

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.00290

黄鲛鰈繁殖生物学研究

张学健^{1,2}, 程家骅¹, 沈伟¹, 刘尊雷¹, 袁兴伟¹

1. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090;

2. 国家海洋局 第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012

摘要: 以 2008 年 9 月至 2009 年 7 月在黄海南部捕获的 644 尾黄鲛鰈 (*Lophius litulon*) 为对象, 对该种鱼的繁殖生物学进行了研究。结果表明, 所采样本性比接近于 1:1 ($\chi^2=2.61$, $P>0.05$); 但全长在 251~400 mm 范围时, 雄性个体数量远超过雌性 ($P<0.01$); 全长在 450~550 mm 范围时, 雌性个体数量多于雄性 ($P<0.01$); 全长大于 550 mm 范围时, 个体均为雌性; 冬季, 雄性个体数量占绝对优势 ($P<0.01$)。利用逻辑斯蒂拟合方程估算的黄鲛鰈 50% 个体初次性成熟全长 L_{50} , 雄性为 332 mm, 雌性为 483 mm。通过对性腺指数的月变化和不同卵巢发育阶段雌性个体所占比例的分析, 初步推测黄鲛鰈产卵时期为 2–6 月份, 繁殖盛期为 3–4 月份; 其绝对繁殖力为 (614 820±253 800) 粒, 相对繁殖力为 (244±43) 粒/g。黄鲛鰈不同性腺发育阶段的肝脏指数存在显著变化, 雌性, $F=9.97$ 、 $P<0.01$; 雄性, $F=4.48$ 、 $P<0.01$, 肝脏在该鱼种卵巢发育过程中可能起到了能量供给作用。鲛鰈类资源对捕捞的承受压力极其脆弱, 50% 个体初次性成熟全长可作为其资源管理的基础生物学指标。本研究旨在为黄鲛鰈的种群数量变动研究和渔业管理提供基础资料。[中国水产科学, 2011, 18(2): 290–298]

关键词: 黄鲛鰈; 黄海南部; 繁殖; 性腺指数; 性比; 肝脏指数

中图分类号: S931.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)02-0290-09

黄鲛鰈 (*Lophius litulon*) 系鲛鰈目 (Lophiiformes), 鲛鰈科 (Lophiidae), 黄鲛鰈属, 为底栖性鱼类, 主要分布于中国、日本和韩国毗邻的西北太平洋海域, 在中国主要见于黄海、渤海和东海海域^[1]。20 世纪 80 年代以来, 由于捕捞过度, 中国传统经济鱼类资源衰退, 个体小型化、低龄化日趋明显, 渔获质量不断下降, 渔业资源利用结构发生了变化^[2]。据渔业监测, 近年来东海区黄鲛鰈数量呈现出增加势头, 年产量曾达 1.2×10^4 t, 在帆式张网渔获物组成中成为仅次于带鱼 (*Trichiurus japonicus*)、小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*) 的底层主要经济鱼类^[3]。目前, 该鱼种主要为东海区帆式张网和拖网渔业所利用, 其渔业价值逐渐

显现, 现已成为江苏和浙江两省水产品出口的主要种类之一。由于黄鲛鰈并非传统渔业捕捞对象, 因此针对其进行的专题研究相对较少。据文献检索, 近年来仅林龙山等^[3]对该鱼种在东海区的洄游分布和资源量状况进行过初步研究, 此外尚有少量关于其分子生物学和寄生虫学等方面的零星报道^[4-5], 而有关黄鲛鰈繁殖生物学的系统性研究尚未见报道。鉴于此, 本研究以 2008 年 9 月至 2009 年 7 月在黄海南部海域的帆式张网渔获样品为材料, 系统分析研究黄鲛鰈的性比、性成熟体长、繁殖力等繁殖生物学特征, 推测其繁殖季节, 旨在为该鱼种的种群数量变动研究和渔业管理提供基础资料。

收稿日期: 2010-03-01; 修订日期: 2010-07-01.

基金项目: 农业部东海区渔业资源动态监测调查资助项目(2008–2009).

作者简介: 张学健(1985–), 男, 硕士研究生, 主要从事渔业资源与生态研究. E-mail: zxjouc@126.com

通讯作者: 程家骅. E-mail: ziyuan@sh163.net

1 材料与方法

1.1 样本来源

样本随机取自于 2008 年 9 月至 2009 年 7 月间的东海区渔业资源监测调查渔获物, 取样区域为黄海南部(图 1), 取样方式分别为双拖网(190 尾)、帆张网(432 尾)和虾拖网(22 尾)3 种作业。

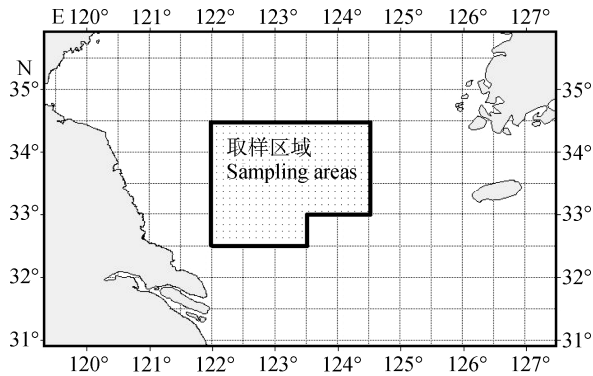


图 1 黄海南部黄鲛鰾取样区域
Fig. 1 Sampling areas of *Lophius litulon* in southern yellow Sea

