

东海区小黄鱼种群生物学特性的分析

林龙山^{1,2}, 程家骅^{1,3}, 任一平³, 凌建忠¹

(1. 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 上海 200090; 2. 上海水产大学, 上海 200090; 3. 中国海洋大学, 山东 青岛 266003)

摘要:本研究以1963、1983和2001年东海区渔业资源监测调查资料为依据,对小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)的种群结构、生长和死亡等主要种群生物学特征进行了动态分析。结果表明,目前东海区小黄鱼种群的个体小型化、低龄化现象相当突出,平均年龄仅为0.923龄;生长加快,生长参数 k 值达0.55;体重生长的拐点年龄变小,仅为1.67龄;性成熟提前;死亡率提高,残存率减小。尽管小黄鱼近年来产量有所恢复,但资源利用对象主要以当年生补充群体为主,生长型捕捞过度趋势加重。

关键词:东海区;小黄鱼;种群生物学

中图分类号:Q931.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2004)04-0333-06

小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)为暖温性底层经济鱼类,东北亚特有种,在我国分布于渤海、黄海和东海,是我国渔业的主要捕捞对象^[1]。20世纪50年代以来,一直作为重要的研究对象被大量研究过^[2-7]。近年来,由于东海区伏季休渔制度的有效实施,小黄鱼产卵场和补充群体得到有效的养护^[8],资源数量有所恢复,产量明显上升,2000年其产量创东海区小黄鱼历史产量的最高记录,达 15.95×10^4 t,2001年产量为 12.50×10^4 t,处于历史较高水平。但是,产量的增加主要是由于捕捞强度的居高不下所致,而非小黄鱼资源的根本好转。恰恰相反,其个体小型化、性腺成熟提早的现象进一步加剧,渔获物主要以幼鱼为主,种群结构表现为低龄化特征。为此,本研究对小黄鱼体长与体重组成、年龄结构、生长参数、死亡率、残存率、性腺成熟度等种群动力学特征因子进行了时间序列上的比较分析,以期掌握东海区小黄鱼种群的内在动力变化规律,为今后合理利用和科学管理小黄鱼渔业资源提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

采用数据取自1963年、1983年和2001年东海

底拖网资源监测调查,调查时间均为小黄鱼产卵时期的4月份和5月份,取样地点为东海区北部海域。

1.2 分析方法

将多年份的小黄鱼生物学特征值(包括体长、体重、摄食等级、性腺成熟度和年龄等)输入鱼类资源动态监测数据库,采用Statistica(99 Edition)统计软件进行数据处理。小黄鱼生长方程模型选用 von Bertalanffy 生长方程(1),生长参数估算采用定差法^[9-10]。

$$L(t) = L_{\infty} \times [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad (1)$$

死亡率和残存率估算模型选用 Ricker^[11]:

$$A = 1 - s = \frac{1}{1 + t} \quad (2)$$

以上各式中 L_{∞} 和 k 分别为体长渐近值和生长系数, t_0 为理论初始年龄, A 为年总死亡率, S 为残存率, Z 为瞬时总死亡系数。

2 结果

2.1 渔获物体长、体重组成及年龄结构

2.1.1 渔获物体长、体重组成 1963年小黄鱼体长组成范围为110~330 mm,优势体长组为210~240 mm,占总数的21.82%;另一优势体长组为270~290 mm,占13.63%;体重组成范围为26~605

收稿日期:2003-12-03; 修订日期:2004-02-19.

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(G1999043710);科技部公益性基础研究项目资助。

作者简介:林龙山(1974-),男,硕士生,助理研究员。研究方向:海洋渔业生物学与海洋生态学。

通讯作者:程家骅。E-mail:ziyuan@public9.sta.net.cn

g;优势体重组为180~220 g,占总数的20.46%;另一优势体重组为360~390 g,占11.24%,见图1、表1。

1983年体长组成范围为109~277 mm,优势体长组为130~150 mm,占总数的42.86%,另一优势体长组为200~220 mm,占13.84%;体重组成范围为25~330 g,优势体重组为30~50 g,占总数的51.79%;另一优势体重组为120~140 g,占9.37%,

见图1、表1。

2001年体长组成范围为58~191 mm,优势体长组为100~130 mm,占总数的74.75%;体重组成范围为13~146 g,优势体重组为20~30 g,占总数的48.38%。平均体长从1963年的224.23 mm减少到1983年的152.31 mm,到2001年只有120.97 mm,见图1、表1。

