

东海中部日本鲭(*Scomber japonicus*)产卵 群体繁殖力特征*

李建生 胡 芬 严利平 张 辉

(中国水产科学研究院东海水产研究所 农业部东海与远洋渔业资源开发重点实验室 上海 200090)

摘要 利用 2010–2012 年春季在东海中部获得的日本鲭产卵群体样品的生物学及繁殖力测定数据,对其群体结构、性腺指数 GSI 和繁殖力特征进行了研究。结果显示,目前东海中部日本鲭产卵群体年龄结构由 1–5 龄组成,以 2–4 龄占优势。日本鲭的个体绝对繁殖力为 24770–734684 粒,平均为(145575±10067) 粒;纯体重相对繁殖力为 175–1404 grain/g,平均为(524±24) grain/g;叉长相对繁殖力为 102–2070 grain/mm,平均为(483±29) grain/mm。ANOVA 分析结果显示,不同叉长组间的性腺指数 GSI ($F=2.34, P<0.05$)、绝对繁殖力($F=8.57, P<0.01$)和叉长相对繁殖力($F=5.59, P<0.05$)均有显著性差异,但体重相对繁殖力差异不明显($F=2.03, P>0.05$)。多元逐步线性回归和非线性回归分析显示,绝对繁殖力与体高、肝重关系密切。为了应对高强度的捕捞压力,日本鲭主要采用降低性成熟年龄,减小最小性成熟叉长和卵径、增加繁殖力等策略来维持种群的延续。

关键词 东海;日本鲭;产卵群体;性腺指数;繁殖力

中图分类号 S932 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2014)06-0010-06

日本鲭(*Scomber japonicus*)为暖水性中上层鱼类,隶属鲭科、鲈属,广泛分布于西北太平洋沿岸海域,在中国及日本、朝鲜半岛等周边海域均有分布,主要由中国(包括台湾省)、日本、韩国和朝鲜等国家利用(农牧渔业部水产局和农牧渔业部东海区渔业指挥部,1987)。东海中部近海受浙江沿岸水、台湾暖流和东海外海暖水等海流水团的共同影响,浮游生物丰富,是众多游泳生物的产卵场和索饵场,也是多种捕捞网具作业的良好渔场(郑元甲等,2003)。20 世纪 70 年代,通过对鱼卵、仔鱼的调查,发现东海中部的温台和鱼山渔场是日本鲭的主要产卵场(农牧渔业部水产局和农牧渔业部东海区渔业指挥部,1987)。该海域的日本鲭产卵群体属于东海群系(或称东海西部种群)(郑元甲等,2003;张秋华等,2007)。该群系日本鲭生长速度较快、个体偏大,通常 2 龄性成熟(日本水产厅西海区水产研究所,2001);每年 3–5 月,主要在东海中部近海,由南向北,边洄游、边产卵。此时,中

国大型围网、群众小型灯光围网、灯光敷网和拖网等在该海域捕捞其产卵群体(农牧渔业部水产局和农牧渔业部东海区渔业指挥部,1987;郑元甲等,2003)。

进入 21 世纪,东、黄海近海底层鱼类资源仍然严重衰退(陈云龙等,2013),而作为中上层鱼类主要种类的日本鲭,虽然群体的年龄组成较简单,但资源量较大,仍能够形成较为稳定的渔业产量(李建生等,2010;严利平等,2010;郑元甲等,2014)。20 世纪 50 年代以来,中国学者针对东海群系的日本鲭已经开展了大量的研究工作,主要集中在种群和洄游(邓景耀,1991;严利平等,2012)、年龄与生长(程家骅等,2004;刘勇等,2005、2006)、生殖和摄食习性(农牧渔业部水产局和农牧渔业部东海区渔业指挥部,1987;颜尤明,1997;郑元甲等,2003)、资源量评估(陈卫忠等,1998;王凯等,2007;严利平等,2010;周永东等,2011)等方面,但专门进行其繁殖力特征的研究相对较少。近年来,国外学者主要对东海日本鲭种群的波动(Hiyama *et al*,