1.2 材料处理和数据分析

将鱼类样本带回实验室进行常规生物学指标测定, 全长测量精确到 1.0 mm, 体质量精确到 1 g。鉴别雌雄, 并取出性腺和肝脏称重(精确度为 0.1 g)。由于 7 月份样品全部为当年生幼鱼, 未能对其进行性腺等体征的分析。计算其性腺指数(GSI)、肥满度指数(K)和肝脏指数(HSI), 公式如下:

$$GSI = \frac{GW}{NW} \times 100\% \tag{1}$$

$$K = \frac{NW}{TL^3} \times 10^5 \tag{2}$$

$$HSI = \frac{HW}{NW} \times 100\% \tag{3}$$

其中, GW 为性腺质量, NW 为纯体质量, TL

为全长(mm), HW 为肝脏质量。
以 20 mm 为间隔, 对 2008 年 12 月至 2009 年 7 月间采集到的性腺发育阶段为Ⅲ-Ⅵ期的样本进行分组, 统计每个体长组中性成熟个体比例, 利用逻辑斯蒂方程来估算 50%个体性成熟全长 L_{50} , 公式如下:

$$p(L_i) = (1 + \exp^{-(L_i - L_{50})/\delta})^{-1} \tag{4}$$

其中, $p(L_i)$ 为体长组 i 中鱼类性成熟的比例, L_i 为体长组 i 的中值, σ 为 50%个体性成熟全长 L_{50} 处的曲线斜率。

选取性腺发育为Ⅳ期的雌性个体进行繁殖力测定。取 1 g 卵巢于 5%福尔马林中固定, 计算卵粒数目 e , 然后用比例法推算出全卵巢中所含的卵粒数, 即绝对繁殖力 F , 计算相对繁殖力 F_L 。所用公式为

$$F = e \times GW \tag{5}$$

$$F_L = \frac{F}{NW} \tag{6}$$

式中, GW 为性腺质量, NW 为纯体质量。

利用Ⅳ期卵巢测量卵径, 每尾随机测量 400 粒以上, 在 Zeiss Discovery V20 体式显微镜下使用 1 倍目镜对卵粒进行观察拍照, 并利用 Axiovision Rel. 4.6 专业图像处理软件测量卵径。

2 结果与分析

2.1 性比

本研究共取得黄鲛鰾样本 644 尾, 其中雌性个体 271 尾, 雄性个体 311 尾, 未鉴定性别的幼鱼 62 尾, 雌雄比例为 0.87 : 1, 卡方检验结果表明雌雄个体比例符合 1 : 1 ($\chi^2=2.61, P>0.05$)。不同全长组黄鲛鰾性比如表 1 所示。

表 1 不同全长组黄鲛鰾的性比变化
Tab. 1 Sex ratio of yellow goosefish in different size classes

全长组/mm size class	数量 number			百分比/% percentage			χ^2	P
	总 total	雌 female	雄 male	总 total	雌 female	雄 male		
<200	88	48	40	15.12	8.25	6.87	0.5568	0.455552
201-250	109	69	40	18.73	11.86	6.87	7.1926	0.007320
251-300	106	35	71	18.21	6.01	12.20	11.5566	0.000675
301-350	123	37	86	21.13	6.36	14.78	18.7317	0.000015
351-400	59	16	43	10.14	2.75	7.39	11.4576	0.000712
401-450	41	16	25	7.04	2.75	4.30	1.5610	0.211519
451-500	23	18	5	3.95	3.09	0.86	6.2609	0.012343
501-550	15	14	1	2.58	2.41	0.17	9.6000	0.001946
>550	18	18	-	3.09	3.09	-		1.000000

当黄鲢鳊全长小于 200 mm 时,雌雄比例大致相当(表 1);在 201~250 mm 全长组中,雌性多于雄性($P<0.01$);在 251~400 mm 全长组中,雄性比例远高于雌性($P<0.01$);全长大于 450 mm 的个体,雌性占优势($P<0.05$);全长大于 550 mm 的个体全部为雌性。

黄鲢鳊一年中不同月份的性比有所不同。9~10 月的性腺发育早期,黄鲢鳊雌雄比例大致相当;11 月至翌年 1 月的性腺发育阶段,雌性个体比例迅速降低,雌雄比例最低至 0.23($P<0.01$);2 月的性腺发育完全成熟阶段,雌性比例上升;3 月产卵活动开始后性比一直维持在 1:1 左右(表 2)。

