

渤海小黄鱼生长特征的变化

郭旭鹏^{1,2}, 金显仕¹, 戴芳群¹

(1. 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室, 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 2. 上海水产大学 海洋学院, 上海 200090)

摘要:根据1960年、1982年、1993年和2003年各年春季对渤海进行的底拖网调查获得的小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis* Bleeker)生物学数据,对4个不同年代间渤海小黄鱼的群体组成、生长状况等生物学特征的年代间变化进行分析,结果表明,渤海小黄鱼的生物学特征在这4个年代间发生了明显变化。自1982年以来,渤海小黄鱼群体结构呈现个体小型化、低龄化、生长加快、渐近体长和渐近体质量减小、体质量生长拐点提前等现象。小黄鱼生物学特征因子的年代间变化,可能与渔业资源不断衰退以及小黄鱼自身对外界环境因素变化的适应有关。[中国水产科学, 2006, 13(2): 243-249]

关键词:生长特征;小黄鱼;渤海

中图分类号:S931 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2006)02-0243-07

小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis* Bleeker)为暖温性底层经济鱼类,在中国渤海、黄海和东海均有分布,是中国底拖网渔业的重要捕捞对象,20世纪60年代中期开始,其资源量大幅度下降^[1]。黄、渤海小黄鱼每年3月份开始自越冬场按体长结群沿50 m等深线向北洄游到各产卵场,于同年4~5月份洄游到沿岸浅水区进行产卵,产卵后亲鱼、仔稚鱼就近索饵育肥,至9~10月份,随水温下降,又开始洄游至黄海、南部越冬场^[2-5]。

鱼类性成熟的年龄和长度是促使其适应环境变化的重要生活史特征,鱼类性成熟的年龄和长度影响生长率、生殖力以及后期的存活率^[6-7]。研究表明,在受到高强度的捕捞压力和外界环境变化等因素影响会对鱼类生物学特征产生一定变化,如辽东湾小黄鱼生长方程参数在1958~1964年间产生了明显的变化^[2];黄、渤海蓝点马鲛当年幼鱼生长速度加快,体质量生长拐点提前^[8];对比1964年和2004年渤海小黄鱼在相同体长组下的个体绝对生殖力和相对生殖力变化情况,结果显示,两者都显著增大^[9]。

本研究对4个年代间渤海小黄鱼的群体组成、生长参数等生物学特征的变化情况进行分析,并探讨人类长期活动和环境变化对渤海小黄鱼群体结构

组成和生长变化的影响,以期对渤海小黄鱼资源的有效管理和可持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

所用数据源自中国水产科学研究院黄海水产研究所于1960年、1982年、1993年和2003年各年春季在渤海进行的底拖网调查。调查范围几乎涵盖整个渤海海域,调查时间主要集中在5~6月。用于分析的小黄鱼样本共2303尾,其中1960年833尾,1982年461尾,1993年604尾,2003年405尾。生物学特征数据包括体长、体质量、性别、性腺成熟度,年龄鉴定取自小黄鱼耳石鉴定结果^[10]。

1.2 方法

1960年渤海小黄鱼 von Bertalanffy 体长生长方程 $L_t = L_{\infty}[1 - e^{-K(t-t_0)}]$ 中生长参数 K 、 L_{∞} 和 t_0 采用 Ford-Walford 方法,通过一元回归分析估算。

体质量生长方程:

$$W_t = W_{\infty}[1 - e^{-K(t-t_0)}]^b$$

其中, K 为生长系数, L_{∞} 为渐近体长, t_0 为理论初始年龄。

1982年、1993年和2003年获得的渤海小黄鱼样品年龄组成过于简单,以1~2龄为主,若同样采

收稿日期:2005-06-12; 修订日期:2005-08-10.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30371104).