* 国家公益性行业(农业)科研专项经费项目(201303047)资助。李建生, E-mail: jianshengli@sina.com

收稿日期: 2014-03-22, 收修改稿日期: 2014-05-26

2002)、产卵场(Yukami *et al*, 2009)和性成熟年龄的变化(Watanabe *et al*, 2006)进行了研究, 并利用人工养殖的日本鲭来研究其繁殖参数(Shiraishi *et al*, 2005)、性腺发育特征和性别变化(Kobayashi *et al*, 2011)。针对当前东海群系日本鲭的资源现状, 为了解其补充机制及高强度捕捞和环境胁迫压力下的繁殖策略, 本研究利用 2010–2012 年连续 3 年春季在东海中部对日本鲭进行的取样数据, 对其群体结构组成、性腺指数和繁殖力等进行了研究。日本鲭的生命周期短、繁殖力强、生长速度快, 资源的补充受环境因子制约较明显(农牧渔业部水产局和农牧渔业部东海区渔业指挥部, 1987; 郑元甲等, 2003), 因此, 通过对日本鲭产卵群体相关繁殖生物学特征进行研究, 可以了解日本鲭的资源补充和变化的规律, 并且对于进一步准确估算其资源量、制定最佳可捕标准和相关的保护措施等都具有现实意义, 在此基础上可以为海洋中上层鱼类管理政策的制定提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源

日本鲭样品的采样时间为 2010–2012 年的 3–4 月, 其中 2010 年获取样品 100 尾, 对 17 尾性腺为 IV–V 期的雌鱼进行繁殖力计数; 2011 年获取样品 127 尾, 对 31 尾性腺为 IV–V 期的雌鱼进行繁殖力计数; 2012 年获取样品 319 尾, 对 54 尾性腺为 IV–V 期的雌鱼进行繁殖力计数。2010 年采样地点为鱼山渔场, 2011 年和 2012 年采样地点为温台渔场。样品是在群众大型灯光围网捕捞船上取样、冷冻保存, 带回实验室进行生物学测定。本研究主要基于上述 102 尾雌鱼样本(合计 IV 期个体 42 尾, V 期个体 60 尾)的数据对该海域日本鲭繁殖力特征进行研究。

1.2 测定方法和标准

测定项目包括叉长(L)、肛长(AL)、体重(W)、纯体重(NW)、肝重(HW)、性别、性腺成熟度、性腺重(GW)、怀卵量(F)、摄食强度; 并对部分样品用游标卡尺精确测量了头长、眼径、体高、体宽等指标。性

别、性腺成熟度和摄食强度采用肉眼观测, 根据海洋调查规范(中华人民共和国质量监督检验检疫总局和中国国家标准化委员会, 2007)的标准进行性腺成熟期和摄食强度等级鉴定。

对雌鱼性腺成熟度为 IV–V 期的个体进行怀卵量计数, 首先在卵巢中取 0.2–0.5 g (前、中、后部卵粒混合)性腺组织, 用精度为 0.001 g 的电子秤称量, 然后用 10% 的福尔马林溶液固定; 卵粒计数时, 先将性腺样品去除卵膜, 把卵粒均匀分散开, 然后在 Zeiss Discovery V20 体式显微镜下使用 10 倍目镜对卵粒进行观察拍照, 在电脑上计数, 最后换算出个体怀卵量, 即绝对繁殖力。

1.3 计算公式

本研究的性腺指数(GSI)、叉长相对繁殖力(r/L)和体重相对繁殖力(r/W)的计算公式如下:

$$GSI (\%) = (\text{性腺重} / \text{纯体重}) \times 100 \quad (1)$$

$$r/L (\text{grain}/\text{mm}) = \text{绝对繁殖力} / \text{叉长} \quad (2)$$

$$r/W (\text{grain}/\text{g}) = \text{绝对繁殖力} / \text{纯体重} \quad (3)$$

其中, 长度单位精确到 1 mm, 重量单位精确到 0.1 g。

利用统计软件 SPSS 18.0 进行数据检验和回归分析, 对统计数据再利用 Microsoft Office Excel 进行图件的绘制。

2 结果

2.1 产卵群体生物学特征

东海中部日本鲭产卵群体的叉长、体重、纯体重、性腺重等生物学特征如表 1 所示。经回归拟合, 日本鲭产卵群体叉长与体重、叉长与纯体重均符合幂函数关系, 其关系式分别为: $W = 1.013 \times 10^{-5} L^{3.029}$ ($n=102$, $R^2=0.846$); $NW = 0.905 \times 10^{-5} L^{3.021}$ ($n=102$, $R^2=0.894$); 而体重与纯体重之间符合线性相关关系, 其关系式为: $W = 0.820NW + 9.966$ ($n=102$, $R^2=0.981$)。