表 2 黄鲢鳊性比的月变化
Tab. 2 Sex ratio of yellow goosefish in different months

月份 month	全长均值/mm average length ($\bar{x} \pm SE$)		总 total	数量 number		总 total	百分比/% percentage		χ^2	P
	雌 female	雄 male		雌 female	雄 male		雌 female	雄 male		
9 月 Sept.	264±93	260±90	110	59	51	18.90	10.14	8.76	0.445	0.504528
10 月 Oct.	250±55	271±43	99	55	44	17.01	9.45	7.56	1.01	0.314903
11 月 Nov.	354±106	343±49	37	7	30	6.36	1.20	5.15	13.08	0.000298
12 月 Dec.	382±126	338±62	50	15	35	8.59	2.58	6.01	7.22	0.007210
1 月 Jan.	454±143	374±56	27	5	22	4.64	0.86	3.78	9.48	0.002077
2 月 Feb.	380±170	303±38	41	17	24	7.04	2.92	4.12	0.88	0.348202
3 月 March	314±97	305±60	60	31	29	10.31	5.33	4.98	0.02	0.887537
4 月 April	451±113	320±54	51	27	24	8.76	4.64	4.12	0.08	0.777297
5 月 May	448±115	331±44	54	29	25	9.28	4.98	4.30	0.17	0.680112
7 月 July	160±17	162±22	53	26	27	9.11	4.47	4.64	0.00	1.000000

2.2 初次性成熟全长

性腺发育达 III 期的个体中,雌性最小个体全长和体质量分别为 481 mm 和 2 236 g,性腺指数为 2.9%;雄性全长和体质量分别为 287 mm 和 428 g,性腺指数 1.7%。经拟合逻辑斯蒂方程(4),得出雌性 50%个体初次性成熟全长(L_{50})为 483 mm,雄性 50%个体初次性成熟全长(L_{50})为 332 mm(图 2)。

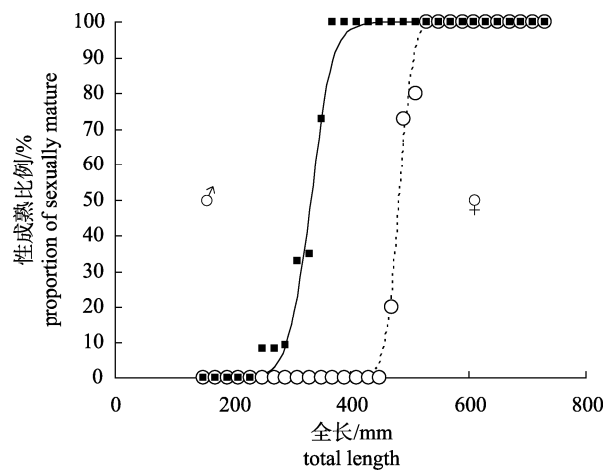


图 2 不同全长组黄鲢鳊性成熟个体所占的比例
Fig. 2 Proportion of sexually mature yellow goosefish in different size classes

对拟合结果进行 ARSS 分析,结果表明雌性个体和雄性个体的性成熟曲线存在显著差异($F=1542$; $df=2,578$; $P<0.01$)。

2.3 性腺发育

雄性,9 月性腺指数最低,仅(1.3±0.2)%,精巢全部为 II 期;10 月性腺指数开始升高,III 期个体的数量逐渐增多;12 月 IV 期个体大量出现,并有少量 V 期个体出现,两者之和约占样本总量的 53.8%;1 月,性腺指数达到最大值,为 (2.2±0.1)%。总体来看,11 月至翌年 4 月性腺指数均维持在较高水平,波动较小,至 5 月起性腺指数开始降低,仅为 (1.3±0.2)%。雌性,9~11 月为卵巢早期发育阶段,卵巢全部为 II 期个体,此阶段性腺指数在(1.4±0.8)%至(1.7±0.9)%之间;12 月开始 III 期个体大量出现,约占总样本量的 75%,并伴随少量 IV 期发育个体,性腺指数上升为(2.7±1.6)%;此后性腺指数迅速升高,至 2 月达到峰值,为(13.0±6.6)%,此时部分卵巢游离卵开始出现,具有典型的 V 期卵巢特征,为卵巢后期发育期,测定的卵巢均在 III 期以上,且以 III 期和 IV 期为主,约占 80%,并具有少量的 V 期个体;3 月起黄鲢鳊雌性以排卵和

排卵后的卵巢恢复个体(Ⅵ期和Ⅱ期)为主, 占45.8%, 且其比例逐月上升; 此后, 由于排卵后性腺退化吸收, 雌性性腺指数迅速降低, 至5月份迅速降至 $(6.3 \pm 0.5)\%$ (图3、图4), Ⅵ期和Ⅱ期个体

比例高达80%; 此外, 5月份的样本中Ⅳ期个体仍占有一定比例, 推测6月份仍有一小部分黄鲛鳔进行产卵活动。由此, 黄鲛鳔在黄海南部的产卵期应为2-6月份, 其产卵盛期为3-4月份。