作者简介:郭旭鹏(1980-),男,硕士研究生,主要从事海洋生态研究. E-mail: gxp0571@126.com

通讯作者:金显仕. Tel:0532-85849430; E-mail: jin@ysfri.ac.cn

用与1960年相同的方法,会导致其生长参数科学性不高^[11-12],因此本研究采用联合国粮农组织(FAO)软件FISAT II中的长度频率分析法ELEFAN I (Electronic Length Frequency Analysis I)^[13-15]估算后3个年代间的生长参数 L_{∞} 和 K ,来研究人类的长期活动和环境变化对渤海小黄鱼生命周期中生长特征和群体结构的影响。FISAT II软件在估算生长参数时对数据在时间序列上有一定要求,因此对数据进行了补充,以满足运算要求,其中包括:1982年8~11月份275尾,1992年8月份、10月份和12月份442尾,2004年5~6月份294尾,结合分别在这3个年代间5~6月份调查获得的数据共计2303尾。SCORE值(拟合优度的估计量)范围为0~1,减小或增大 K 和 L_{∞} 的初选值,当SCORE值达到最大,且处于生物学意义上可接受的参数值作为估算结果; t_0 则采用Pauly^[15]经验公式计算:

$$\ln(-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \ln L_{\infty} - 1.038 \ln K$$

其中 L_{∞} 为渐近体长, t_0 为理论初始年龄, K 为生长系数。

2 结果

2.1 群体组成及其年代间变化

4个年代间的体长组成和体质量组成表明,渤海小黄鱼个体呈逐渐减小趋势(图1、表1和表2)。1960年渔获个体平均体长为205.8 mm,优势体长组为181~230 mm,优势组个体占总个体数的64.5%;1982年渔获个体平均体长为143.3 mm,优势体长组为111~150 mm,优势组个体占总个体数的82.3%;1993年渔获个体平均体长为136.6 mm,优势体长组为111~130 mm和151~190 mm,分别占总个体数的29.6%和49.4%;2003年平均体长130.3 mm,比1960年下降了75.5 mm,优势体长组仅为111~150 mm,优势组个体占总个体数的86.5%。

1960年的优势体质量组为91~200 g,占总样品的86.5%,2003年优势体质量组仅为21~60 g,下降近70~140 g。优势体长和优势体质量组逐渐减小,表明渤海小黄鱼个体在这4个年代间呈现出小型化趋势。

2.1.2 年龄结构变化 1960年渤海小黄鱼的年龄组成范围为1~21龄^[16],平均年龄为3.8龄,优势年龄组为2~6龄,占总个体数的92.4%;1982年年

龄组成范围为1~6龄,平均年龄为2.1龄,优势年龄组为1~3龄,占总个体数的91.9%;1993年年龄组成范围为1~2龄,平均年龄为1.6龄;2003年平均年龄为1.3龄,优势年龄组降到1龄,占总个体数的72.1%,主要为当年生幼鱼。年龄组成范围在各年代间逐渐趋于简单化,优势年龄组和平均年龄不断下降,说明渤海小黄鱼在这4个年代间呈低龄化趋势(表1)。

2.1.3 雌、雄个体体长和体质量的差异 1960年不同性别小黄鱼样品各龄的平均体长和平均体质量分析结果表明,雌性个体平均体长和平均体质量都要大于同龄雄性。2龄、4龄和5龄的雌性个体的平均体长比雄性个体的平均体长分别大:12.4 mm、13.1 mm、18.1 mm;同龄雌雄个体平均体质量同样呈现出较大差别,2~5龄雌性个体的平均体质量比雄性个体的平均体质量分别增加了27 g、44.5 g、39 g和51.9 g。对各龄不同性别小黄鱼的体长和体质量差异进行显著性检验,结果显示雌雄差异性显著($P < 0.01$)。

