

东海带鱼主要体征与个体繁殖力的关系

凌建忠^{1,2}, 程家骅^{1,3}, 任一平³, 林龙山^{1,2}

(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:利用2003年4~8月在东海长江口渔场和舟山渔场采集的带鱼(*Trichiurus haumela*)样品,对东海带鱼的个体繁殖力、以及个体繁殖力与各主要体征指标的关系进行分析。结果表明,个体绝对繁殖力 r 、相对繁殖力 r/L 和 r/W 均呈正态分布,分别为 $r \sim N(39233 \quad 4.5810 \times 10^8)$ 、 $r/L \sim N(150.33 \quad 2940.89)$ 和 $r/W \sim N(140.95 \quad 284.26)$;个体绝对繁殖力 r 和相对繁殖力 r/L 与各度量体征指标呈幂函数关系,与称量指标则为线性相关关系;个体相对繁殖力 r/W 与各体征指标的关系均不十分密切;个体绝对繁殖力 r 与肝重的关系为: $r = W_{\text{肝}} / (6.8531 \times 10^{-6} W_{\text{肝}} + 2.4326 \times 10^{-3})$;个体绝对繁殖力 r 与各体征指标的多元逐步回归方程为: $r = -91304.2 + 225.1L + 18070.1L_{\text{头}} + 389.3L_{\text{眼}} + 801.0W_{\text{肝}}$;个体相对繁殖力 r/L 与各体征指标的多元逐步回归方程为 $r/L = 14.12057 + 1.021L + 3.484W_{\text{肝}}$,用肛长和肝重的变化可以反映个体相对繁殖力 r/L 的变动。

关键词:体征;个体绝对繁殖力;个体相对繁殖力;带鱼;东海

中图分类号:S931.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2004)02-0116-05

种群的补充、生长和死亡是决定种群数量及其变动类型的3个相互联系过程,要阐明种群补充过程的基本规律,必须对其各个环节加以深入研究,而繁殖力的变动及其调节规律是补充过程的基础环节之一。因此,研究鱼类繁殖力不仅在理论上具有重要意义,而且对于正确估计种群及其数量变动规律,开展渔业管理和合理利用渔业资源具有现实意义。

关于东海带鱼(*Trichiurus haumela*)的繁殖力,20世纪90年代前,我国学者已进行过一些研究^[1-3]。但此后随着东海区捕捞强度的迅速提高,带鱼资源呈现出急剧衰退的趋势,渔获个体小型化、性成熟提早的现象日趋严重。生物学特征的变化,势必导致繁殖生物学也相应发生一定的变化。因此,本研究拟通过对东海带鱼主要体征与繁殖力关系的分析,揭示目前东海带鱼繁殖生物学的内在规律,旨在为今后东海带鱼的繁殖力监测研究及其资源管理提供相关的理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品来源

收稿日期:2003-10-14; 修订日期:2003-11-21。

基金项目:中国水产科学研究院基金项目(2002.7-2005.6)。

作者简介:凌建忠(1970-),男,助理研究员,从事海洋渔业资源评估与管理。

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

研究样品取自2003年4~8月东海区渔业资源动态监测网沪渔7137、浙嵎渔10101和浙嵎渔203监测船在长江口渔场及舟山渔场的拖网生产渔获。样品总数为164尾,其中性腺成熟度IV、V期的样品数为67尾。

1.2 研究方法

测定性腺成熟度为IV、V期带鱼样品的5个度量体征指标,分别为肛长、头长、眼径、体高和体宽。

测定性腺成熟度为IV、V期带鱼样品的4个称量体征指标,分别为体重、纯体重、性腺重和肝重。

取成熟度为IV、V期的带鱼卵巢样品,并以精度0.01g的电子秤称量。取0.2~0.5g(前、中、后部卵粒混合)卵巢组织,用10%的甲醛溶液固定,于计数槽中,以10×10倍的双筒解剖镜下进行计数,换算各样品个体的卵巢总卵粒数。

利用数理统计软件Basic Statistics^[4,5]、SPSS^[6]等进行数据处理。

2 结果

2.1 样品个体组成

性腺成熟度为IV、V期的67尾带鱼样品的肛长分布如图1。肛长范围为164~395 mm,其中优势肛长组为180~300 mm,占92.54%,平均肛长247.33 mm,标准差为40.74 mm。