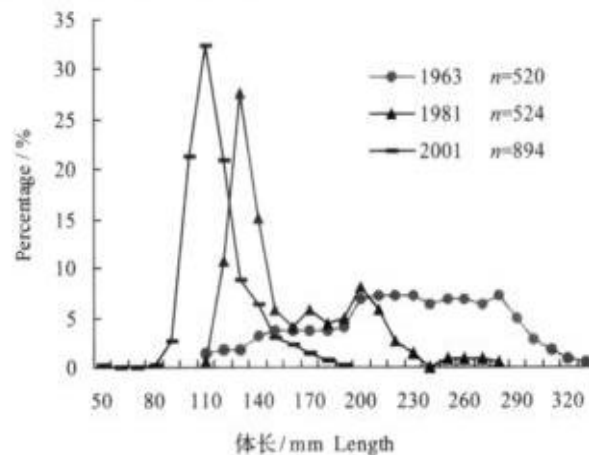


图1 各年份小黄鱼体长组分布频率

Fig.1 Length distribution of small yellow croaker at all ages

2.1.2 年龄结构组成 1963年年龄组成为0~14龄,优势年龄为3~6龄,占64.5%,平均年龄为5.66龄;1983年年龄组成为0~7龄,优势年龄为1~2龄,占84.3%,平均年龄为1.99龄;2001年年

龄组成范围为0~2龄,当龄鱼比例达98.8%,平均年龄只有0.923龄,1963年和2001年的平均年龄相差约8倍,详见表1。

表1 小黄鱼体长、体重及年龄结构组成(1963~2001)

Table 1 Composition of length and weight, age of small yellow croaker in 1963~2001

年份 Year	体长与组成/mm Length and composition			体重与组成/g Weight composition			年龄与组成/Age Age composition		
	范围 Range	优势组 Dominant	平均 Mean	范围 Range	优势组 Dominant	平均 Mean	范围 Range	优势组 Dominant	平均 Mean
1963	110~330	210~240 (21.82%) 270~290 (13.63%)	224.23	26~605	180~220 (20.46%) 360~390 (11.24%)	207.36	0~14	3~6 (64.5%)	5.66
1983	109~277	130~150 (42.86%) 200~220 (13.84%)	152.31	25~330	30~50 (51.79%) 120~140 (9.37%)	75.06	0~7	1~2 (84.3%)	1.99
2001	58~191	100~130 (74.75%)	120.97	13~146	20~30 (48.38%)	30.63	0~2	0~1 (98.8%)	0.538

* 括号中数字为平均值。

* The data in brackets are means.

2.2 生长特性

2.2.1 体长-体重关系 小黄鱼体长体重关系呈幂函数相关^[12]。对各体长组的体长 L 与体重 W 进行幂指数回归,求得各年份的小黄鱼体长-体重关系式为:

$$1963 \text{ 年: } W = 3.5651 \times 10^{-5} L^{2.8705} \\ (R = 0.9811, n = 520)$$

$$1983 \text{ 年: } W = 7.2046 \times 10^{-5} L^{2.7299} \\ (R = 0.9704, n = 524)$$

$$2001 \text{ 年: } W = 2.6594 \times 10^{-5} L^{2.9126} \\ (R = 0.9569, n = 894)$$

$$1997 \sim 2000 \text{ 年}^{[2]}: W = 2.0001 \times 10^{-5} L^{3.0186} \\ (R = 0.9746, n = 880)$$

2.2.2 生长参数 随着东海区捕捞强度的日益增大,以及环境因子的变化,小黄鱼种群结构已经发生变化。个体小型化、低龄化,性成熟提早现象较为明显^[3,5,13-14],其内禀动力也发生了变化。依据各年份调查测定数据,估计 von Bertalanffy 生长参数如表 2。

表 2 小黄鱼各项生长参数变化(1963~2001)

Table 2 Variety of growth parameters in small yellow croaker (1963~2001)

项目 Item	1963	1983	2001
生长系数 k Average curvature of growth curve	0.24	0.44	0.72
渐近体长 L/mm Asymptotic length	347.37	292.00	251.58
理论初始年龄 t_0 Zero-length age	-0.59	-0.33	-0.27
拐点年龄 t_i Inflection age	3.80	1.95	1.67