2.2 生长特征

2.2.1 体长-体质量关系方程的变化 小黄鱼体长和体质量的关系呈幂函数相关^[15],4个年代间的体长-体质量关系式如下:

$$1960 \text{ 年: } W = 1.186 \times 10^{-5} L^{3.046}$$

$$(R^2 = 0.9545, n = 833)$$

$$1982 \text{ 年: } W = 1.315 \times 10^{-5} L^{3.042}$$

$$(R^2 = 0.9522, n = 461)$$

$$1993 \text{ 年: } W = 1.667 \times 10^{-5} L^{2.986}$$

$$(R^2 = 0.9719, n = 604)$$

$$2003 \text{ 年: } W = 3.351 \times 10^{-5} L^{2.836}$$

$$(R^2 = 0.9165, n = 405)$$

不同年代间体长-体质量关系方程中的 b 值用 t -检验来检验其差异性,结果表明1960~2003年,渤海小黄鱼体长-体质量关系方程中的 b 值差异性显著($P < 0.01$)。

2.2.2 生长方程的变化 1960年、1982年、1993年和2003年的体长和体质量生长存在年间差异。1960年渤海小黄鱼渐近体长 L_{∞} 为339.4 mm,渐近体质量 W_{∞} 为606.2 g;到2003年渐近体长和渐近体质量仅为256.3 mm和227.2 g;生长系数 K 和理论初始年龄都逐渐增大, K 由1960年的0.281上升到2003年的0.498(表3)。用单因素方差分析法对4个年代间的生长系数 K 和理论初始年龄进行差异分析,结果为差异极显著($P < 0.001$)。

