为雌性个体，性比为 92.7:7.3(表 2)。

表 2 1960—1993 年蓝点马鲛性比(%)与年龄关系

Tab.2 Relationship between sex ratio and age of <i>Scomberomorus niphonius</i> in 1960—1993								
年龄	<1	1	2	3	4	5	≥6	Σ
♀	38.2	39.4	47.0	53.1	74.5	89.4	92.7	50.2
♂	61.8	60.6	53.0	46.9	25.5	10.6	7.3	49.8
样品数	571	3 955	7 237	5 251	1 578	378	126	19 096

周年内性比因不同生活阶段而异，雌性比例变化于 39.0%—65.7% 之间，雄性比例则波动在 34.3%—61.0% 之间(图 3)。5、6 月产卵期间性比基本为 1:1。11 月至翌年 4 月雄性多于雌性，性比为 39.0—46.7:53.3—61.0；5—10 月则雌性多于雄性，性比为 50.4—65.7:34.3—49.6。产卵之后，雌性比例明显增加，7 月份所占比例最高，达 65.7%；

越冬期间雌性比例最少, 1 月份仅占 39.0%。

3 讨论与结论

3.1 性成熟与过度捕捞的关系

随着捕捞强度增加, 特别是 70 年代后期以后拖网对当年生幼鱼的捕捞和 90 年代以后疏目拖网对产卵群体资源的掠夺性酷渔滥捕, 使黄渤海蓝点马鲛生长加快, 资源已经捕捞过度(邱盛尧等, 1993; 韦晟, 1991)。过度捕捞的结果, 使雌性性成熟年龄由 70 年代后期以前的 2 龄提前到 70 年代后期以后的 1 龄, 且 1 龄鱼性成熟比例逐年增加, 1993 年达 90.9%。同时, 性成熟的最小叉长和体重也分别由 478—534mm 和 700—1205g 下降到 395—443mm 和 475—725g。可见过度捕捞不但使黄渤海蓝点马鲛生长加快, 也使性成熟提前。

3.2 产卵群体组成变化与捕捞网具的关系

80 年代后期以前, 鲅流刺网是黄渤海蓝点马鲛的主要捕捞网具, 由于网目的不断缩小, 使产卵群体组成趋于小型化、低龄化, 平均年龄由 60 年代初的 2.8 龄下降到 80 年代前期的 2.0 龄, 平均叉长和体重由 560—590mm 和 1300—1500g 下降到 485—524mm 和 904—1022g (王歧佐等, 1989)。80 年代末期以后, 疏目拖网的使用使产卵群体结构趋于不稳定, 平均年龄变化于 1.5—3.3 龄较大范围内, 大小相差 1.2 倍, 平均叉长和体重分别波动于 466—598mm 和 907—1689g 之间(邱盛尧等, 1992)。可见网具的变动直接影响到黄渤海蓝点马鲛产卵群体组成的变化。

3.3 产卵期与性成熟提前关系

由于大量 1 龄鱼性成熟, 并参加产卵活动, 使黄渤海蓝点马鲛产卵期由 5—6 月(邓景耀等, 1991; 沙学绅等, 1966)相应延长到 5—7 月。90 年代初, 产卵盛期内大多数性成熟的 1 龄鱼卵巢仅发育到 III 期, 而 IV 期和 V 期仅各占 10%, 这些处于 III 期的 1 龄鱼势必推迟到 6 月末至 7 月初才能产卵。海上调查表明, 7 月份仍有一定数量蓝点马鲛鱼卵出现, 并形成小高峰。可见性成熟提前使蓝点马鲛产卵期相应延长。

3.4 繁殖生物学与渔业管理的关系

由黄渤海蓝点马鲛繁殖生物学研究结果可见, 蓝点马鲛性成熟明显提前, 产卵期相应延长, 产卵群体组成趋于不稳定, 目前资源已经捕捞过度。而其资源所受的捕捞强度正在逐年增大, 势必使这一宝贵的渔业资源更趋衰退。当务之急, 应尽快制定黄渤海蓝点马鲛渔业管理法规, 以保护其渔业资源。