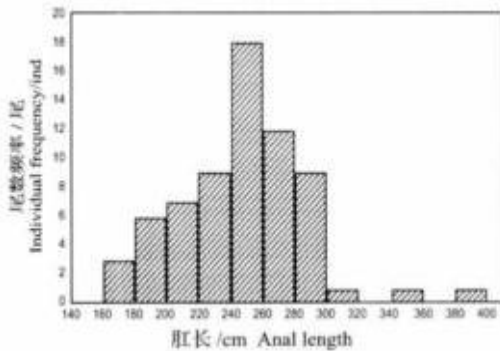


图1 带鱼肛长频率分布

Fig. 1 Distribution of anal length in *Trichiurus haumela*

2.2 个体繁殖力

由于个体繁殖力受多因素的影响,如生理因素、环境因子等,即使是同样体征指标的样品个体,它的变化范围也是有波动的。本次实验结果测得67尾带鱼样品的个体绝对繁殖力 r 波动于9 674~159 142粒,平均为39 233粒。个体相对繁殖力 r/L (个体绝对繁殖力/肛长),波动于59~352粒/mm,平均为150.33粒/mm; r/W (个体绝对繁殖力/体重),波动于94~173粒/g,平均为140.95粒/g。

为了找出东海带鱼繁殖力的变化规律及特征,对个体绝对繁殖力 r ,个体相对繁殖力 r/L , r/W 的分布函数进行了统计假设检验。结果表明,个体绝对繁殖力 r ,个体相对繁殖力 r/L , r/W 均服从正态分布,其表达式分别为:

$$r \sim N(39\,233 \quad 4.5810 \times 10^8), v_1 = 1.960\,4, \\ v_2 = 6.725\,3, n = 67$$

$$r/L \sim N(150.33 \quad 2940.89), v_1 = 1.003\,4, \\ v_2 = 1.881\,0, n = 67$$

$$r/W \sim N(140.95 \quad 284.26), v_1 = -0.782\,5, \\ v_2 = 0.503\,1, n = 67$$

式中 v_1 为偏度, v_2 为峰度, n 为样本数。

在统计学上^[7,8-10],当母本服从正态分布时,统计量也近似地服从标准正态分布 $[|p| > 1.96] = 0.05$ 。由此可以进一步得到个体繁殖力 r , r/L , r/W 均值 u_r , $u_{r/L}$, $u_{r/W}$ 的95%置信区间分别为:

$$34\,012.28 < u_r < 44\,453.62, 137.10 < u_{r/L} <$$

$$163.56, 136.81 < u_{r/W} < 145.09$$

为了进一步比较个体相对繁殖力 r/L 和 r/W 的稳定性,对二者进行方差 δ_r^2/L , δ_r^2/W 检验。

假设: $H_0: \delta_r^2/L \leq \delta_r^2/W$

$$F = \frac{\delta_r^2/L}{\delta_r^2/W} = \frac{2\,940.89}{284.26} = 10.35 > F_{0.01}(1, 66)$$

式中 δ_r^2/L , δ_r^2/W ,分别为 r/L 和 r/W 的样本方差。

由此可见,拒绝原假设, r/L 的方差大于 r/W 的方差,即 r/W 比 r/L 更加稳定。

2.3 个体繁殖力与单一体征间的关系

鱼类个体繁殖力的变化与鱼体的各体征指标之间有着不同程度、不同形式的联系。为了找出繁殖力各指标之间的关系,本研究对测定数据分别采用多种函数进行拟合分析,选出最佳拟合回归方程(表1)。

在各度量指标中,个体绝对繁殖力 r 和相对繁殖力 r/L 与各度量指标(如肛长、体高等)均呈幂函数关系,个体繁殖力随着这些指标的增加而增加。在所有度量指标中,个体繁殖力与肛长关系最为密切,体高次之。

在各称量指标中,个体绝对繁殖力 r 和相对繁殖力 r/L 与各称量指标(如体重、纯体重等)呈线性正相关关系。它们与体重的关系最为密切,与纯体重和性腺重次之。

个体相对繁殖力 r/W 与各体征指标的关系均不十分密切。

2.4 个体繁殖力与肝重的关系

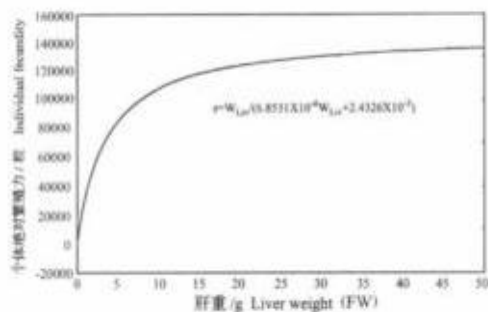
研究的结果表明,个体绝对繁殖力 r 与肝重 $W_{\text{肝}}$ (FW)的关系为:

$$r = W_{\text{肝}} / (6.853\,1 \times 10^{-6} W_{\text{肝}} + 2.432\,6 \times 10^{-5}), R^2 = 0.722\,6, P < 0.001$$