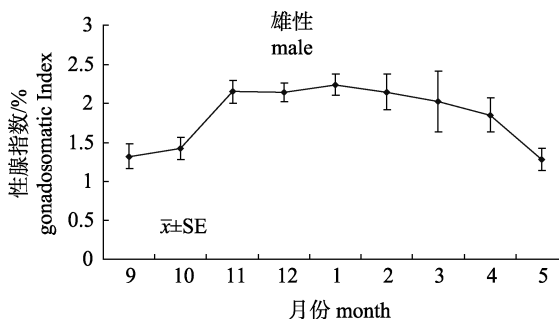
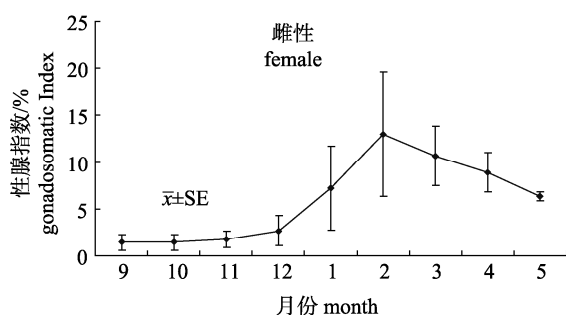


图3 繁殖季节黄鲛鳔性腺指数的月变化(只统计全长大于最小性成熟全长的样品)

Fig. 3 Monthly changes in the gonadosomatic index values of each sex (only specimens above L_{50} was included)

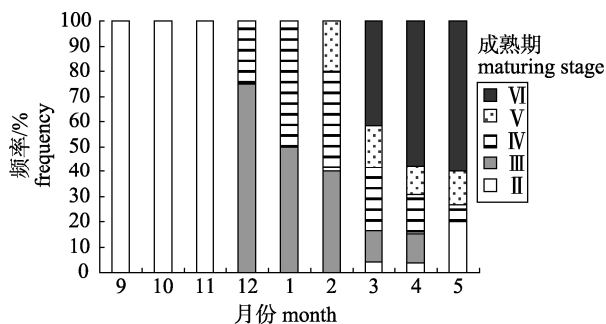


图4 黄鲛鳔卵巢各成熟期所占比例月份变化(只统计全长大于最小性成熟全长的样品)

Fig. 4 Monthly frequency of occurrence of ovaries at different maturity stages for mature female yellow goosefish (only specimens above L_{50} was included)

2.4 肥满度指数

黄鲛鳔雌、雄个体肥满度指数(K)月变化较为一致(图5)。最高值分别出现在9月和10月, 9-12月 K 值处于轻微波动状态; 此后 K 值迅速下降, 雌、雄个体分别在2月和3月降低至全年最低值, 随后又逐渐上升而转入初夏季节的次高峰。黄鲛鳔肥满度指数的变化趋势与性腺指数的变化趋势相反。因此, 根据黄鲛鳔产卵期基本停止摄食的习性, 一定程度上可将其肥满度指数用作推测黄鲛鳔繁殖季节的重要参考因子。

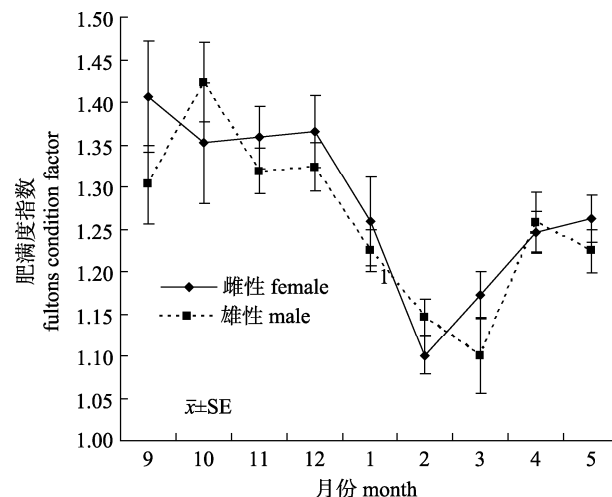


图5 黄鲛鳔肥满度月变化

Fig. 5 Monthly changes in the Fulton's Condition Factor values

2.5 肝脏指数

单因素方差分析结果表明, 不同性腺发育阶段的黄鲛鳔雌性和雄性个体肝脏指数存在着显著差异(雌性: $F=9.97$, $P<0.01$; 雄性: $F=4.48$, $P<0.01$) (图6)。总体来看, 雌性肝脏指数显著高于雄性(成对 t 检验, $t=2.854$, $P<0.05$), 其中, Ⅱ期个体的肝脏指数均为最低, 雌性和雄性分别为 $(3.84 \pm 0.27)\%$ 和 $(3.58 \pm 0.15)\%$; Ⅲ期个体肝脏指数均最高, 分别

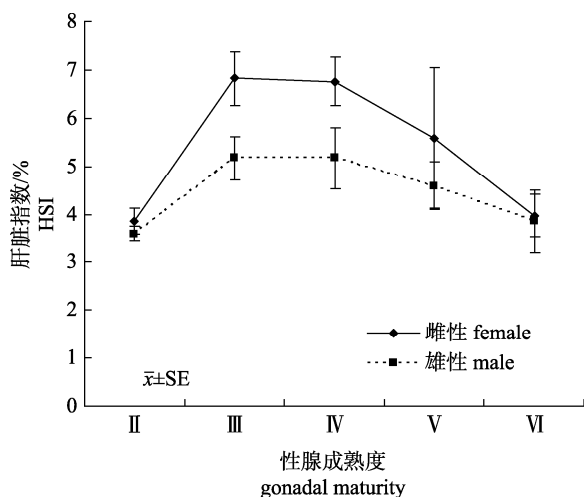


图 6 不同性腺成熟度黄鲛鰾肝脏指数的变化

Fig. 6 Changes in hepatosomatic indices of yellow goosefish in different gonadal stage