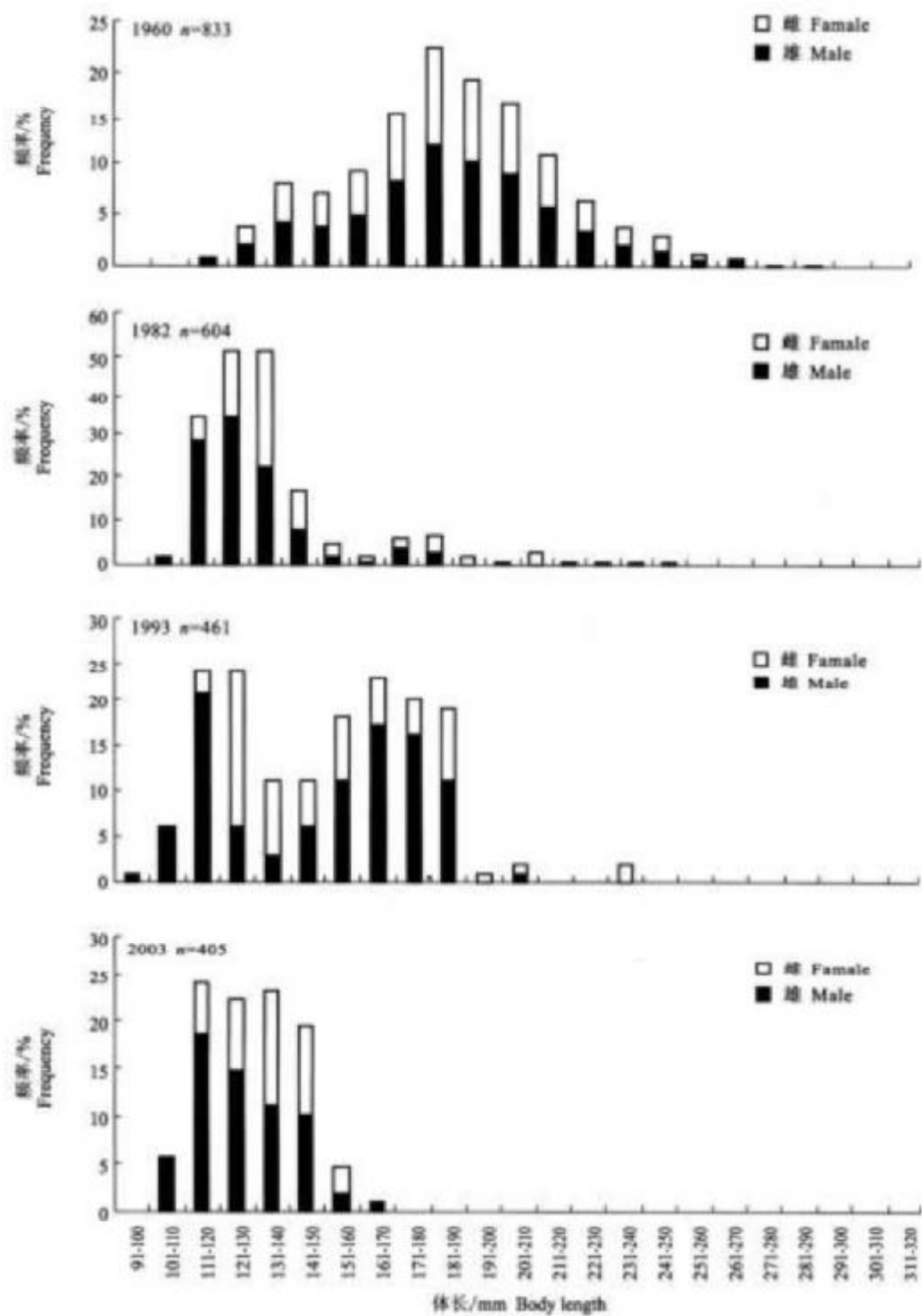


图1. 4个年代间渤海小黄鱼体长频率分布

Fig.1 Body length frequency distribution of small yellow croaker in the Bohai Sea during 4 decades

表1 渤海小黄鱼体长、体质量组成和年龄结构的年代间变化

Tab.1 Changes in body length and body weight compositions and age structure for small yellow croaker in the Bohai Sea during four decades

项目	Item	1960 ^①	1982 ^②	1993	2003
体长组成/mm Body-length composition	范围 Range	98-314	107-272	92-235	106-169
	优势组 Dominant	181-230	111-150	111-130 151-190	111-100
	优势组比例 Proportion	64.5%	82.3%	29.6% 49.4%	86.5%
	平均 Mean	205.8	143.31	136.6	130.3
体质量组成/g Body-weight composition	范围 Range	44-61	9-310	12-236	19-65
	优势组 Dominant	191-200	21-50	21-100	21-60
	优势组比例 Proportion	63.6%	79%	88.9%	90.1%
	平均 Mean	161	59	48	34
年龄组成/a Age composition	范围 Range	1-21	1-6	1-2	1-2
	优势组 Dominant	2-6	1-3	2	1
	优势组比例 Proportion	92.4%	91.9%	60.5%	72.1%
	平均 Mean	3.8	2.1	1.6	1.3

注:① 1960年渤海小黄鱼年龄来源于刘效舜等对黄海北部、渤海小黄鱼的鳞片和耳石年轮特征及其形成周期的初步研究的结果(1965)。

② 1982年来源于中国水产科学研究院黄海水产研究所内部资料。

Note:① The results were from LIU Xiao-shun's investigation.

② The data were from Yellow Sea Fisheries Research Institute.

表2 1960年小黄鱼各龄平均体长和平均体质量

Tab.2 Body length and weight of small yellow croaker in the Bohai Sea at each age in 1960

年龄/a Age	平均体长/mm Mean body length		平均体质量/g Mean weight	
	雌 Female	雄 Male	雌 Female	雄 Male
1	—	—	—	—
2	182	169.6	121.3	94.3
3	206.3	206.3	158.8	114.3
4	216.8	203.7	174.8	135.6
5	232.9	214.8	230.5	178.6

表3 渤海小黄鱼各生长参数的年代间变化

Tab.3 Changes in the growth parameters for small yellow croaker in the Bohai Sea during 4 decades

生长参数 Growth parameters	1960	1982	1993	2003	P
生长系数(K) Growth coefficient	0.28	0.325	0.46	0.49	$P<0.001^{**}$
理论初始年龄(t_0) Zero-length age	-0.61	-0.41	-0.5	-0.28	$P<0.001^{**}$
渐近体长(L_{∞})/mm Asymptotic length	339.4	302.9	275.4	245.3	$P<0.01^{*}$
渐近体质量(W_{∞})/g Asymptotic weight	606.2	464.6	321.9	227.2	$P<0.01^{*}$
体质量生长拐点(t_i) Inflection age of body weight growth	3.37	3.01	1.88	1.82	$P<0.01^{*}$

注: $P<0.05$ 为差异显著; $P<0.001$ 为差异极显著。

Note: Statistical differences $P<0.05$ are indicated by *; significant differences $P<0.001$ are indicated by **.

