

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2015.15025

## 东海日本鲭繁殖群体生物学特征的年代际变化

李建生, 严利平, 胡芬

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利用重点实验室, 上海 200090

**摘要:** 利用 1960–2012 年间 3 个时间段共 1054 尾东海日本鲭(*Scomber japonicus*)繁殖群体的基础生物学数据, 对其群体组成、肥满度、性比、性成熟长度等繁殖特征的年代际变化进行了研究。结果表明, 随着时间的推移, 东海日本鲭繁殖群体的年龄结构和优势年龄组、肥满度指数、最小和平均性成熟长度都呈现出逐渐下降的趋势。各年代的性比均符合 1:1 关系( $P>0.05$ ), 但呈现升高的趋势。与前 2 个年代相比, 21 世纪初期有大量 1 龄鱼加入繁殖群体, 这有助于提高繁殖群体的数量。各年代的雌雄鱼性成熟长度之间无显著性差异( $P>0.05$ ), 但最小和平均性成熟长度均表现为雄鱼略大于雌鱼。面对近 50 年来不断增强的捕捞压力, 日本鲭主要采取降低性成熟年龄、提高性腺指数、增加群体中的雌性比例、提高相对繁殖力和减小卵径等自身调节机制来保持种群的延续。针对上述日本鲭繁殖群体的生物学长期变化特征, 为了保持该鱼类资源的种群平衡和渔业可持续利用, 文章提出了 3 点渔业管理建议, 分别是控制中上层渔业捕捞努力量并制定渔船及网具标准、在主要产卵场设立产卵亲体保护区及在幼鱼索饵场设立特殊禁渔期、针对日本鲭渔业实施 TAC 管理制度。

**关键词:** 东海; 日本鲭; 繁殖群体; 生物学; 年代际变化

中图分类号: S932.4

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2015)06-1253-07

日本鲭(*Scomber japonicus*)在中国近海均有分布, 属于大洋暖水性中上层鱼类, 是中国东、黄海最重要的经济鱼类之一<sup>[1]</sup>。东、黄海的日本鲭群体分为闽南—粤东近海地方种群和东海群<sup>[1]</sup>。闽南—粤东近海地方种群的整个生命过程都在闽南、粤东近海度过, 资源数量相对较少; 东海群具有在东、黄海长距离洄游的特性, 资源数量较大, 是东海、黄海区沿海各省市的重要捕捞对象<sup>[2-3]</sup>。本文主要以东海群为研究对象。自 20 世纪 80 年代以来, 东海区鲈鱼(以日本鲭为主)的渔获量呈现逐渐上升的趋势, 2010 年以来的年产量保持在 30 万 t 以上的高位水平<sup>[4]</sup>。20 世纪 50 年代以来, 针对东海群系的日本鲭已经开展了大量的研究工作。其中, 对于繁殖群体生物学和繁殖力特征, 20 世纪 50 年代日本学者<sup>[5]</sup>、20 世纪 80 年代邓景耀等<sup>[6]</sup>、2014 年李建生等<sup>[4, 7]</sup>进行了相关研究。同时,

近年来李建生等<sup>[8-9]</sup>对台湾海峡日本鲭产卵群体生物学特征现状、黄海北部日本鲭繁殖群体生物学特征的年代际变化进行了研究。国外学者也对日本鲭的性成熟年龄<sup>[10]</sup>、繁殖参数<sup>[11]</sup>、性腺发育特征和性别变化<sup>[12]</sup>、产卵群体数量变动<sup>[13]</sup>等与繁殖生物学相关的特征进行了研究。本文通过统计分析 1960—2012 年间 3 个时间段的东海中部日本鲭繁殖群体生物学数据, 来解析日本鲭繁殖群体在群体结构、性成熟年龄、性比、性成熟长度等方面对不断增加的捕捞压力的响应和个体调节机制, 从而为日本鲭资源的生态保护和渔业可持续利用措施的制订提供科学依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料来源

本文的日本鲭取样年代分别是 20 世纪 60 年

收稿日期: 2015-01-15; 修订日期: 2015-03-12.

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201303047).