为 $(6.82 \pm 0.54)\%$ 和 $(5.17 \pm 0.45)\%$; 当黄鲛鰾性腺成熟度达到 V 期, 开始进行繁殖活动时, 其肝脏指数迅速降低, 至 VI 期时仅为 $(3.96 \pm 0.45)\%$ 和 $(3.85 \pm 0.65)\%$ 。

2.6 卵巢形态和繁殖力

黄鲛鰾的卵巢形态不同于通常鱼类, 呈扁平带状(图 7), 长度可达 2 m, 质量最多可达体质量的 50%, 主要由卵粒、卵巢组织和包围在卵粒外部的凝胶状物质 3 部分构成。本研究测定 13 尾性腺成熟个体发现, 其卵粒占卵巢重量的比例在 12.9%~33.5%。



图 7 黄鲛鰾 IV 期卵巢

性腺长 2 450 mm, 质量 1 237 g; 黄鲛鰾个体全长 711 mm, 质量 6 005 g

Fig. 7 Ovary in stage IV

The length of the ovary was 2 450 mm, and the weight was 1 237 g; total length of the specimens was 711 mm, and the weight was 6 005 g

选择黄鲛鰾性腺为 IV 期的个体, 观察测量其卵径。结果显示, 黄鲛鰾的卵径分布仅有 1 个峰值, 分布区间为 1~1.2 mm, 接近成熟的卵母细胞, 占全部卵数的 76%(图 8)。据此特征, 本研究初步推测黄鲛鰾的产卵类型为 1 年 1 次。

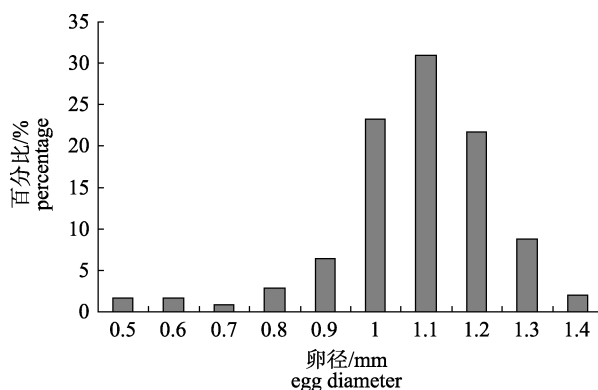


图 8 黄鲛鰾 IV 期卵巢的卵径分布

Fig. 8 Distribution of egg diameter in IV maturity stage ovary

选择 13 尾样本全长范围为 485~729 mm, 体质量范围为 1 980~7 544 g 的黄鲛鰾性成熟个体, 观察测定其繁殖力。结果显示, 黄鲛鰾绝对繁殖力为 341 780~1133 096 粒/尾, 平均值为 $(614 820 \pm 253 800)$ 粒/尾; 相对繁殖力为 167~319 粒/g, 平均值为 (244 ± 43) 粒/g。对测定数据分别采用多种函数进行拟合分析, 并选出最佳拟合回归方程。结果表明, 绝对繁殖力与体长呈幂函数关系, 与体质量呈线性关系。图 9 为绝对繁殖力与全长、体质量的关系。

3 讨论

3.1 性腺发育过程的相关生理表征

肝脏是鱼类营养储存、吸收和运输的器官, 肝细胞中能够合成卵黄前体物质卵黄蛋白原, 为卵母细胞发育与成熟提供物质基础^[6], 其肝脏指数依据鱼类性别和个体发育不同阶段而异。本研究结果表明, 黄鲛鰾性腺发育与肝脏变化有密切关系。在产卵之前的 III~IV 期, 雌性黄鲛鰾肝脏指数最高, 肝脏中的能量最大, 且此时肝脏的储能还没有向卵巢转移; 当卵巢发育至 V 期时, 黄