各年份 von Bertalanffy 体长生长方程分别为:

$$1963 \text{ 年: } L(t) = 347.37 \times [1 - e^{-0.24 \times (t + 0.59)}]$$

$$1983 \text{ 年: } L(t) = 292.00 \times [1 - e^{-0.44 \times (t + 0.33)}]$$

$$2001 \text{ 年: } L(t) = 251.58 \times [1 - e^{-0.55 \times (t + 0.27)}]$$

根据各年份体长体重相关关系的 b 值,以及体长生长方程中的 k 值和 t_0 值,根据 $t_i = \ln b/k + t_0$ 获得各年份体重生长拐点年龄见表 2。

依据 1963 年、1983 年及 2001 年小黄鱼生长方程,绘制出小黄鱼的生长曲线见图 2。

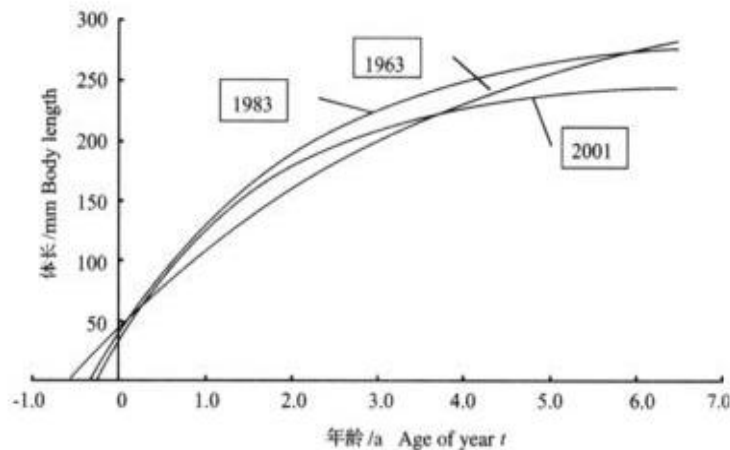


图 2 各年份小黄鱼体长生长曲线

Fig. 2 Growth curve of small yellow croaker in all ages

从表 2 可以看出,小黄鱼体重生长拐点年龄呈现出逐渐变小的趋势,从 1963 年的 3.80 龄变小到 1983 年的 1.95 龄,到 2001 年仅为 1.67 龄。

2.3 死亡率和残存率

由于 2001 年小黄鱼以当龄鱼占绝大多数,若利用世代分析法来估算死亡率和残存率,科学性不高,因此,本研究利用生长曲线和平均体长来估算 2001 年小黄鱼平均年龄。

1963 年及 1983 年则仍根据世代分析法求得平均年龄 $\bar{t}$,然后根据式(2)求得年总死亡率、残存率,见表 3。

2.4 性腺成熟度及性成熟个体的平均体长变化

据 1963 年、1983 年和 2001 年 4 月份渔获样品的分析结果表明,小黄鱼雌雄比分别为 0.79:1、0.75:1 和 0.82:1,雌雄比例变化相差不大。1963 年 4 月份性腺成熟度达Ⅲ期以上即性腺正在成熟的

个体占到92.9%,平均体长为246.2 mm,1983年4月份这部分个体占89.4%,平均体长为173.6 mm,而2001年这部分个体仅占54.1%,平均体长为123.4 mm,见图3。

表3 东海区小黄鱼死亡参数的变化

Table 3 Variety of mortality parameter of small yellow croaker (1963–2001)

项目 Item	1963	1983	2001
平均年龄 $\bar{x}$ Mean age	5.66	1.99	0.923
总死亡率 A Total mortality rate	0.151	0.334	0.520
残存率 S Survival rate	0.849	0.666	0.480

3 讨论

3.1 个体小型化、低龄化现象日益加剧

与1963年相比,2001年小黄鱼2龄鱼以上只

占1.2%,而1963年3~6龄鱼就占64.5%,见表1。与1983年相比,2001年当龄鱼比例大幅增加,1~2龄鱼比例则减少了83.1%,平均年龄也从原来的1.99龄降到了0.583龄,平均体长和平均体重也明显减少。与1998年相比^[15],2001年的平均年龄、平均体长和平均体重继续减小,平均年龄从1998年的1.02龄降到了0.583龄,平均体长和平均体重也分别从1998年的126.6 mm和37.9 g减少到121.95 mm和34.67 g。

小黄鱼体长分布已由原来1963年的多峰态曲线变为1983年的双峰态,到2001年变为明显的单峰态分布曲线,如图1。根据Goedien^[15]体长年龄关系经验,这种变化表明,目前小黄鱼的低龄化和小型化相当突出,体长组成及年龄结构趋于简单,资源结构相当脆弱。