作者简介: 李建生(1976–), 男, 副研究员, 从事渔业资源评估与生态研究. E-mail: jianshengli@sina.com

代(1960–1961 年)、20 世纪 70–80 年代(1978–1984 年)、21 世纪初期(2010–2012 年); 取样海域均为东海中部海域(28°00′–30°00′N、125°00′E 以西); 各年份日本鲭样品的取样时间均在其繁殖盛期(4–5 月), 利用围网生产渔获物进行随机取样。样品测定的基础生物学数据主要包括性别、性腺成熟度、叉长( $L$ )、体重( $W$ )、纯体重( $W_N$ )等。由于在繁殖盛期, 性腺成熟度 II 期及以下个体(性未成熟个体)不会发育至成熟并参与繁殖。因此, 在数据统计过程中, 去除样品中性未成熟个体的数据, 用于本文统计的各年代实际性成熟样品数分别为 450、341、263 尾。

1.2 数据公式

本研究主要涉及肥满度指数计算、叉长和体重关系拟合, 因此主要计算公式如下:

(1) 肥满度公式:  $K = \frac{W_N}{L^3} \times 10^5$

(2) 叉长–体重公式:  $W=aL^b$

其中,  $L$  代表叉长, 单位为 mm;  $W$ 、 $W_N$  分别代表体重和纯体重, 单位为 g。叉长单位精确到 1 mm, 质量单位精确到 0.1 g。

优势叉长组界定原则如下: 根据平均组高来界定优势组, 大于平均组高值即可定义为优势组。其中, 平均组高=100%/组数。

利用统计软件 SPSS 18.0 进行数据检验分析, 对统计数据再利用 Microsoft Excel 2010 进行图件的绘制。

2 结果与分析

2.1 群体结构变化

自 20 世纪 60 年代至 21 世纪初期, 随着时间的推移, 东海日本鲭繁殖群体的最大叉长、最小叉长、叉长范围、平均叉长、平均体重等均呈现出逐渐减小的趋势(表 1)。而从优势叉长组来看(图 1), 20 世纪 60 年代, 优势叉长组有 2 个, 分别为 300~320 mm(占 40.22%)和 350~380 mm(占 29.33%); 20 世纪 70–80 年代, 优势叉长组 1 个, 为 300~350 mm, 占 84.46%; 21 世纪初期, 优势叉长组 1 个, 为 260~300 mm, 占 64.26%。

为了比较不同年代之间日本鲭繁殖群体叉长–体重关系的差异, 利用协方差分析对它们两两进行差异性检验。其中  $\lg W$  为因变量, 年代为固定因素,  $\lg L$  为协变量。结果表明: 20 世纪 60 年代和 70–80 年代的叉长–体重关系不存在显著性差异( $F=0.265$ ,  $P>0.05$ ); 20 世纪 60 年代和 21 世纪初期的叉长–体重关系存在极显著性差异( $F=75.269$ ,  $P<0.01$ ); 20 世纪 70–80 年代和 21 世纪初期的叉长–体重关系存在极显著性差异( $F=100.983$ ,  $P<0.01$ )。从叉长–体重关系式中的系数  $a$  和幂指数  $b$  的变化(表 1)来看, 两者表现出相反的变化趋势, 前者先升高后降低, 后者则先降低再升高; 后 2 个年代与 20 世纪 60 年代相比,  $a$  值总体表现出升高的趋势,  $b$  值总体表现出降低的趋势。

表 1 各年代东海日本鲭繁殖群体生物学特征的变化  
Tab. 1 Inter-decadal changes of biological characteristics of *Scomber japonicus* reproductive stocks in the East China Sea

指标 parameter	1960–1961	1978–1984	2010–2012
叉长范围/mm range of fork length	290~425	280~388	248~352
平均叉长/mm average fork length	336.38±1.50	327.53±0.93	289.34±1.63
平均体重/g average body weight	560.11±8.58	500.07±4.63	314.28±6.22
平均纯体重/g average net body weight	479.85±7.35	428.62±3.83	267.19±5.13
$a$	$5 \times 10^{-6}$	$8 \times 10^{-5}$	$4 \times 10^{-5}$
$b$	3.1758	2.7057	2.7837
$W$ – $L$ 相关系数 $R$ correlation coefficient	0.93	0.83	0.81
肥满度指数 $K$ fatness index	1.22	1.21	1.08
性比 female and male ratio	0.88	0.96	1.23