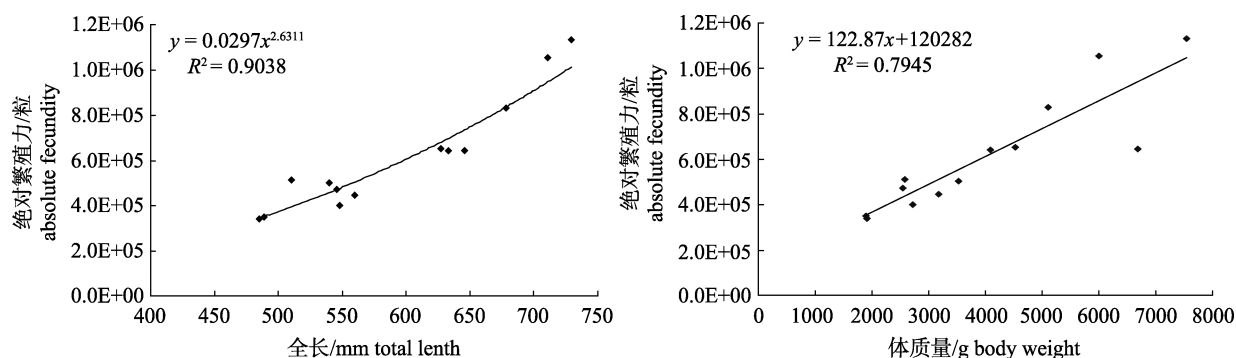


图 9 绝对繁殖力与全长、体质量的关系

Fig. 9 Relationship between absolute fecundity and total length and total weight

鲈的摄食量明显减少, 所以此阶段黄鲈的性腺发育营养来源主要依靠肝脏的营养转化, 因此肝脏指数明显下降。同样, 雄性肝脏指数也具有相似的变化趋势, 表明精巢的发育也是通过肝脏来提供能量。关于这一规律, 在虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)^[7]和野生鲇(*Silurus asotus*)^[8]的研究中已有类似结论。

鱼类肥满度是鱼体质量增减的一个量度, 常用作衡量鱼体丰满程度和水域饵料保障的季节变化指标, 其周期性变化在一定程度上可反映该鱼种的繁殖策略, 目前世界上已有许多研究者利用该指数来确证鱼类的繁殖季节^[9-10]。本研究结果表明, 在繁殖活动尚未开始的秋季, 黄鲈通过大量摄食积累营养, 此时其肥满度指数最高; 冬季, 黄鲈摄食活动减少, 性腺开始发育, 其体内营养物质一部分转向性腺发育, 一部分保障越冬期活动, 从而导致肥满度指数迅速降低; 春季, 随着摄食活动逐步恢复, 其肥满度指数又有所回升, 并为繁殖行为进一步补充与积累能量。

3.2 产卵期

在鱼类的整个生活史过程中, 无时不受环境因子的影响, 鱼类的性成熟和产卵时期, 对环境因子的要求更加严格^[11]。根据对黄鲈雌性个体 IV 期、V 期卵巢出现的时间及其持续时间、以及性腺指数的月份变化, 结合肥满度指数的月份变化, 本研究推测黄海南部黄鲈的产卵期为 2–6 月, 产卵盛期为 3–4 月。这一结论进一步佐证了陈大刚^[12]对黄渤海黄鲈产卵期为 4–5 月、万瑞

景和姜言伟^[13]对渤海黄鲈产卵期为 5 月中旬致 6 月下旬的认识, 同时也进一步旁证了春季随着水温由黄海南部向渤海的逐渐升高, 黄鲈产卵盛期也存在着时间上的滞后效应。与一次性产卵的黄渤海广布种小黄鱼一样, 这一规律也反映了温带海域主要底层鱼类生殖行为在时间和空间上对环境条件的响应过程。同样, 欧洲学者在研究黑腹鲈 (*Lophius budegassa*) 和白腹鲈 (*Lophius piscatorius*) 的产卵期时, 也发现了类似的结论。Duarte 等^[14]认为, 葡萄牙和西班牙海域黑腹鲈的产卵季节为 11 月至翌年 2 月, 而 Mesa 和 Rossi^[15]利用微耳石微结构研究了地中海黑腹鲈的早期生活史, 推测其产卵季节为 2–6 月。Laurenson 等^[16]研究了 1998 年至 2006 年间设得兰群岛海域的白腹鲈, 认为其产卵季节为 11 月至翌年 3 月, 而 Duarte 等^[14]认为, 葡萄牙和西班牙海域白腹鲈的产卵季节为 1–6 月。因此, 黄海南部与渤海的环境条件, 特别是水温因子在时间序列上的差异, 决定了黄鲈产卵期在空间分布格局上的细微差异。一般地, 春季同样的时间点上, 黄海南部海区水温要高于渤海水温^[17], 这种水温上的不同, 提前或延缓了鱼类性腺成熟和产卵时间^[18], 这就是本研究结果和前人黄渤海黄鲈产卵期研究结果存在细微差异的原因所在。

3.3 繁殖策略

与其他鲈属鱼类一样, 黄鲈有着独特的带状卵巢, 其产出的卵彼此黏着在一起, 形成级带状的卵囊漂浮在海面^[19]。关于鲈属鱼类为何

以卵带的形式产卵, Armstrong 等^[20]认为原因有 3 个。一是卵带状的产卵方式有利于鱼卵在海水表面的漂浮, 从而使得仔鱼能够在营养丰富的海表孵化; 二是缎带状卵周围的黏胶状物质可能具毒性, 可以有效减少捕食者的掠食, 保证胚胎孵化后 2~3 d 仍能留在缎带里, 以提高胚胎成活率; 三是当缎带状卵从雌鱼体内产出后, 大量吸收海水, 有利于海水中的精子进入卵带, 从而增加鱼卵受精几率。