2.2 性腺和性腺指数 GSI

东海中部日本鲭卵巢重量见表 1。其中, 性腺发育为 IV 期个体的卵巢重量为 4.16–21.80 g, 平均为

表 1 东海中部日本鲭产卵群体生物学特征

Tab.1 The biological characteristics of *S. japonicus* spawning stocks in the central East China Sea

项目 Items	范围 Range	平均值 Average	优势组 Dominant group
叉长 Fork length(mm)	243–369	293.54±2.80	260–330(80.39%)
体重 Body weight(g)	157.0–654.6	312.64±10.03	离散 Dispersed
纯体重 Net body weight(g)	137.9–523.4	266.30±8.30	离散 Dispersed
性腺重 Gonad weight(g)	4.2–99.6	22.42±1.43	10–35(85.29%)

(12.42±0.63) g; 性腺发育为V期个体的卵巢重量为9.59–99.60 g, 平均为(29.43±1.94) g。性腺指数 *GSI* 为2.94–19.03, 平均为8.05±0.31。中性腺发育为IV期个体的 *GSI* 为2.94–9.25, 平均为5.81±0.25; 性腺发育为V期个体的 *GSI* 为4.15–19.03, 平均为9.61±0.40。从平均 *GSI* 随叉长变化来看, 301–320 mm 叉长组的平均 *GSI* 最大, 360 mm 以上叉长组次之, 241–260 mm 叉长组最小。叉长组从241–260 mm 到301–320 mm, 平均 *GSI* 表现出快速增加的趋势; 叉长组321–340 mm, 平均 *GSI* 反而大幅下降; 360 mm 以上叉长, 平均 *GSI* 又表现出增加趋势(图1)。ANOVA 分析结果显示, 不同叉长组间的 *GSI* 有显著性差异($F=2.34$, $P=0.047 < 0.05$)。

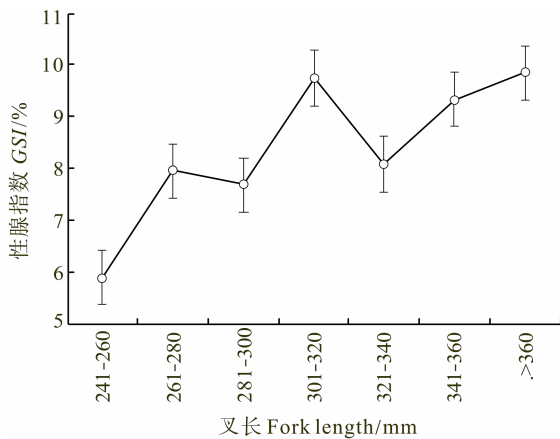


图1 东海中部日本鲭产卵群体 *GSI* 随叉长组的变化
Fig.1 The variation of *GSI* with fork length group of *S. japonicus* spawning stocks in the central East China Sea

2.3 繁殖力

样品计数范围内, 日本鲭个体绝对繁殖力为24770–734684粒, 平均为(145575±10067)粒。其中, 性腺为IV期个体的绝对繁殖力为24770–161890粒, 平均为(88824±5896)粒; 性腺为V期个体的绝对繁殖力为56630–734684粒, 平均为(185301±111516)粒。随着叉长组从241–260 mm 组增大到321–340 mm 组, 绝对繁殖力也从61908粒增加到301763粒, 表现出增加的趋势, 但叉长增大至360 mm 以上, 绝对繁殖力则略有下降(图2)。ANOVA 分析结果显示, 不同叉长组间的绝对繁殖力有极显著性差异($F=8.57$, $P < 0.01$)。

体重相对繁殖力为175–1404 grain/g, 平均为(524±24) grain/g。其中, 性腺为IV期个体的体重相对繁殖力为175–781 grain/g, 平均为(413±25) grain/g; 性腺为V期个体的体重相对繁殖力为187–1404 grain/g,

平均为(602±33) grain/g。体重相对繁殖力随叉长组的变化为: 341–360 mm 最大, 301–320 mm 次之, 241–260 mm 最小(图3)。ANOVA 分析结果显示, 不同叉长组间的体重相对繁殖力差异不明显($F=2.03$, $P=0.081 > 0.05$)。