参 考 文 献

- 王歧佐等, 1989, 齐鲁渔业, 20: 14—17。
韦晟, 1991, 齐鲁渔业, 35: 17—19。
邓景耀等著, 1991, 海洋渔业生物学, 农业出版社(北京), 357—412。
农业部水产局等编, 1990, 黄渤海区渔业资源区划, 农业出版社(北京), 213—237。
沙学绅等, 1966, 海洋与湖沼, 8(1): 1—12。
邱盛尧等, 1992, 海洋渔业, 14(2): 61—63。
邱盛尧等, 1993, 水产学报, 17(1): 14—22。
堵南山, 1960, 无脊椎动物玻片标本制作法, 上海科技出版社(上海), 1—130。

STUDIES ON THE REPRODUCTIVE BIOLOGY OF *SCOMBEROMORUS NIPHONIUS* IN THE YELLOW SEA AND BOHAI SEA

Qiu Shengyao, Ye Maozhong

(Marine Fisheries Research Institute of Shandong Province, Yantai 264000)

Abstract This study of the reproductive biology of *Scomberomorus niphonius* is based on biologic test, microscopic examination of organic tissues, and biostatistics of 19 096 samples collected from 1960 to 1993 in the Bohai Sea, Yellow Sea and Northern East China Sea.