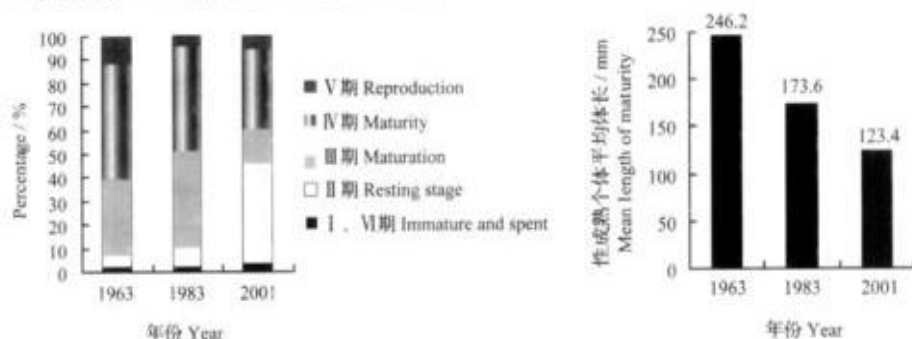


图3 小黄鱼性腺成熟度百分比组成及性成熟个体的平均体长

Fig. 3 Percentage of sexual maturity stage of small yellow croaker and mean length of maturity

3.2 个体生长速度加快

与1983年和1963年相比,2001年东海区小黄鱼的生物学特征和内禀生长动力发生了明显的变化。首先,生长参数 k 和 t_0 逐渐增大, k 值、 t_0 值分别由1963年的0.24、-0.59龄,逐步增大至1983年和2001年的0.44、-0.33龄和0.55和-0.27龄。其次,拐点年龄逐渐变小,1963年、1983年和2001年小黄鱼的体重生长拐点年龄分别为3.80龄、1.95龄和1.67龄。研究结果表明,近年来小黄鱼的种群结构趋于低龄化,生活史的性成熟前生长速度加快。造成这一生长差异的主要原因为:“鱼类资源对捕捞有很大的适应性。如果捕捞强度不大,资源就稠密,鱼体的生长就受到抑制;如果捕捞强度较大,资源就会变稀,个体生长就会加快”^[12]。

表明这种变化与捕捞强度的日益增大、小黄鱼早期的食物竞争减弱相关,是生物的某种程度自身调节与适应属性。

3.3 个体性成熟提早

东海小黄鱼的产卵期为2月下旬到5月初,盛期在4月份^[16]。目前产卵季节性成熟的小黄鱼几乎为当龄鱼,占98.8%,而在1963年,当龄小黄鱼仅占0.1%,4龄鱼以上占65.10%^[1]。本研究结果表明,1963年性成熟度在III期以上的个体平均体长为246.2 mm,1983年为173.6 mm,2001年为123.4 mm,其性成熟年龄提早,个体不断小型化。此外,与1983年相比,1997~2000年^[2]和2001年体长-体重关系指数 b 值有所增大。根据Ricker^[11]的研究结果,这种变化是小黄鱼的营养条件改变或本身

小龄化所致,也是小黄鱼对资源结构性衰退的生物学适应性反应。可见,目前小黄鱼产卵亲体已小型化和低龄化,性成熟提早趋势加重。

3.4 种群处于生长型捕捞过度

由于小黄鱼为底层鱼类,根据早期水产资源学家的研究,其资源数量属于相对稳定型,补充量和亲鱼量间存在密切依赖关系^[12]。因此,理论上如果大量捕捞其补充量,势必影响其亲鱼量。但是,根据本研究对东海区小黄鱼种群的年龄结构、性腺成熟状况、死亡率及残存率的分析表明,目前小黄鱼延续种群的亲鱼量往往由低龄或当龄鱼构成,性成熟提早现象较为突出,小黄鱼种群的年渔获量处于历史最高水平^[4]。而渔获物主要为补充群体构成。理论分析与渔业现实显示,现有的小黄鱼资源处于“生长型捕捞过度的危险状况”。如不尽快降低捕捞强度,东海区小黄鱼的种群结构将无从得以好转,小黄鱼渔业也将难以持续。

致谢:本文承蒙郑元甲研究员审阅以及参与东海区渔业资源监测的所有研究人员协助完成海上调查、生物学测定、数据收集、录入等工作,在此一并致谢。

参考文献:

- [1] 赵传颢,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] 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:上海科技出版社,2003.
- [3] 金显仕. 黄海小黄鱼生态和种群动态的研究[J]. 中国水产科学,1996, 3(1):32-46.
- [4] 林龙山. 东海区小黄鱼现存资源量分析[J]. 海洋渔业,2003, 26(1):10-15.
- [5] 林龙山,凌建忠,程家骅,等. 小黄鱼资源状况及合理利用意见[J]. 海洋渔业,2000,22(3):120-123.
- [6] 山田梅芳,田川勝,岸田周三. 東シナ海・黄海のさかな[M]. 長崎:日本工印刷,1986. 2-491.
- [7] 时村宗春. 東シナ海・黄海における底産類の資源評価手法の現状と問題点[J]. 西日本底産部会,1994(22):41-52.
- [8] 程家骅,刘子藩,林龙山,等. 东海区伏季休渔渔业生态效果的分析研究[J]. 中国水产科学,1999,6(4):81-85.
- [9] Gulland J A, Holt S J. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals[J]. J Cons Int Explor Mer, 1959, 25(1): 47-49.
- [10] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京:中国农业出版社,1993.
- [11] Ricker W E. Computation and interpretation of biological statistics of fish population[J]. Bull Fish Res Board Can, 1975, 19: 1-382.
- [12] 费鸿年,张诗全. 水产资源学[M]. 北京:中国科学技术出版社,1990.
- [13] 水柏年. 小黄鱼个体生殖力及其变化的研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版),2000,19(1):58-69.
- [14] 任一平,高天翔,刘群,等. 黄海南部小黄鱼渔获群体结构与繁殖特征的初步研究[J]. 海洋湖沼通报,2001(1):41-46.
- [15] Geoden G B. A monograph of the coral trout, *Plectropomus leopardus*[J]. Res Bull Fish Serv Queeasl, 1978(1):42.
- [16] 赵传颢,张仁斋. 中国近海鱼卵与仔鱼[M]. 上海:上海科技出版社,1985.

Analysis of population biology of small yellow croaker *Pseudosciaena polyactis* in the East China Sea region

LIN Long-shan^{1,2}, CHENG Jia-hua^{1,3}, REN Yi-ping³, LING Jian-zhong¹

(1. Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture; East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China; 2. Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China; 3. Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: Little yellow croaker *Pseudosciaena polyactis* is warm-temperate and economic fish of bottom layer, distributed in the Bohai Sea, the Yellow Sea and the East China Sea. It is the mainly catching target of fishery in China. Since the 1950's, the resource amount and fishery yield of small yellow croaker have changed greatly. Its fishery resources have experienced four phases such as prosperity, stabilization, decline and restoration. After the 1990's, because the measures of forbidden fishing zone, forbidden fishing period and summer close season were brought into effect, in the East China Sea the spawning ground and recruitment of small yellow croaker received effective maintenance, and the output obviously went up later on, achieving the historical supreme record of the output of small yellow croaker in the East China Sea region in 2000, which was 15.95×10^4 t, and the output was 12.50×10^4 t in 2001, which is in relatively high level in history. In fact, the increase of little yellow croaker's output was not due to the ultimate mending but the commanding fishing intensity. Negatively, the increasing output made the miniaturization and early-maturation more distinct. The catches mainly consisted of young fish and the population structure was low-aged. So in this research, some important population biological parameters of species dynamics such as the composing of body length and weightiness, age structure, growth and death, remaining ratio and gonad maturing were compared and analyzed according to time sequence in order to master the changing rule of small yellow croaker and to provide theoretic guidance for reasonable use and scientific management.

According to the data obtained from the fishery resources monitoring in the East China Sea in 1963, 1983 and 2001, the results of analysis indicated that the resource of small yellow croaker in the East China Sea was in a poor state. Miniaturization of population structure and trend of low age were quite distinct; the average body length reduced from 224.23 mm of 1963 and 152.31 mm of 1983 to 120.97 mm of 2001; the average age reduced from 5.66 and 1.99 in 1963 and 1983 to 0.923 in 2001; the growth rate increased and growth parameter rose to 0.55 in 2001 from 0.44 in 1983 and 0.24 in 1963; the inflexion age became small, which reduced from 3.80 years of 1963 and 1.95 years of 1983 to 1.67 years of 2001; at the same time the maturation advanced. On the other hand, the total mortality rate increased to 0.520 of 2001 from 0.334 of 1983 and 0.151 of 1963; the survival rate decreased from 0.849 of 1963 and 0.666 of 1983 to 0.480 of 2001. Although the output of the small yellow croaker showed a sign of recruit, the object utilized was mainly focused on the recruitment population one-year old and the over-fishing was sharpening.

Key words: East China Sea Region; small yellow croaker; population biology

Corresponding author: CHENG Jia-hua. E-mail: ziyuan@public9.sta.net.cn