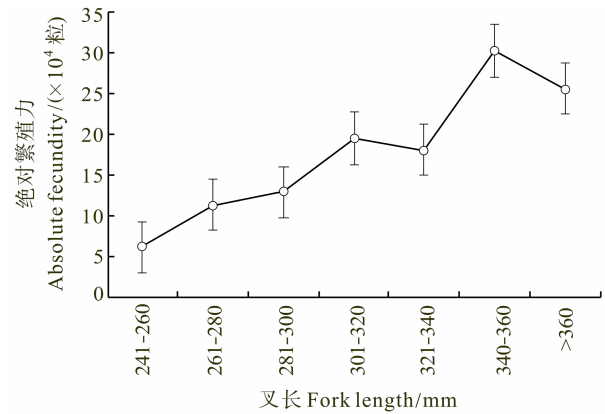


图2 东海中部日本鲭绝对繁殖力随叉长组的变化
Fig.2 The variation of the absolute fecundity with fork length group of *S. japonicus* spawning stocks in the central East China Sea

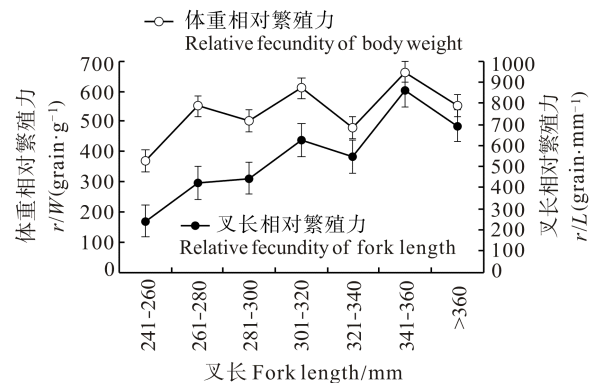


图3 东海中部日本鲭相对繁殖力随叉长组的变化
Fig.3 The variation of the relative fecundity with fork length group of *S. japonicus* spawning stocks in the central East China Sea

叉长相对繁殖力为102–2070 grain/mm, 平均为(483±29) grain/mm。其中, 性腺为IV期个体的叉长相对繁殖力为102–588 grain/mm, 平均为(320±17) grain/mm; 性腺为V期个体的叉长相对繁殖力为192–2070 grain/mm, 平均为(598±42) grain/mm。叉长相对繁殖力随叉长组的变化为: 341–360 mm 最大, 大于360 mm 次之, 241–260 mm 最小。随着叉长组从241–260 mm 增大到301–320 mm, 叉长相对繁殖力逐渐增大; 321–340 mm 略有下降; 341–360 mm 达到最大(图3)。ANOVA 分析结果显示, 不同叉长组间的叉长相对繁殖力有显著性差异($F=5.59$, $P < 0.05$)。

2.4 繁殖力与体征的关系

一般来说, 鱼类的繁殖力与体长呈幂相关, 而与体重呈直线相关。经拟合回归, 东海中部日本鲭的绝对繁殖力(F)与叉长(L)和纯体重的(NW)关系分别为: $F=1.447 \times 10^{-4} L^{3.617}$ ($n=102, R^2=0.345$); $F=635.68NW-28690$ ($n=102, R^2=0.317$)。

通过对 48 尾日本绝对对鲭繁殖力与叉长、肛长、头长、眼径、体高、体宽 6 个长度指标进行多元逐步线性回归分析, 发现模型排除叉长、肛长、头长、眼径、体宽 5 个变量。因此绝对繁殖力(F)仅与体高(BH)呈线性相关, 其关系式为: $F=10757.76BH-439759$ ($n=48, R=0.739$)。相关鱼类繁殖力与肝重的关系研究结果显示, 随着肝重的增加, 繁殖力也相应的增加, 且逐渐趋向于某一渐近线(凌建忠等, 2004)。对日本鲭绝对繁殖力(F)与肝重(HW)数据利用 SPSS 统计软件进行非线性回归分析, 模型参数的初值均设为 0.001, 然后经 999 次迭代运算, 最后得到它们的关系式为: $F=HW(-1.664 \times 10^{-6} HW+4.042 \times 10^{-5})$, $n=48, R^2=0.629, P<0.001$ 。