依据4个年代各生长方程绘制小黄鱼体长和体质量生长曲线(图2)。

2.2.3 体长和体质量瞬时生长速度的变化 4个年代间渤海小黄鱼体长和体质量生长速度曲线如图3和图4所示,体长生长速度曲线和体质量生长速

度曲线都存在年代间变化,体长生长速度在1.5龄前呈加快趋势,而后逐渐减慢。根据 $t_r = \frac{\ln b}{K} + t_0$ 可知,1960年体质量生长拐点年龄为3.37龄,2003年提前到1.82龄。

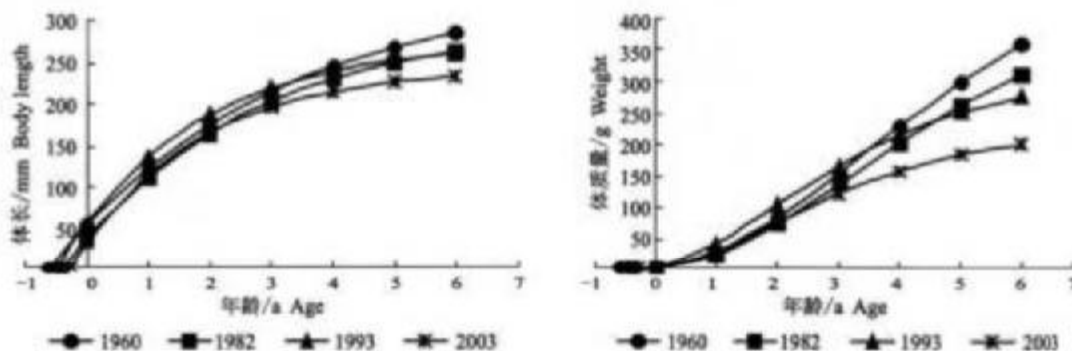


图2 4个年代间渤海小黄鱼体长和体质量生长曲线

Fig.2 Growth curve of body length and body weight of small yellow croaker in the Bohai Sea during 4 decades