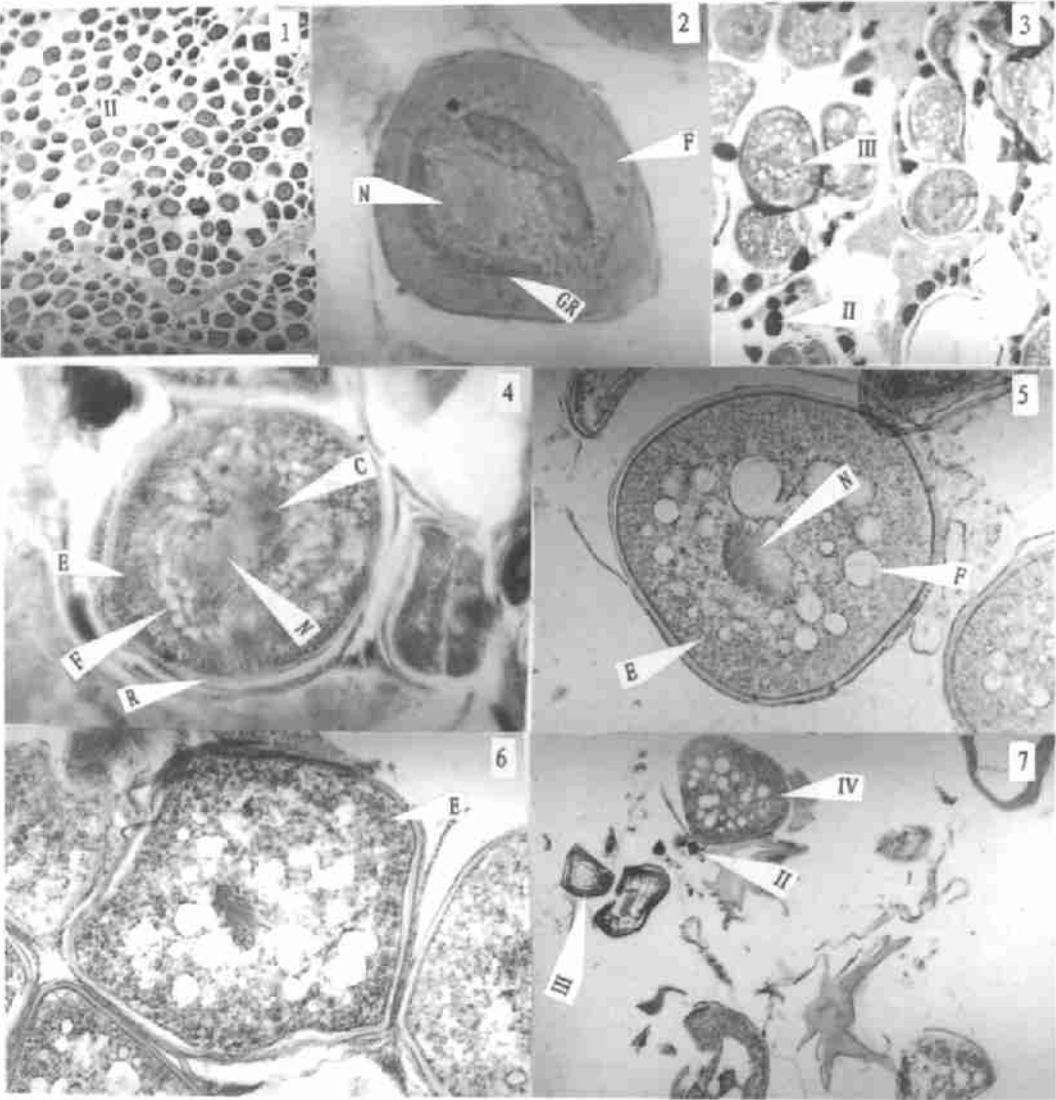
The ovarian condition is divided into 6 maturation stages according to the morphologic character of the ovary, gonadosomatic index (GSI), ova diameter (OD), and ova structure. In the 1st stage, the OD is 0.005—0.014mm. The sex cannot be distinguished by the eyes. In the 2nd stage, the GSI is 2.9×10^{-3} — 10.2×10^{-3} , OD is 0.007—0.490mm, but the ova can be hardly seen by the eyes. In the 3rd stage, there can be seen blood vessel and ova on the surface of the ovary. GSI is in 15.2×10^{-3} — 81.9×10^{-3} , OD is 0.175—0.950mm. In the 4th stage, there can be easily seen with the eyes the big of little ova on the surface of ovary. The GSI is 78.0×10^{-3} — 230.0×10^{-3} , OD is 0.300—1.475mm. In the 5th stage, there can be seen many matured ova in the ovary. The GSI is 117.2×10^{-3} — 393.2×10^{-3} , OD is 0.315—2.030mm. In the 6th stage, there are no big ova in the ovary. The ovary color is changed to the redness of the skin. The GSI is 51.4×10^{-3} — 89.3×10^{-3} , OD is 0.350—1.250mm.

The yearly gonadic is divided into 4 phases, i.e. development from March to April, maturation from May to June, spawning from July to August, and convalescence from September to February of the next year. The spawning period is from May to July and the peak period is from middle of May to middle of June. The spawning period in the north is later than that in the south.

The matured age is moved up because of increasing fishing effort, and is 2 years old after, and one year old before, the 70's. The minimum matured fork length and body weight are 395mm and 495g for females and 360mm and 355g for males.

The sex ratio is 50.2:49.8. Female are more than males among 3 years old individuals and during the spawning period, and males are more than females among 2 years old individuals and during the wintering period.

Key words *Scomberomorus niphonius* Reproductive biology Yellow Sea and Bohai Sea



图版 I 蓝点马鲛各成熟期卵巢切片及相应时相卵内结构

Plate I The ovary organic tissues of *Scomberomorus niphonius* at different maturity stages and structure of its ova

1. II期卵巢, ×150; II.第II时相卵母细胞, 2.第II时相卵母细胞, ×960; N. 细胞核, GR. 生长环, F. 滤泡细胞。3. III期卵巢, ×150; III.第III时相卵母细胞。4.第III时相卵母细胞, ×600; R. 放射带, E. 卵黄, C. 染色体。
5. IV期卵巢的第IV时相卵母细胞, ×300。6. V期卵巢的第V时相卵母细胞, ×240。7. VI—IV期卵巢, ×93。