3 讨论

3.1 东海中部日本鲭产卵群体组成结构分析

东海中部日本鲭产卵群体属于东海群系。20 世纪 80 年代初期, 该海域日本鲭产卵群体的叉长为 260–370 mm, 310–340 mm 为优势组; 年龄结构由 2–5 龄组成, 3–4 龄占优势(农牧渔业部水产局和农牧渔业部东海区渔业指挥部, 1987)。本研究表明, 目前该海域日本鲭产卵群体叉长范围上限不变, 但下限变小, 小个体有所增加; 根据叉长转换成年龄(日本水产厅西海区水产研究所, 2001)组成分析, 年龄结构由 1–5 龄组成, 以 2–4 龄占优势。与历史研究结果相比, 目前东海中部日本鲭产卵群体有部分 1 龄鱼加入。本研究结果表明, 目前该海域日本鲭雌鱼最小性成熟叉长为 243 mm, 与 20 世纪 80 年代(农牧渔业部水产局和农牧渔业部东海区渔业指挥部, 1987)相比下降了 17 mm。据统计, 20 世纪 80 年代, 东海区鲑鱼类(以日本鲭为主)的平均年产量为 10.59×10^4 t; 进入 21 世纪, 鲑鱼类的年产量呈波动中上升的趋势, 2001–2012 年平均年产量为 25.60×10^4 t, 近 3 年的产量保持在 30×10^4 t 以上(农业部渔业局, 2013)。20 世纪 80 年代, 东海区主捕日本鲭的国有有机轮围网渔船最多时曾达 28 组, 而福建省和浙江省的群众灯光围网合计达 600 余艘(张秋华等, 2007); 进入 21 世纪, 虽然国有有机轮围网大幅萎缩, 但由于群众围网迅速增加, 以捕捞中上层

鱼类为主的渔船数和功率数均达到了较高的水平(郑元甲等, 2014), 2003–2011 年东海区围网渔业平均渔船数和平均功率分别为 1433 艘和 18.08×10^4 kW。由以上分析可以看出, 为了应对高强度的捕捞压力, 日本鲭采用了降低性成熟年龄, 减小最小性成熟叉长等策略来维持种群的延续。

3.2 东海中部日本鲭 GSI 和繁殖力特征

从海域来看, 东海中部日本鲭产卵群体的平均 GSI 高于台湾海峡中部(李建生等, 2014a)而低于黄海北部(李建生等, 2014b)。这种变化的原因可能和不同海域日本鲭的地理种群结构有关, 台湾海峡日本鲭的生长速度比东、黄海的慢, 黄海北部日本鲭的产卵群体明显大于其他两个海域。不同海域日本鲭 GSI 的变化导致了其繁殖力的差异, 二者的变化趋势是一致的。本研究中, 日本鲭的绝对繁殖力和叉长相对繁殖力都表现出: 当叉长小于 360 mm 时, 随着叉长的增大而增加, 这可能是由于年龄组的变化引起的; 当年龄增大到一定程度时, 则表现出下降的趋势。2012 年的样本测定结果表明, 日本鲭的卵径为 0.27–1.22 mm, 平均为 0.86 mm, 优势卵径为 0.7–1.1 mm。与 20 世纪 80 年代(汪伟洋等, 1983; 颜尤明, 1997)相比, 目前的平均卵径明显减小, 而绝对繁殖力(性腺发育为 V 期)呈上升趋势。这说明日本鲭通过减小卵径、增加繁殖力的繁殖策略来应对外界的捕捞压力和环境胁迫来保证种群的延续。日本鲭的体高和肝重与繁殖力关系较为密切。这可能是由于体高越高其腹腔越大, 通过局部特征的扩大能够增加腹腔的容量, 这样就能够容纳数量更多的卵子(殷名称, 2000); 而肝脏是鱼类营养储存、吸收和运输的器官, 肝细胞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(张士瑾等, 2002)。

从不同性腺发育阶段来看, 东海中部日本鲭产卵群体的性腺重量、GSI 和繁殖力均表现为性腺发育为 V 期的个体明显大于 IV 期的个体。这可能是由于 IV 期个体的卵还没有完全发育成熟, 表现为卵径相对较小, 卵巢的重量较小, 部分卵粒发育较晚, 造成了部分发育较晚的卵粒在计数时被忽略, 因此导致 IV 期个体的繁殖力计数结果小于 V 期个体。所以, 在繁殖力计数时最好采用性腺发育达 V 期的个体更为准确。