关于黄鲛鰵的产卵类型。本研究结果表明, 性成熟卵巢中的黄鲛鰵卵径分布仅存在 1.0~1.2 mm 一个峰值(图 8), 其占有卵粒的比例高达 76%, 这与陈大刚等^[12]的研究结果相一致, 可初步推测黄鲛鰵为一次性产卵鱼类。但由于鱼类卵巢中发育成熟的卵子仍有被吸收的可能, 仅采用卵径频数法来确定鱼类的产卵类型有时往往难以奏效^[21]。因此, 为最终确认黄鲛鰵的产卵类型, 今后仍应继续在黄鲛鰵的卵巢组织切片观察方面进行相应的研究。此外, 本研究共测量了 13 尾雌性黄鲛鰵的卵径, 样本的稀少使得全长和体质量分布范围的确定有一定局限性, 不能从统计的角度全面地反映繁殖力与全长、体质量的关系, 因此在后续的调查中, 要特别注意采集性腺发育 IV 期的雌性个体, 以便对黄鲛鰵的繁殖力做更深入的研究。

关于黄鲛鰵性比指标在全长和时间上的响应。本研究发现, 一方面黄鲛鰵性比在全长上存在明显差异, 其中全长在 251~400 mm 的群体中以雄性居多, 这与 Duarte 等^[14]对白腹鲛鰵和黑腹鲛鰵的研究结论相似。另一方面, 黄鲛鰵性比在时间上存在明显差异, 特别是在 11 月至翌年 1 月, 雄性数量远多于雌性。究其原因, 这种现象可能是由黄鲛鰵特有的繁殖策略决定的。首先, 与很多鱼类一样, 黄鲛鰵雄性个体在生长至一定长度后, 其生长速率放缓; 而雌性为提高繁殖能力, 保证种群延续, 根据其卵巢和产卵方式特点, 需获得足够大的腹腔来容纳数量庞大的卵子。因此, 其繁殖策略之一是使雌性继续保持较高的生长速率, 全长远大于雄性。这种雌雄生殖群体间的个体差异是鲛鰵属鱼类共有的重要繁殖生物学特征之一^[14,16,22]。

其次, 由黄鲛鰵不同性别间巨大的 GSI 差异可知, 雌性繁殖活动需要更多能量。一般地, 全长较大的雌性个体, 其摄食能力和绝对摄食强度要远远大于雄性个体, 当雌性个体先于雄性获得足够的能量后, 通常会潜埋在海底泥沙中越冬, 难以为沿潮式捕捞的帆式张网渔具所捕获; 而雄性越冬、生殖前的能量积蓄过程往往滞后于雌性, 秋冬季间仍在海中觅食, 易被帆式张网捕获。这种雌雄个体索饵活动的差异性, 侧面也反映了优先保证足够雌性生殖群体是鲛鰵属鱼类种群延续繁殖策略的自然选择。

3.4 初次性成熟全长指标对渔业管理的指示作用

已有文献报道, 鲛鰵类资源对捕捞压力的耐受范围极其有限, 如巴西海域长鳍鲛鰵 (*Lophius gastrophysus*) 经过 5 年开发, 资源即告衰竭^[23]。本研究发现, 黄鲛鰵雌性 50% 个体初次性成熟全长 (L_{50}) 为 483 mm, 雄性 50% 个体初次性成熟全长 (L_{50}) 为 332 mm, 且拟合其性成熟曲线的逻辑斯蒂方程曲率很大(雌性: $\sigma=10.5$; 雄性: $\sigma=18$)。这一结果表明, 黄鲛鰵生殖群体一旦受到过度捕捞, 其资源极易遭到破坏。因此, 在当前黄鲛鰵被作为东海与黄海经济渔业资源对象利用的同时, 渔业管理部门必须高度重视黄鲛鰵种群这一繁殖生物学特性的指示作用, 并将其 50% 个体初次性成熟全长作为基础指标, 尽快制定黄鲛鰵的最小生物学可捕标准, 以及时保护该新兴资源, 避免重蹈东海与黄海其他底层资源快速衰退的先例。

参考文献:

- [1] 山田梅芳, 田川腾, 岸田周三, 等. 東シナ海. 黄海のさかな[M]. 长崎: 日本纸工印刷, 1986: 2-491.
- [2] 程家骅, 张秋华, 李圣法, 等. 东黄海渔业资源利用[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006: 23-36.
- [3] 林龙山, 郑元甲. 东海区黄鲛鰵资源状况的初步探讨[J]. 海洋渔业, 2005, 26(3): 179-183.
- [4] 姬广磊, 高天翔, 柳本卓. 黄海和日本海黄鲛鰵的形态和同工酶差异[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(3): 73-79.
- [5] 李亮, 徐真, 张路平. 黄海和渤海经济鱼类感染内弯宫脂线虫的调查[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2007, 25(5): 364-367.
- [6] 张士瑾, 孙旭彤, 李红岩. 卵黄蛋白原研究及其进展[J].