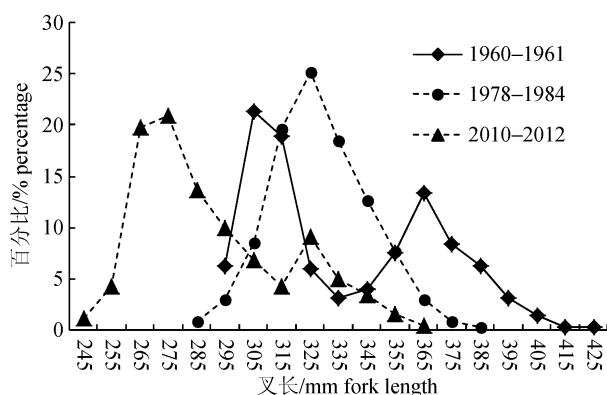


图 1 各年代东海日本鲭繁殖群体叉长百分比组成

Fig. 1 Fork length frequency of *Scomber japonicus* reproductive stocks in the East China Sea

## 2.2 肥满度变化

从各年代间日本鲭繁殖群体的肥满度指数  $K$  的变化来看, 从 20 世纪 60 年代到 20 世纪 70-80 年代,  $K$  值略有降低, 但是从 20 世纪 70-80 年代到 21 世纪初期,  $K$  值则有较大幅度的降低, 总体表现出逐渐减小的趋势(表 1)。从各年代东海日本鲭繁殖群体肥满度指数  $K$  随叉长的变化(图 2)可见, 21 世纪初期各叉长组的  $K$  值均显著低于前 2 个年代( $P<0.01$ ); 20 世纪 60 年代与 20 世纪 70-80 年代, 280~360 mm 叉长组之间的  $K$  值无显著性差异( $P>0.05$ ), 360~400 mm 叉长组, 前者的  $K$  值显著大于后者( $P<0.01$ )。

## 2.3 性比变化

从各年代东海日本鲭繁殖群体性比的变化

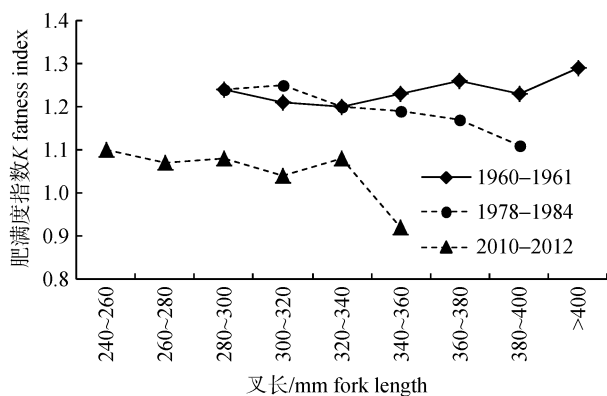


图 2 各年代东海日本鲭繁殖群体肥满度指数随叉长的变化

Fig. 2 Change of fatness index with fork length of *Scomber japonicus* reproductive stocks of years in the East China Sea

(表 1)来看, 卡方检验结果表明各年代的雌雄个体比例均符合 1:1 关系( $\chi^2=0.64, 0.05, 2.17; P=0.42, 0.83, 0.14>0.05$ ), 但随着时间的推移, 性比呈现升高的趋势, 也即雌鱼比例逐渐升高、雄鱼比例逐渐降低。从各年代东海日本鲭繁殖群体性比随叉长的变化(图 3)来看, 20 世纪 60 年代, 随着叉长组从 280~300 mm 增大到 320~340 mm, 性比也逐渐增加, 但均符合 1:1 关系( $P>0.05$ ); 340~360 mm 叉长组, 性比呈大幅降低趋势, 且不符合 1:1 关系( $P<0.05$ ); 叉长组从 360~380 mm 增大到 400 mm 以上, 性比逐渐增加, 但 360~400 mm 叉长组符合 1:1 关系( $P>0.05$ )而大于 400 mm 叉长组不符合 1:1 关系( $P<0.05$ )。20 世纪 70-80 年代, 各叉长组的性比变化幅度较小且均符合 1:1 关系( $P>0.05$ )。21 世纪初期, 280 mm 以下叉长组, 雌鱼比例明显较高, 性比均不符合 1:1 关系( $P<0.05$ ), 叉长组从 240~260 mm 增大到 300~320 mm, 性比呈现逐渐减小趋势, 320~340 mm 叉长组的性比又大幅增加且不符合 1:1 关系( $P<0.05$ ), 320~340 mm 叉长组的性比又开始降低且符合 1:1 关系( $P>0.05$ )。