3.3 基于繁殖特征的东海中部日本鲭保护措施

每年 3–5 月, 东海群系日本鲭性腺发育成熟, 并随水温回升, 暖流势力增强, 进入闽东、浙江近海产卵, 产卵盛期为 3–4 月, 在闽东、浙江中南部附近海

域出现产卵群体;当年4-5月出生的幼鱼,主要分布在浙江省的温台沿岸及岛屿周围海域索饵成长(农牧渔业部水产局和农牧渔业部东海区渔业指挥部,1987;郑元甲等,2003)。因此,东海中部近海同时成为日本鲭的成鱼产卵场和幼鱼索饵场。研究表明,目前该海域日本鲭的最小性成熟年龄为1龄,没有继续提升的空间,卵径与历史研究结果相比也有所减小。因此,面对东海区高强度的捕捞压力,日本鲭自身的调控机制进一步发挥作用的可能性已经不大。但是,日本鲭作为主要的中上层鱼类,个体繁殖力巨大,生长速度较快,通过保护产卵亲鱼能够更加有效地激发其资源潜力。为了保证这一种群的延续并达到可持续利用,渔业管理部门有必要考虑于日本鲭产卵期在温台近海设立亲鱼资源保护区和特别休渔期。该海域同时也是鳀(*Engraulis japonicus*)、蓝圆鲹(*Decapterus maruadsi*)、竹筴鱼(*Trachurus japonicus*)等中上层鱼类的产卵场和索饵场(农牧渔业部水产局和农牧渔业部东海区渔业指挥部,1987),设立保护区和特别休渔期不仅可以保护日本鲭,同时也可以保护其他中上层鱼类的产卵群体和幼鱼。

参 考 文 献

- 中华人民共和国质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会. 海洋调查规范(GB/T12763.6-2007). 北京: 中国标准出版社, 2007
- 日本水产厅西海区水产研究所. 东海、黄海主要水产资源的生物、生态特性. 日本长崎: 日本纸工印刷, 2001, 438-448
- 邓景耀, 赵传纲. 海洋渔业生物学. 北京: 农业出版社, 1991, 413-452
- 王凯, 严利平, 程家骅, 等. 东海鲈鱼资源合理利用的研究. 海洋渔业, 2007, 29(4): 337-343
- 农牧渔业部水产局和农牧渔业部东海区渔业指挥部. 东海区渔业资源调查和区划. 上海: 华东师范大学出版社, 1987, 392-400
- 农业部渔业局. 2013中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2013
- 刘勇, 严利平, 胡芬, 等. 东海北部和黄海南部鲈鱼年龄和生长的研究. 海洋渔业, 2005, 27(2): 133-138
- 刘勇, 严利平, 程家骅. 东海北部和黄海南部鲈鱼生长特性及合理利用. 中国水产科学, 2006, 13(5): 814-822
- 李建生, 严利平, 凌建忠, 等. 2009年东黄海机轮围网渔业监测动态分析. 现代渔业信息, 2010, 25(8): 3-5
- 李建生, 胡芬, 严利平. 台湾海峡中部日本鲭产卵群体生物学特征的初步研究. 应用海洋学学报, 2014a, 33(2): 198-203
- 李建生, 严利平, 胡芬. 黄海北部日本鲭繁殖群体生物学特征的年代际变化. 中国水产科学, 2014b, 21(3): 567-573
- 张秋华, 程家骅, 徐汉祥, 等. 东海区渔业资源及其可持续利用. 上海: 复旦大学出版社, 2007, 212-218
- 张士瑾, 孙旭彤, 李红岩. 卵黄蛋白原研究及其进展. 海洋科学, 2002, 26(7): 32-35
- 严利平, 李建生, 凌建忠, 等. 应用体长结构VPA评估东海西部日本鲭种群资源量. 渔业科学进展, 2010, 31(2): 16-22
- 严利平, 张辉, 李圣法, 等. 东、黄海日本鲭种群鉴定和划分的研究进展. 海洋渔业, 2012, 34(2): 217-221
- 汪伟洋, 卢振彬, 颜尤明, 等. 闽中、闽东渔场春汛鲈鱼的生物学特性. 海洋渔业, 1983, 5(2): 51-55
- 陈卫忠, 胡芬, 严利平. 用实际种群分析法评估东海鲈鱼现存资源量. 水产学报, 1998, 22(4): 334-339
- 陈云龙, 单秀娟, 戴芳群, 等. 东海近海带鱼群体相对资源密度、空间分布及其产卵群体的结构特征. 渔业科学进展, 2013, 34(5): 8-15
- 郑元甲, 陈雪忠, 程家骅, 等. 东海大陆架生物资源与环境. 上海: 上海科学技术出版社, 2003, 348-357
- 郑元甲, 李建生, 张其永, 等. 中国重要海洋中上层经济鱼类生物学研究进展. 水产学报, 2014, 38(1): 149-160
- 周永东, 张洪亮, 徐汉祥, 等. 应用体长股分析法估算东海区日本鲭资源量. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2011, 30(2): 91-94
- 凌建忠, 程家骅, 任一平, 等. 东海带鱼主要体征与个体繁殖力的关系. 中国水产科学, 2004, 11(2): 116-120
- 殷名称. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社, 2000, 105-131
- 程家骅, 林龙山. 东海区鲈鱼生物学特征及其渔业现状的分析研究. 海洋渔业, 2004, 26(2): 73-78
- 颜尤明. 福建近海鲈鱼的生物学. 海洋渔业, 1997, 19(2): 69-73
- Hiyama Y, Yoda M, Ohshimo S. Stock size fluctuations in chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the East China Sea and the Japan/East Sea. Fish Oceanogr, 2002, 11(6): 347-353
- Kobayashi T, Ishibashi R, Yamamoto S, et al. Gonadal morphogenesis and sex differentiation in cultured chub mackerel, *Scomber japonicus*. Aquacul Res, 2011, 42(2): 230-239
- Shiraishi T, Ohta K, Yamaguchi A, et al. Reproductive parameters of the chub mackerel *Scomber japonicus* estimated from human chorionic gonadotropin-induced final oocyte maturation and ovulation in captivity. Fish Sci, 2005, 71(3): 531-542
- Watanabe C, Yatsu A. Long-term changes in maturity at age of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in relation to population declines in the waters off northeastern Japan. Fish Res, 2006, 78(2-3): 323-332
- Yukami R, Ohshimo S, Yoda M, et al. Estimation of the spawning grounds of chub mackerel *Scomber japonicus* and spotted mackerel *Scomber australasicus* in the East China Sea based on catch statistics and biometric data. Fish Sci, 2009, 75(1): 167-174