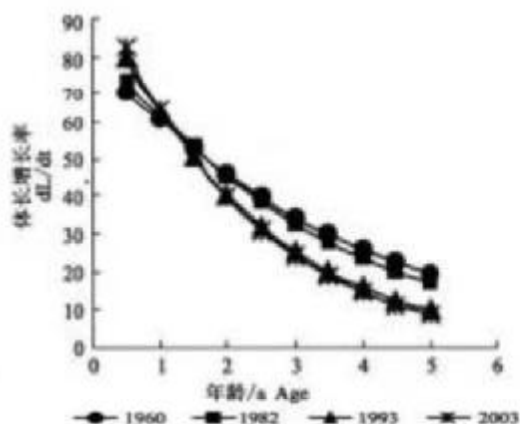


图3 体长生长速度曲线

Fig.3 Curve of growth rate in body length

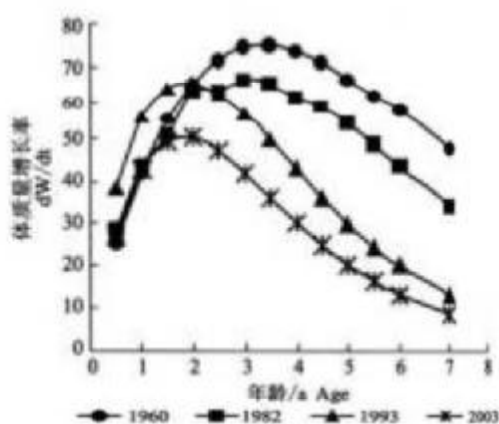


图4 体质量生长速度曲线

Fig.4 Curve of growth rate in body weight

3 讨论

3.1 小型化、低龄化趋势明显

随着渤海小黄鱼资源量不断衰退,其群体结构在4个年代间发生了较大变化,个体小型化趋势日益明显。1982年、1993年和2003年个体大小较1960年下降明显,其中优势体长组下降近70~80 mm,优势体质量组下降近100 g;年龄结构简单化和低龄化,1960年的年龄范围为1~21龄^[10],而自1993年后主要由1~2龄的个体组成,其主要原因可能是由于捕捞努力量逐年增加,导致小黄鱼资

源量不断衰退,群体主要以补充群体为主,导致群体结构小型化和低龄化,难以达到可持续利用。

3.2 雌雄差异现象

许多海洋鱼类的生长率、个体大小和寿命等生物学特征都存在雌雄差异^[17-19]。对于渤海小黄鱼雌雄个体在各龄的平均体长和平均体质量的差异情况,由于1982年、1993年和2003年的年龄组成主要为1~2龄,只能说明其生命周期中短期内的差异情况,未做具体分析。

3.3 生长变化

不同年代间体长-体质量关系式中 b 值存在

差异性可能与营养条件的变化、群体结构的小型化和低龄化有关^[20],也有可能和群体密度有关^[21]。

渤海小黄鱼渐近体长 L_{∞} 从 1960 年的 339.4 mm 下降到 2003 年的 256.3 mm, 渐近体质量 L_{∞} 由 606.2 g 下降到 227.2 g, 下降的幅度达到 400 g, 说明小黄鱼个体呈现小型化明显。生长系数 K 则由 1960 年的 0.281 上升到 2003 年的 0.498; 体长生长速率在 1.5 龄前逐渐增大; 体质量生长拐点时间也在提前。导致渤海小黄鱼生长特征变化的原因可能为: 一是过度捕捞造成渤海小黄鱼资源量不断减少, 剩下群体的饵料情况获得改善; 二是小黄鱼自身的适应性变化, 加快生长可能是为了适应外部环境变化的需要, 维持种群延续的表现。

参考文献:

- [1] 赵传增, 陈永法, 洪港船, 等. 东海区渔业资源调查和区划 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1990.
- [2] 邓景耀, 赵传增. 海洋渔业生物学 [M]. 北京: 农业出版社, 1991. 164-200.
- [3] 黄海水产研究所. 黄海北部小黄鱼与对虾春季生殖洄游群体的行动及其预测. 黄海水产研究所调查研究报告 [R]. 1960. 第 42 号 1-30.
- [4] 刘效舜, 吴敬南, 韩祖光, 等著. 黄渤海区渔业资源调查与区划 [M]. 海洋出版社, 1990. 191-192.
- [5] Kawawaki T. Fisheries problem in Yellow Sea and East China Sea [M]. Hawaii: Environmental and Police Institute, East-West Center, 1987. 124.
- [6] Ro D A. The evolution of life histories. Theory and analysis [M]. New York: Chapman & Hall, 1992. 535.
- [7] Stearns S C. The evolution of life histories [M]. Oxford: Oxford University Press, 1992. 249.
- [8] 邱盛尧, 叶懋中. 黄渤海蓝点马鲛当年幼鱼的生长特性 [J]. 水产学报, 1993, 17(1): 14-23.
- [9] 曹玲, 金显仕, 李富国, 等. 渤海小黄鱼生殖力及其变化 [J]. 海洋科学, 2005, 29(5): 80-83.
- [10] 刘效舜, 杨丛海, 叶冀雄. 黄海北部、渤海小黄鱼的鳞片 and 耳石年轮特征及其形成周期的初步研究 [A]. 海洋渔业资源论文集 [C]. 北京: 农业出版社, 1965. 136-148.
- [11] 林龙山, 程家骅, 任一平, 等. 东海区小黄鱼种群生物学特性的分析 [J]. 中国水产科学, 2004, 11(4): 333-338.
- [12] Räte H J, Stein M. Variation in growth and recruitment of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) off Greenland during the second half of the twentieth century [J]. Northwest Atlantic Fish Science, 1999, 25: 161-170.
- [13] Gayanilo F C Jr, Pauly D. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) Reference Manual [J]. FAO Computerized Information Series (Fisheries), 1997, 8: 262.
- [14] Gayanilo F C Jr, Sparre P, Pauly D. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) user's guide [M]. Rome: FAO, 1994.
- [15] Pauly D. ELEFANI: User's instructional program listings [M]. Manila: ICLARM, 1980.
- [16] 费鸿年, 张诗全. 水产资源学 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990. 244-254.
- [17] Scott D M. A comparative study of the yellowtail flounder from three Atlantic fishing areas [J]. Fish Res Board Can, 1954, 11: 171-197.
- [18] Dwyer K S, Walsh S J, Campana S E. Age determination, validation and growth of Grand Bank yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*) [J]. ICES J Mar Sci, 2003(60): 1123-1138.
- [19] 苏振明. 东白令海三种经济鲷类捕捞群体结构与生长特性比较 [J]. 青岛海洋大学学报, 1992, 22(4): 111-121.
- [20] 詹秉义. 渔业资源评估 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1993. 18-24.
- [21] Voulgaridou P and Stergiou K. Trends in various biological parameters of the European sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the Eastern Mediterranean Sea [J]. Scientia Marina, 2003(Suppl. 1): 269-280.