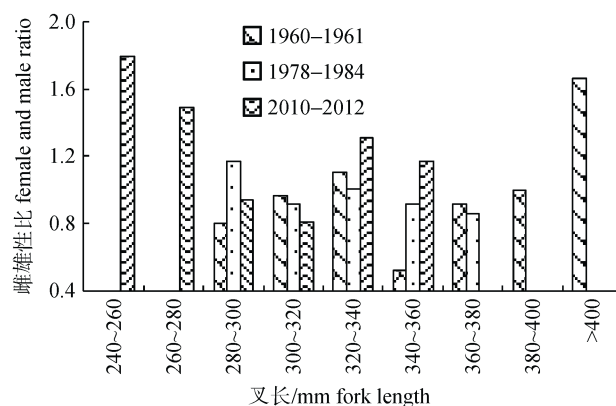


图 3 各年代东海日本鲭繁殖群体性比随叉长的变化

Fig. 3 Change of female and male ratio with fork length of *Scomber japonicus* reproductive stocks in the East China Sea

## 2.4 性成熟长度变化

从各年代东海日本鲭繁殖群体性成熟长度的变化(表 2)来看, 随着时间的推移, 雌雄鱼的最小性成熟长度均呈现持续减小的趋势, 但不同年代间的变化幅度有所差异: 从 20 世纪 60 年代至 20

表 2 各年代东海日本鲭繁殖群体性成熟长度的变化  
Tab. 2 Change of maturity length of *Scomber japonicus* reproductive stocks in the East China Sea

叉长 fork length	性别 gender	1960–1961	1978–1984	2010–2012
最小性成熟长度/mm the minimum maturity length	雌鱼 female	292	280	248
	雄鱼 male	290	288	250
平均性成熟长度/mm the average maturity length	雌鱼 female	336.19	327.22	288.12
	雄鱼 male	336.55	327.43	290.85

世纪 70–80 年代, 减小的幅度较小, 雌雄鱼均减小 2 mm; 从 20 世纪 70–80 年代至 21 世纪初期, 均表现出大幅减小的趋势, 雌鱼减小了 32 mm, 雄鱼减小了 38 mm。平均性成熟长度与最小性成熟长度的变化趋势基本一致。各年代的雌雄鱼性成熟长度之间无显著性差异( $P>0.05$ ), 但最小和平均性成熟长度均基本表现为雄鱼略大于雌鱼。

### 3 讨论

#### 3.1 日本鲭繁殖群体结构的变化

根据日本鲭生长方程, 把叉长转换成年龄<sup>[14]</sup>可知, 20 世纪 60 年代, 东海日本鲭繁殖群体的年龄组成为 2~7 龄, 优势组为 2~5 龄; 20 世纪 70–80 年代, 东海日本鲭繁殖群体的年龄组成为 1~6 龄, 优势组为 2~4 龄; 21 世纪初期, 东海日本鲭繁殖群体的年龄组成为 1~4 龄, 优势组为 1~2 龄。由此可以看出, 随着时间的推移, 东海日本鲭繁殖群体的年龄结构和优势年龄组都呈现出下降的趋势, 这与黄海北部日本鲭产卵群体自 20 世纪 50 年代以来的年龄组成结构变化趋势<sup>[9]</sup>是类似的。20 世纪 50–60 年代, 东海区捕捞日本鲭的作业方式由国有渔业公司利用围网进行试验性捕捞, 仅有少量船只进行该作业; 20 世纪 70–80 年代, 国有渔业公司开始大规模组建机轮围网船队专门捕捞日本鲭等中上层鱼类, 高峰期有 70 组机轮围网渔船; 21 世纪以来, 随着国有渔业公司的生产重点转向远洋渔业, 近海日本鲭的捕捞转变为以群众渔业为主的灯光围网生产, 东海区的围网作业渔船规模达 1400 余艘<sup>[4]</sup>。由此可见, 近 50 年来东海区对日本鲭等中上层鱼类的捕捞强度逐渐加大, 同时其产量也逐步提高。上述因素是导致日本鲭繁殖群体的年龄组成结构不断下降的主要原因。

