

· 研究简报 ·

放大网囊网目尺寸对南海多齿蛇鲭的影响

张 鹏, 杨 吝, 张旭丰, 谭永光

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300)

摘要:根据南海北部多齿蛇鲭生物学参数和20世纪80年代南海区拖网选择性试验数据,运用Beverton-Holt模型,分析在不同捕捞死亡系数 F 时,网囊网目尺寸从目前的平均27 mm放大到39 mm后多齿蛇鲭的单位补充量渔获量 Y_w/R 、单位补充量渔获尾数 Y_x/R 、渔获平均体长 L_f 、渔获平均体重 W_f 和渔获平均年龄 T_f 的变化情况。结果表明:网目尺寸放大后,在捕捞强度不变的情况下, Y_w/R 、 L_f 、 W_f 、 T_f 的值均有不同程度的提高,且当前的捕捞死亡系数 F 越大,增幅越明显; Y_x/R 的值却有所降低,降幅基本不受 F 的影响。 F 在0.4~3.0范围时,网目放大后多齿蛇鲭在年渔获尾数下降15%的情况下,产量反可增加11%~69%;同时 L_f 提高16%~30%、 W_f 提高31%~99%、 T_f 提高22%~50%。就39 mm网目而言, F 值为0.6时,多齿蛇鲭可获得最大产量。

关键词:网目放大;多齿蛇鲭;Beverton-Holt模型

中图分类号:S972.13 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2004)05-0478-04

目前我国近海渔业资源严重衰退,为保护和合理利用资源,农业部决定自2004年7月1日起全面实施海洋捕捞网具最小网目尺寸制度,其中南海区拖网网囊最小网目尺寸为39 mm^[1]。而目前南海区拖网网囊网目尺寸一般为16.7~35.2 mm,平均只有27 mm^[1]。

拖网网囊网目尺寸放大后,会使鱼类首次捕捞体长 L_c ,亦即首次捕捞年龄发生变化,这样就会对渔获量产生影响。本研究以南海北部拖网作业中出现频率和产量均较高^[2]的多齿蛇鲭(*Saurida tumbil*)为指标种,根据南海拖网网囊选择性试验数据及南海北部多齿蛇鲭生物学参数,运用Beverton-Holt^[3]模型,分析了在不同捕捞强度下,网目尺寸从27 mm放大到39 mm后,多齿蛇鲭单位补充量渔获量 Y_w/R 、单位补充量渔获尾数 Y_x/R 、渔获平均体长 L_f 、渔获平均体重 W_f 、渔获平均年龄 T_f 的变化。

1 材料和方法

1.1 材料

1980~1981年南海区拖网网囊选择性试验所获得的有关多齿蛇鲭的选择性试验数据^[2];2001~2002年南海区主要

经济种类可捕规格调查中采用的有关多齿蛇鲭的生物学参数,即全面补充年龄(进入渔场年龄) $t_0 = 0.08$ a,最大年龄 $t_{\infty} = 6$ a,自然死亡系数 $M = 0.52$,最大体长 $L_{\infty} = 688$ mm,最大体重 $W_{\infty} = 4\ 013$ g,生长参数 $K = 0.25$,理论上开始生长的年龄 $t_0 = -0.28$ a^[3]。

1.2 方法

1.2.1 根据选择性试验数据确定首次捕捞体长 一般而言,不同鱼种50%选择体长与网目尺寸之间的函数关系可用如下的一元线性方程表示^[4]:

$$L_{0.5} = am + b \quad (1)$$

式中, $L_{0.5}$ 表示选择率为50%时的体长, m 表示网目尺寸, a 、 b 为参数。我们可根据拖网网囊选择性试验获得的有关多齿蛇鲭的数据,应用线性回归法求出参数 a 、 b ;再分别将 m 等于27 mm和39 mm代入公式,求得对应的 $L_{0.5}$,即首次捕捞体长 L_c 。

由于在20世纪80年代的拖网选择性试验中,多齿蛇鲭的长度是以叉长来表示的,需换算为体长。因此根据1963~1964年南海北部底拖网鱼类资源调查资料^[4],选取200尾多齿蛇鲭的体长(L_b)和叉长(L_f)数据,拟合得到以下直线

收稿日期:2003-11-23; 修订日期:2004-02-25。

基金项目:农业部渔业局水产行业标准化项目(2000230)。

作者简介:张 鹏(1978-),男,研究实习员,主要从事渔具渔法和渔业资源管理研究。E-mail: zhangpeng21@tom.com

通讯作者:杨 吝。Tel: 020-74695174。E-mail: scsfish@21cn.com

1) 农渔发23号文。关于做好全面实施海洋捕捞网具最小网目尺寸制度准备工作的通知。2003。

2) 南海水产研究所。南海区拖网网囊最小网目尺寸。南海水产研究所科技档案室,1983。

3) 南海水产研究所。南海区主要经济种类可捕规格调查。南海水产研究所科技档案室,2003。

4) 南海水产研究所。南海北部底拖网鱼类资源调查。南海水产研究所科技档案室,1965。

方程:

$$L_0 = 0.928 2L_F - 3.866 9$$

(相关系数 $r = 0.997 5; n = 200$) (2)

1.2.2 由 Von-Bertalanffy 生长方程确定首次捕捞年龄 t_c

多齿蛇鲻的生长规律可用 Von-Bertalanffy 生长方程^[4]描述:

$$L_{t_c} = L_{\infty} (1 - e^{-K(t_c - t_0)})$$
 (3)