Growth variations of small yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis* Bleeker) in the Bohai Sea

GUO Xu-peng^{1,2}, JIN Xian-shi¹, DAI Fang-qun¹

(1. Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Certificated by the Ministry of Agriculture, Qingdao 266071, China; 2. Ocean College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: Small yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis* bleeker) is a warm-temperate species and one of the most important commercially exploited fish in China, which is distributed in the Bohai Sea, the Yellow Sea and the East China Sea.

Previous authors have described an increase in growth parameters of small yellow croaker from 1958 to 1964, the characteristics of growth for Spanish mackerel underyearing in the Yellow Sea and the Bohai Sea, and individual absolute fecundity of Anchovy during 2002–2004 and the relationships between individual absolute fecundity and its fork length, net body weight and age which varied significantly as compared with those during 1985–1986. These phenomena possibly have been related to long-term over-fishing pressure and the changed habitat environment.

Based on the bottom trawl surveys in the Bohai Sea during the spawning season of springs in 1960, 1982, 1993 and 2003, the growth characteristics and its decadal changes in the population structure of the species were analyzed in this study. The results show that the growth characteristics of small yellow croaker in the Bohai Sea have obviously changed during four decades, including miniaturization and simplifying of age and length composition. The mean body length reduced from 205.8 mm in 1960 to 143.3 mm in 1982, 136.6 mm in 1993, and 130.3 mm in 2003, respectively; the mean body weight reduced from 161 g in 1960 to 48 g in 1993, and 34 g in 2003, respectively; the mean age reduced from 3.8 a in 1960 to 2.1 a in 1982, 1.6 a in 1993 and 1.3 a in 2003, respectively. The exponent b of the length-weight relationship function decreased significantly ($P < 0.01$) with time, and the growth coefficient increased from 0.281 in 1960 to 0.325 in 1982, 0.460 in 1993 and 0.495 in 2003, respectively. The above results indicated that the growth rate increased. Studies on age composition, body length composition, growth and their derived growth parameters are indispensable in determining stock dynamics. The variations in population structure and growth characteristics of small yellow croaker in the Bohai Sea in the past four decades were possibly caused by long-term over-fishing pressure, stocks are adaptively response to the habitat environment changed. [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(2): 243–249]

Key words: growth characteristic; small yellow croaker; Bohai Sea

Corresponding author: JIN Xian-shi. E-mail: JIN@ysfri.ac.cn