同时日本鲭繁殖群体伴随着大量性成熟年龄降到 1 龄、个体绝对繁殖力逐步下降、相对繁殖力不断提高、卵径减小等现象<sup>[4–5, 7]</sup>。日本鲭平均繁殖年龄的下降和一系列繁殖特征的变化是与人类对生态系统的干扰活动密不可分的, 也是日本鲭在外界环境胁迫压力下的自身调节机制的体现。

#### 3.2 日本鲭繁殖群体相关生物学特征的变化

相关研究显示, 鱼类的肥满度指数  $K$  和性腺指数的变化呈现相反的趋势<sup>[15]</sup>。本研究表明, 东海日本鲭繁殖群体的肥满度指数  $K$  随着时间的推移呈现逐渐降低的趋势, 因此间接说明其性腺指数有升高的趋势。对黄海北部日本鲭繁殖群体生物学特征的年代际变化研究结果也表现出了上述的趋势<sup>[9]</sup>。由于针对中上层鱼类的捕捞强度逐渐增加、近年来日本鲭产量持续维持在高位水平, 因此日本鲭通过调节性腺和躯体之间的能量比例, 增大性腺所占的能量比来进行自身调节以应对高强度的捕捞压力<sup>[15]</sup>。性比的不稳定性是一种生态适应, 它既决定于种的演化历史, 又决定于种群所处的环境条件。种群通过性产物的自动调节方式, 改变性比结构, 有助于在条件急剧改变时保持种群的延续<sup>[15]</sup>。本研究中各年代东海日本鲭繁殖群体性比变化结果说明, 群体中的雌鱼所占比例随时间推移逐渐增加。这可能是随着捕捞努力量的加大, 面对生存压力, 日本鲭为了维持种群对生存环境的适应性, 在性别分化上选择更加倾向于雌性的繁殖策略来不断增加产卵亲体的数量, 以排放更多的鱼卵来保证种群数量的稳定。长期来看, 东海日本鲭的生长条件因子  $a$  表现出增加的趋势, 这说明在目前东海区主要底层鱼类仍处于严重衰退<sup>[14]</sup>的条件下, 日本鲭的捕食竞争压力

较小、饵料来源充足,有利于个体的生长;叉长-体重关系式中的幂指数  $b$  表现出降低的趋势,  $b$  值存在差异性与不同生长阶段和相对应营养条件的变化有关<sup>[16]</sup>。

### 3.3 日本鲭合理利用建议

在目前东黄海底层鱼类资源依然处于严重衰退的情况下<sup>[14]</sup>,日本鲭作为东黄海重要的经济鱼类之一,其捕捞产量占中上层鱼类产量的 20%以上<sup>[1]</sup>,对海洋渔业生产具有重要的意义。本研究结果显示,当前东海日本鲭繁殖群体年龄结构趋于简单、生物学特征处于明显退化、性比逐渐失衡。在此情况下,今后如何合理利用该资源是渔业管理者必须思考的问题。作为科研工作者,对于东黄海日本鲭的科学合理利用提出以下管理建议:(1)控制专门针对中上层鱼类作业的捕捞努力量和制定渔船及网具标准。近 50 年来,东海区专门针对中上层鱼类的围网作业的捕捞努力量呈现持续增加的趋势<sup>[4, 17]</sup>,主要表现在渔船数的增加、船只功率的增强、捕捞网具和灯光强度的增大,近年来的捕捞努力量持续维持在高位水平。因此需评估最适捕捞努力量,合理控制作业规模。由于近年来海洋渔业捕捞技术的不断提高和新技术的利用,部分专门捕捞鲈鱼作业的围网渔船机械化程度达到较高的水平<sup>[18]</sup>,同时捕捞网具更大、灯光更强,对鲈鱼资源以及其他海洋鱼类造成较大的伤害。因此有必要对该类作业控制作业规模,并对灯光强度、网目尺寸等作出限制。(2)在东黄海日本鲭的主要产卵场设立产卵亲体保护区及在幼鱼索饵场设立特殊禁渔期。产卵亲体和幼鱼的保护对于渔业资源种群的合理利用具有重要的意义。由于日本鲭个体繁殖力巨大,生长速度较快<sup>[4]</sup>,因此通过保护产卵亲体和幼鱼能够更加有效地激发其资源潜力。(3)尽快把日本鲭渔业的管理引入 TAC 管理。TAC 管理是通过限制渔获量来进行渔业资源管理的一种制度,与传统的捕捞许可证制度、禁渔期、禁渔区等管理措施有着本质的不同,即从控制投入转向控制产出<sup>[19]</sup>,它是当前世界渔业管理的主要发展趋势。目前,我们周边的日本、韩国均已在 20 世纪 90 年代末期对