随着肝重的增加,个体绝对繁殖力也相应的增加,而且渐渐地趋向于某一渐近线(图2)。

2.5 个体繁殖力与多元体征间的关系

个体繁殖力与单一指标的关系虽然能反映出个体繁殖力与某一指标的局部关系,但这往往是有片面性的。为了更好地探索东海带鱼个体繁殖力与其主要体征指标之间的关系,此处采用多元逐步回归分析方法,从所测得的体征指标中筛选出对个体繁殖力影响显著的指标,舍弃影响不显著的指标,建立东海带鱼个体繁殖力与体征指标多元回归方程。

图2 东海带鱼个体繁殖力(r)与肝重(W_{Liv})的关系Fig. 2 Relationship between individual fecundity r and liver weight W_{Liv}

$$r = -91\,304.2 + 225.1L + 18\,070.1L_h + 389.3L_h + 801.0W_{Liv}$$

$$R^2 = 0.987\,7, P < 0.000\,1,$$

$$t(4,65) = -3.352\,3, F = 7.342$$

$$r/L = 14.120\,57 + 1.021L + 3.484W_{Liv}$$

$$R^2 = 0.968\,2, P < 0.000\,01,$$

$$t(2,65) = -0.781\,6, F = 4.448\,8$$

式中 L 为肛长, L_h 为体宽, L_b 为头长, W_{Liv} 为肝重, R^2 为复相关系数。

对个体绝对繁殖力 r 而言,表1的9个体征指标中,肛长、体宽、头长和肝重4个体征指标经逐步回归运算,成为回归方程中的变量。

对个体相对繁殖力 r/L 而言,表1的9个体征指标中,只有肛长和肝重两个体征指标被选入逐步回归方程中。由此可见,肛长和肝重的变化可以反映个体相对繁殖力 r/L 的变动。

表1 个体繁殖力与个体征之间的函数关系

Table 1 Function relations between fecundity and body character

指标 Index	体征指标 Body character	r Individual absolute fecundity	r/L Individual relative fecundity	r/W Individual relative fecundity
度量 指 标 Measure character	肛长 L Anal length	$r = 0.0013L^{3.1502}$ ($R^2 = 0.9633, p < 0.0001$)	$r/L = 0.0013L^{2.1502}$ ($R^2 = 0.9235, p < 0.0001$)	$R^2 < 0.21$
	头长 L_h Head length	$r = 0.0001L_h^{4.2087}$ ($R^2 = 0.7528, p < 0.0001$)	$r = 0.0002L_h^{2.9568}$ ($R^2 = 0.7421, p < 0.0001$)	
	体高 L_d Body height	$r = 0.1571L_d^{3.1395}$ ($R^2 = 0.9061, p < 0.0001$)	$r/L = 0.0332L_d^{2.1404}$ ($R^2 = 0.8771, p < 0.0001$)	
	体宽 L_b Body width	$r = 8.3404L_b^{2.9415}$ ($R^2 = 0.7662, p < 0.0001$)	$r/L = 0.468L_b^{2.017}$ ($R^2 = 0.7503, p < 0.0001$)	
	眼径 L_e Eye diameter	$r = 13.429L_e^{1.6408}$ ($R^2 = 0.4795, p < 0.001$)	$r/L = 0.629L_e^{1.950}$ ($R^2 = 0.475, p < 0.001$)	
	体重 W Weight	$r = 147.63W - 1636.1$ ($R^2 = 0.9514, p < 0.0001$)	$r/L = 0.707W + 48.216$ ($R^2 = 0.9079, p < 0.0001$)	$R^2 < 0.1$
	净体重 W_s Net weight	$r = 162.33W_s + 1565.1$ ($R^2 = 0.9326, p < 0.0001$)	$r/L = 0.4003W_s + 57.94$ ($R^2 = 0.8584, p < 0.0001$)	
重量 指 标 Weight character	性腺重 W_g Sex gland weight	$r = 1988.4W_g - 126.46$ ($R^2 = 0.896, p < 0.001$)	$r/L = 5.0631W_g + 50.609$ ($R^2 = 0.8494, p < 0.001$)	
	肝重 W_{Liv} Liver weight	$r = W_{Liv} / (6.8531 \times 10^{-6} W_{Liv} + 2.4326 \times 10^{-5})$ ($R^2 = 0.7226, p < 0.001$)	---	