(编辑 江润林)

The Fecundity of Chub Mackerel (*Scomber japonicus*) Spawning Stocks in the Central East China Sea

LI Jiansheng, HU Fen, YAN Liping, ZHANG Hui

(Key Laboratory of East China Sea and Oceanic Fishery Resources Exploitation, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090)

Abstract *Scomber japonicus* is one of the main pelagic fish in the East China Sea and Yellow Sea. It has maintained high yield in recent years. The central East China Sea is one of the major spawning grounds of *S. japonicus*. To understand the reproductive strategy of *S. japonicus* under high fishing pressure, we studied the age structure, the gonadosomatic index (*GSI*) and the fecundity of *S. japonicus* spawning stocks that were sampled in the central East China Sea in springs of 2010–2012. The data was analyzed with Microsoft Office Excel and SPSS 18.0 statistical software. The current age structure of *S. japonicus* spawning stocks was from 1 to 5 years, and the dominant age range was from 2 to 4 years. The absolute fecundity varied between 24770 and 734684 grains, with an average of 145575 ± 10067 grains. The relative fecundity to body weight ranged from 175 to 1404 grain/g, with an average of (524 ± 24) grain/g. The relative fecundity to fork length ranged from 102 to 2070 grain/mm, with an average of (483 ± 29) grain/mm. ANOVA analysis showed that there were significant differences in *GSI* ($P < 0.05$), the absolute fecundity ($P < 0.01$), and the relative fecundity to fork length ($P < 0.05$) between different fork length groups, but there was no difference in the relative fecundity to body weight ($P > 0.05$). Multiple stepwise linear and non-linear regression analysis showed that the absolute fecundity was closely related to the body height and liver weight. In response to the high fishing pressure, *S. japonicus* maintain the continuation of stocks by adopting a variety of strategies including earlier sexual maturity age, decrease in the smallest maturity fork length, smaller maturation egg diameter, increase in fertility, etc. In order to have sustainable supply of *S. japonicus* in the future, we suggest that the fishery administrative department should establish protection zones in spawning grounds and non-fishing periods in the central East China Sea.

Key words East China Sea; *Scomber japonicus*; Spawning stocks; Gonadosomatic index; Fecundity