鲈鱼(日本鲭和澳洲鲈 *Scomber australasicus*)资源实施了 TAC(Total Allowable Catch)管理<sup>[20-21]</sup>。中国作为负责任的渔业大国,为了保护并可持续利用中上层渔业资源,有必要对东黄海中上层鱼类的主要种类日本鲭实行 TAC 管理。

### 参考文献:

- [1] Zheng Y J, Li J S, Zhang Q Y, et al. Research progresses on resource biology of important marine pelagic food fishes in china[J]. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(1): 149-160. [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[J]. 水产学报, 2014, 38(1): 149-160.]
- [2] Fishery Bureau of Ministry of Agriculture, Command Post of East China Sea Fishery of Ministry of Agriculture. Investigation and area division of fisheries resources in the East China Sea Region[M]. Shanghai: East China Normal University Press, 1987: 392-400. [农牧渔业部水产局, 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[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1987: 392-400.]
- [3] Zheng Y J, Chen X Z, Cheng J H, et al. The Fisheries Resources and Environment in the East China Sea Shelf[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2003, 348-357. [郑元甲, 陈雪忠, 程家骅, 等. 东海大陆架生物资源与环境[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003, 348-357.]
- [4] Li J S, Hu F, Yan L P, et al. The fecundity of chub mackerel (*Scomber japonicus*) spawning stocks in the central East China Sea[J]. Progress in Fishery Sciences, 2014, 35(6): 10-15. [李建生, 胡芬, 严利平, 等. 东海中部日本鲭 (*Scomber japonicus*) 产卵群体繁殖力特征[J]. 渔业科学进展, 2014, 35(6): 10-15.]
- [5] Seikai National Fisheries Research Institute. Biological and ecological characteristics of valuable fisheries resources from the East China Sea and the Yellow Sea—comparison between the Chinese and Japanese knowleges[M]. Nagasaki: Nihon Shiko Printing Co., LTD., 2001: 438-448. [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—中日间见解的比较[M]. 长崎: 日本纸业印刷, 2001: 438-448.]
- [6] Deng J Y, Zhao C Y. Marine Fisheries Biology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1991: 413-452. [邓景耀, 赵传纲. 海洋渔业生物学[M]. 北京: 农业出版社, 1991: 413-452.]
- [7] Li J S, Yan L P, Hu F, et al. The reproductive biology of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in Wen-Tai fishing ground[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22(1): 99-105. [李建生, 严利平, 胡芬, 等. 温台渔场日本鲭的