3 讨论

3.1 东海带鱼个体生物学特征的变化

东海带鱼资源利用过程大致可以分为4个阶段:(1)20世纪50~60年代的利用不足(平均年产23.7万t);(2)20世纪70年代充分利用(平均年产41.4万t);(3)20世纪80年代的过度利用(平均年产40万t);(4)20世纪90年代至21世纪初的严重

过度利用(平均年产68.73万t)。其生物学特征和生殖群体的繁殖生物学特征随着捕捞强度的增加也相应发生了明显的变化。由表2可以看出,3个不同年代低龄鱼(0、1龄)总体所占的百分比基本相同,但是其中0龄鱼(当年生)的比例明显呈上升趋势,个体平均体长、平均体重和优势体长组范围分别在减小、减轻和提前,渔获个体低龄化、小型化的生物学特征表现正日益加剧,东海带鱼资源的种群内

繁殖力正在加强,资源的总体质量进一步恶化^[11]。

3.2 东海带鱼个体繁殖力的变动

从个体繁殖力方面来看,作者比较了1976年^[2]、1993~1994年^[1]和2003年^[2]3个不同时期同年龄、同一体长组(180~300 mm)的个体平均绝对繁殖力,结果发现,2003年最高,平均为4.042万粒;其次是1993~1994年,平均为3.948万粒;1976年最低,平均为3.898万粒。可见带鱼个体绝对繁殖力有逐步上升的趋势。另外,由3个不同时期带

鱼最小性成熟体长、最小性成熟体重可见(表2),最小性成熟体长、最小性成熟体重在逐步减少,说明性成熟提早是带鱼提高繁殖力的一个重要调节方式。捕捞强度的持续增大,最小性成熟体长、体重的逐步减少,个体绝对繁殖力的相对提高这一基本现实,表明性成熟提早、繁殖力提高是带鱼适应自然、保持种群延续的自身内在调节结果。因此,尽快控制捕捞强度是恢复东海带鱼繁殖生物学固有特征的根本手段,是维护东海带鱼资源的最有力措施。

表2 3个不同时期生物学特征的比较(5~8月)

Table 2 Comparison of biological characters in three different periods (May - August)

生物学特征 Biological character	年份 Year		
	1976 ^[2]	1993~1994 ^[1]	2003 ^[2]
年龄/a Age of year	0~6	0~5	0~4
低龄鱼占百分比 Young fish percentage	0 Year old 3.3% 1 Year old 93.6%	0 Year old 15.1% 1 Year old 82.8%	0 Year old 25.5% 1 Year old 73.4%
平均体长/mm Average body length	229	183	168.7
优势体长组分布 Dominant body length distribution	210~260 mm 73.3%	130~210 mm 71.9%	125~210 mm 75.2%
平均体重/g Average weight	170.8	99.3	72.8
最小性成熟体长/mm Length at first maturity	190~200	150~160	140~150
最小性成熟体重/g Weight at first maturity	100~105	50~55	45~50

3.3 个体繁殖力的体征表达

为便于今后能更快、更准确的对鱼类繁殖力进行监测,用何种体征来分析表达繁殖力变动较为合适,这是国内外学者所普遍关心的一个问题。有学者^[12]曾试图用繁殖力系数 $c=LW/r$ (L 为体长、 W 为体重、 r 为个体绝对繁殖力)的变动特性来阐明体长和体重这两个因素对繁殖力的综合影响,以便能推算出个体繁殖力,以减轻繁重的卵粒计数工作。也有学者提出异议^[12],认为繁殖力系数的波动较大,其实用意义值得考虑。而笔者认为繁殖力系数无论是用来表示体长和体重对繁殖力的综合影响,还是作为繁殖力的一个指标,或用来推算个体繁殖力都不太合理。用 $c=LW/r$ 来表示繁殖力系数,实际上是假定 r 和 LW 之间存在着一定的线性关系,但是 r