- 海洋科学, 2002, 26(7): 32–35.
- [7] 刘蔓, 张澜澜, 王琨, 等. 不同倍性雌性虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)性体指数与肝体指数的关系[J]. 渔业经济研究, 2008(2): 62–64.
- [8] 朱玲, 温海深, 毛玉泽. 野生鲑性腺发育及其与肝重指数关系的研究[J]. 水利渔业, 2002, 22(5): 6–27.
- [9] Yeldan H, Avsar D. A preliminary study on the reproduction of the rabbitfish (*Siganus rivulatus*) in the Northeastern Mediterranean [J]. Turk J Zool, 2000, 24: 173–182.
- [10] Iqbal K M, Suzuki H. Length-weight relationships and condition factor of the Japanese silver-biddy, *Gerres equulus*, in the Yatsushiro Sea, western Kyushu, Japan[J]. J Appl Ichthyol, 2009, 25: 219–222.
- [11] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993: 110–121.
- [12] 陈大刚. 渔业资源生物学[M]. 北京: 农业出版社, 1995: 84–85.
- [13] 万瑞景, 姜言伟. 渤、黄海硬骨鱼类鱼卵与仔稚鱼种类组成及其生物学特征[J]. 上海水产大学学报, 2000, 9(4): 290–297.
- [14] Duarte R, Azevedo M, Landa J, et al. Reproduction of anglerfish (*Lophius budegassa* and *Lophius piscatorius*) from the Atlantic Iberian coast [J]. Fish Res, 2001, 51: 349–361.
- [15] Mesa M L, Rossi F D. Early life history of the black anglerfish *Lophius budegassa* in the Mediterranean Sea using otolith microstructure[J]. Fish Res, 2008, 93: 234–239.
- [16] Laurenson C, Dobby H, Mclay H A. Biological aspects of the *Lophius piscatorius* catch in Scottish waters [Z]. ICES CM 2007/K: 06.
- [17] 苏纪兰, 袁业立. 中国近海水文[M]. 北京: 海洋出版社, 2005: 99–124.
- [18] Hoar W S, Randall D J, Donaldson E M. Fish Physiology: Volume IX reproduction(Part B: behavior and fertility control)[M]. London: Academic Press, 1983: 69–75.
- [19] 金显仕, 程济生, 邱盛尧, 等. 黄渤海渔业资源综合研究与评价[M]. 北京: 海洋出版社, 2006: 63–76.
- [20] Armstrong M P, Musick J A, Colvocoresses J A. Age, growth and reproduction of the goosetfish *Lophius americanus* (Pisces: Lophiiformes)[J]. Fish Bull, 1992, 90: 217–230.
- [21] 陈新军. 渔业资源与渔场学[M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 60–62.
- [22] 程家骅, 张学健. 鲛鰾属鱼类的渔业生物学与渔业的研究概况[J]. 中国水产科学, 2010, 17(1): 161–167.
- [23] Booth A J, Quinn T J. Maximum likelihood and Bayesian approaches to stock assessment when data are questionable [J]. Fish Res, 2006, 80: 169–181.

Reproductive biology of yellow goosefish *Lophius litulon*

ZHANG Xuejian^{1,2}, CHENG Jiahua¹, SHEN Wei¹, LIU Zunlei¹, YUAN Xingwei¹

1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shanghai 200090, China;

2. Second Institute of Oceanography, the Second Institute of Oceanography of State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China

Abstract: Yellow goosefish (*Lophius litulon*) is distributed in western Pacific, including East China Sea, Yellow Sea, Bohai Sea, Japan and Korean waters. In recent years, as traditional fishery resources recession being serious, yellow goosefish is playing a more and more important role in Chinese fisheries. Presently, it is mainly captured by movable stow net, with an average yearly catch of 1.2×10^4 t in Jiangsu and Zhejiang provinces. However, there were few studies on this species, especially on its reproduction biology.

The reproduction of yellow goosefish was studied from the data collected between September 2008 and July 2009 in Southern Yellow Sea. A total of 644 specimens were studied. The overall sex ratio was close to one ($\chi^2=2.61$, $P>0.05$), but male outnumbered female when its total length was in the range of 251–400 mm ($P<0.01$). Moreover, there were more male specimens in October, November and December than females ($P<0.01$). Females outnumbered males in size classes greater than 450 mm ($P<0.01$) and no male larger than 550 mm was found, which was thought to be caused by different growth rate of female and male specimens, while females grew faster than males. The total body length of 50% male and female individuals reaching sexual maturity (L_{50}) was estimated by logistic equation. The estimated mean total body length L_{50} was 332 mm for males and 483 mm for females, which indicated that the stock was vulnerable to overfishing. By analyzing the monthly changes in the values of the gonadosomatic index (GSI) and percentage of females in different gonadal stages, it was found that the reproduction of yellow goosefish took place during February and June, especially in March and April. The mean absolute fecundity and relative fecundity were found to be $614\,820 \pm 253\,800$ and 244 ± 43 , respectively. The absolute fecundity (F) was of apparent functional relation with total length (TL) and of linear functional relation with body weight (BW), and the expressions of the relations were $F=0.029\,7TL^{2.6511}$ ($R^2=0.903\,8$) and $F=122.87BW+120\,287$ ($R^2=0.794\,5$), respectively. The mean diameter of ripe gonadal eggs was 1.2 mm, which showed just one peak value, indicating this species was total spawners. Along with the development of gonad, hepatosomatic index (HSI) also changed apparently, which indicated that liver played an important role in the maturity process of yellow goosefish. The condition factor (K) changed apparently all through the year for females and males, which had the smallest value in February and March, respectively, corresponding to the highest GSI value. [Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(2): 290–298]

Key words: yellow goosefish; Southern Yellow Sea; reproduction; GSI; sex ratio; HIS

Corresponding author: CHENG Jiahua. E-mail: ziyuan@sh163.net