- 繁殖群体生物学特征[J]. 中国水产科学, 2015, 22(1): 99–105. ]
- [8] Li J S, Hu F, Yan L P. A preliminary study on biological characteristics of chub mackerel (*Scomber japonicus*) spawning stock in central Taiwan strait[J]. Journal of Applied Oceanography, 2014, 33(2): 198–203. [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[J]. 应用海洋学学报, 2014, 33(2): 198–203. ]
- [9] Li J S, Yan L P, Hu F. Inter-decadal variation in the reproductive biological characteristics of chub mackerel *Scomber japonicus* in the northern Yellow Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2014, 21(3): 567–573. [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[J]. 中国水产科学, 2014, 21(3): 567–573. ]
- [10] 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[J]. Fish Res, 2006, 78(2–3): 323–332.
- [11] 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[J]. Fish Sci, 2005, 71(3): 531–542.
- [12] Kobayashi T, Ishibashi R, Yamamoto S, et al. Gonadal morphogenesis and sex differentiation in cultured chub mackerel, *Scomber japonicus*[J]. Aquac Res, 2011, 42(2): 230–239.
- [13] Hiyama Y, Yoda M, Ohshimo S. Stock size fluctuations in chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the East China Sea and the Japan/East Sea[J]. Fish Oceanogr, 2002, 11(6): 347–353.
- [14] Zheng Y J, Hong W S, Zhang Q Y. Review and prospects for resource biology of main marine demersal food fishes along the coastal waters of China[J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(1): 151–160. [郑元甲, 洪万树, 张其永. 中国海洋主要底层鱼类生物学研究的回顾与展望[J]. 水产学报, 2013, 37(1): 151–160. ]
- [15] Yin M C. Fish Ecology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 105–127. [殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 105–127. ]
- [16] Zhan B Y. Evaluation of Fishery Resources[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995. [詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. ]
- [17] Cheng J H, Zhang Q H, Li S F, et al. Utilizing to the Fisheries Resources in the East China Sea and Yellow Sea[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2006: 155–170. [程家骅, 张秋华, 李圣法, 等. 东黄海渔业资源利用[M]. 上海: 上海科技出版社, 2006: 155–170. ]
- [18] Zhan H B. Arrangement on drive equipments of purse seiner with deep water light for small scale fisheries[J]. Modern Fisheries Information, 2009, 24(9): 16–18. [张海波. 群众渔业深水灯光围网渔船动力装置配备[J]. 现代渔业信息, 2009, 24(9): 16–18. ]
- [19] Tang J Y, Huang S L. Discussion on the application of TAC and ITQ in Chinese fisheries management[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2000, 24(2): 125–129. [唐建业, 黄硕琳. 总可捕量和个别可转让渔获配额在我国渔业管理中应用的探讨[J]. 上海水产大学学报, 2000, 24(2): 125–129. ]
- [20] Chen S X. Japan's TAC system[J]. Marine Fisheries, 1998, 20(4): 181–186. [陈思行. 日本的 TAC 制度[J]. 海洋渔业, 1998, 20(4): 181–186. ]
- [21] Han B P. Korea's TAC system[J]. Marine Fisheries, 1999, 21(1): 45–46. [韩保平. 韩国的 TAC 制度[J]. 海洋渔业, 1999, 21(1): 45–46. ]

## Inter-decadal changes in biological characteristics of reproductive stocks of chub mackerel, *Scomber japonicus*, in the East China Sea

LI Jiansheng, YAN Liping, HU Fen

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

**Abstract:** *Scomber japonicus* is one of the primary pelagic fish in the East China Sea and Yellow Sea and has continued to maintain a high yield in recent years. Inter-decadal changes in the reproductive biology characteristics of *S. japonicus* must be investigated to determine the cause for the continued high production under strong fishing pressure. The inter-decadal changes in reproductive stock structural characteristics, such as the fatness index, female to male ratio, and fork length at maturity, were evaluated based on data collected from 1054 *S. japonicus* samples collected during three periods from 1960 to 2012 in the East China Sea. The results show that the age structure, dominant age group, fatness index, and the minimum and mean fork length at maturity of these productive stocks tended to decrease with time. The 2 to 7-year age and the 2 to 5-year age groups were dominant in the 1960s, whereas the 1 to 4-year age and 1 to 2-year age groups were dominant in the early 21st century. Mean fork length and mean body weight decreased by 47.04 mm and 247.39 g, respectively, from the 1960s to the early 21st century, which were decreases of 13.98% and 44.17%, respectively. The fatness index decreased by 0.14, which was a decrease of 11.48%. Mean fork length at maturity in males and females decreased by 48.07 mm and 45.70 mm, respectively, which accounted for decreases of 14.30% and 13.58%, respectively. The female to male ratio was near 1:1 ( $P>0.05$ ), but showed an increasing trend. A large number of age-1 fish joined the reproductive stock in the early 21st century, compared with the previous two periods, which increased the number of reproductive stocks. No significant difference in fork length at maturity was detected between males and females ( $P>0.05$ ), but minimum and mean fork lengths at maturity in males were slightly larger than those in females. *S. japonicus* has followed some self-adjusting mechanisms to maintain population continuity. For example, reduced age at maturity and increases in the gonadosomatic index and the percentage of females have improved relative fecundity and reduced egg size in face of increasing fishing pressure during the past 50 years. We propose three fishery management strategies to maintain population stability and sustain the fishery based on the long-term changes in the biological characteristics of the *S. japonicus* reproductive stocks in the East China Sea. The first is to control the pelagic fishery fishing effort and establish fishing boat and net standards. The second is to set up spawning fish reserves on the main spawning grounds. Special closed fishing periods should be implemented during larval feeding. The third strategy is to implement a total allowable catch management system for *S. japonicus*.

**Key words:** East China Sea; *Scomber japonicus*; reproductive stocks; biology; inter-decadal change

**Corresponding author:** LI Jiansheng. E-mail: jianshengli@sina.com