和 LW 之间并不是一般的普通函数关系。如郑文莲等^[2]对福建官井洋大黄鱼个体繁殖力的研究中发现, r 与 LW 是线性相关,而张本等^[3]对银鲷个体生殖力的研究则发现, r 与 LW 是呈曲线相关。作者也对本次实验带鱼的个体绝对繁殖力 r 与 LW 之间的关系进行了拟合分析,得到回归方程为 $r=6.5876(LW)^{0.7783}$ ($R^2=0.9531$, $P<0.001$)。由此可见,对于不同的鱼种绝对繁殖力 r 与 LW 的关系可能是不同的。另外, r 和 LW 之间的相关系数反而较 r 和单个指标 L 之间的相关系数(0.9633)有所降低,即 r 依 L 的回归要优于 r 依 LW 的回归。后者只能说明“肛长与体重之积”对繁殖力的影响,既不能说明 L 或 W 对繁殖力的影响,也不能阐明其对繁殖力的综合影响。笔者经研究认为,对于东海带鱼个体繁殖力的体征表达,用多个体征指标来描述繁殖力变化,多元回归分析较合适。而需要考虑多变量时,逐步回归更能显示其优点。

1) 孔祥雨. 带鱼、小黄鱼个体繁殖力及变化的研究. 1995.

2) 东海区渔业资源监测网海区站监测调查资料. 2003.

参考文献:

- [1] 丘望春, 蒋定和. 东海带鱼 *Trichiurus haumela* (Forsk.) 个体生殖力的研究[J]. 水产学报, 1965, 2(2): 13-25.
- [2] 李斌华. 东海带鱼个体生殖力及其变动的研究[J]. 海洋与湖泊, 1983, 14(3): 220-237.
- [3] 杜金瑞, 陈勃气. 台湾海峡西部海区带鱼的生殖力[J]. 台湾海峡, 1983, 2(2): 122-132.
- [4] 洪 楠, 侯 军, 李志辉. Statistic for Windows[M]. 北京: 清华大学出版社, 北方交通大学出版社, 2002.
- [5] Stat Soft Inc. STATISTIC for Windows[M]. USA Oklahoma, 1996.
- [6] 卢纹波, 朱一力, 沙 捷, 等. SPSS for Windows 从入门到精通[M]. 北京: 电子工业出版社, 1997.
- [7] 斯内德克 G W. 统计方法[M]. 上海: 上海翻译出版公司, 1990. 51-81.
- [8] Burr Irving W. Applied Statistic Methods[M]. New York: Academic Press Inc., 1974.
- [9] Susan M J. Statistical methods in the biological and health sciences[M]. New York: McGraw-Hill, Inc., 1992.
- [10] Finney D J. An Introduction to Statistical Science in Agriculture[M]. New York: Oliver and Boyd, 1953.
- [11] 周永东, 徐汉祥, 刘子藩, 等. 东海带鱼群体结构变动的研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2002, 21(4): 314-319.
- [12] 郑文莲, 徐恭昭. 福建官井洋大黄鱼个体生殖力的研究[J]. 水产学报, 1964, 1(1-2): 1-15.

Relationships between main physical characters and individual fecundities of hairtail *Trichiurus japonicus* in the East China Sea

LING Jian-zhong^{1,2}, CHENG Jia-hua^{1,3}, LIN Long-shan^{1,2}

(1. Key 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: Using the individuals of hairtail *Trichiurus japonicus* Temminck et Schlegel collected in Changjiang Estuary and Zhoushan fishing ground in East China Sea from April to August 2003, the individual fecundities and the correlations between individual fecundities and main physical characters of hairtail were analyzed. The measured samples were at maturation stages IV and V in sex gland. Five measured indices are anal length (L), head length (L_h), body height (L_d), body width (L_n) and eye diameter (L_e), and four weighed indices are body weight (W), net weight (W_s), sex gland weight (W_g) and liver weight (W_{lv}). The results show that: (1) the individual absolute fecundity r , the individual relative fecundity r/L and r/W are all following normal distribution, namely $r \sim N(39233 \quad 4.5810 \times 10^8)$, $r/L \sim N(150.33 \quad 2940.89)$ and $r/W \sim N(140.95 \quad 284.26)$, respectively; (2) r and r/L are of power function relation with measured indices and of linear function with weighed indices, while r/W is hardly of close relation with the main physical character measures; (3) the expression of the relation between r and W_{lv} is $r = W_{lv} / (6.8531 \times 10^{-6} W_{lv} + 2.4326 \times 10^{-5})$, and the multiple stepwise regression equation of r/L and the main physical character measures is $r/L = 14.12057 + 1.021L + 3.484W_{lv}$; (4) the variations in L and W_{lv} can reflect the fluctuation in individual relative fecundity.

Key words: main body character; absolute individual fecundity; individual relative fecundity; *Trichiurus japonicus*; East China Sea

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

* This study is funded by the programme of Chinese Academy of Fishery Sciences (2002.7-2005.6).