由式(3)可推导出式(4):

$$t_c = \frac{1}{K} \ln \frac{L_{\infty}}{L_{\infty} - L_{t_c}} + t_0$$
 (4)

将已知的 $L_{\infty} = 688, K = 0.25, t_0 = -0.28$ 代入式(4)得:

$$t_c = \frac{1}{0.25} \ln \frac{688}{688 - L_{t_c}} - 0.28$$
 (5)

由此,我们将 27 mm 和 39 mm 网目对应的 L_{t_c} 代入式(5),即可确定多齿蛇鲻的首次捕捞年龄 t_c 。

1.2.3 Beverton-Holt 模型分析

B-H 模型相关方程如下^[3]:

$$Y_w/R = F W_{\infty} e^{-M(t_c - t_0)} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{Q_n e^{-nK(t_c - t_0)}}{F + M + nK} [1 - e^{-(F + M + nK)(t_c - t_0)}]$$
 (6)

$$Y_s/R = F e^{-M t_c} \cdot \frac{1 - e^{-(F + M)A}}{F + M}$$
 (7)

$$W_T = \frac{W_{\infty} (F + M)}{1 - e^{-(F + M)A}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{Q_n e^{-nK(t_c - t_0)}}{f + m + nK} [1 - e^{-(f + m + nK)A}]$$
 (8)

$$\bar{L}_T = L_{\infty} [1 - \frac{(F + M)[1 - e^{-(F + M + K)A}]}{(F + M + K)[1 - e^{-(F + M)A}]} e^{-K(t_c - t_0)}]$$
 (9)

$$\bar{T}_T = \frac{1}{F + M} + \frac{t_c - t_0 e^{-(F + M)A}}{1 - e^{-(F + M)A}}$$
 (10)

($\lambda = t_c - t_0; p = t_c - t_0$; 当 $n = 0$ 时, $Q_0 = 1$; $n = 1$ 时, $Q_1 = -3$; $n = 2$ 时, $Q_2 = 3$; $n = 3$ 时, $Q_3 = -1$)

在这 5 个方程中均含有受人为捕捞活动作用的可控变量,即捕捞死亡系数 F 和首次捕捞年龄 t_c ,其中 F 由捕捞努力量决定, t_c 则受网囊网目尺寸控制。

网目尺寸分别为 27 mm 和 39 mm 时,即确定的条件下,考虑 F 值变化对 $Y_w/R, Y_s/R, \bar{L}_T, W_T, \bar{T}_T$ 的影响,并绘制变化曲线图。

2 结果与讨论

2.1 27 mm 和 39 mm 网目对应的首次捕捞年龄 t_c

由拖网选择性试验数据,求得 31 mm、39 mm、45 mm 和 63 mm 网囊网目对应的多齿蛇鲻 50% 选择叉长分别为 121 mm、159 mm、202 mm 和 251 mm。将此叉长值代入公式(2),求得 31 mm、39 mm、45 mm 和 63 mm 网目对应的 50% 选择体长分别为 108 mm、144 mm、184 mm 和 229 mm(表 1)。

根据 4 种网目及其对应的 $L_{0.5}$ 值,拟合多齿蛇鲻 50% 选择体长和网目尺寸的回归方程为:

$$L_{0.5} = 3.75m - 0.40, R = 0.977 8$$
 (11)

再将 m 等于 27 mm 和 39 mm 代入公式(11),求得 $L_{0.5}$ 即首次捕捞体长 L_c 分别为 101 mm 和 146 mm。最后将 L_c

等于 101 mm 和 146 mm 代入公式(5),求得 t_c 分别为 0.35a 和 0.67a,即 27 mm 网囊网目对应的多齿蛇鲻首次捕捞年龄 t_c 为 0.35a,39 mm 网囊网目对应的多齿蛇鲻首次捕捞年龄 t_c 为 0.67a(表 2)。

表 1 网囊网目尺寸及其对应的多齿蛇鲻 50% 选择叉长和体长

Table 1 Meshes size and the corresponding 50% selection body lengths & fork lengths of *Saurida tumbil*

网目/mm Mesh size	叉长/mm Fork length	体长/mm Body length
31	121	108
39	159	144
45	202	184
63	251	229

表 2 27 mm 和 39 mm 网目对应的多齿蛇鲻首次捕捞年龄

Table 2 Meshes size of 27 mm & 39 mm and corresponding first catch ages of *Saurida tumbil*

m/mm	$L_{0.5}/mm$	L_c/mm	t_c/a
27	101	101	0.35
39	146	146	0.67

2.2 Beverton-Holt 模型分析

已知多齿蛇鲻生物学参数,根据 Beverton-Holt 模型公式(6)至公式(10),分别计算拖网网囊网目为 27 mm(即 $t_c = 0.35a$)和 39 mm(即 $t_c = 0.67a$)时,多齿蛇鲻的 $Y_w/R, Y_s/R, \bar{L}_T, W_T, \bar{T}_T$ 的值随捕捞死亡系数 F 变化的情况,并根据计算结果绘制变化曲线图。

2.2.1 单位补充量渔获量 Y_w/R 从图 1 可见,当网目尺寸确定时,用 Y_w/R 表示的可能渔获量首先随着捕捞强度,也就是捕捞死亡系数 F 的增大而迅速达到最高值,然后随着 F 的增大,表示可能渔获量的曲线开始慢慢下降。就 39 mm 网目而言, F 值为 0.6 时,多齿蛇鲻可获得最大产量。 Y_w/R 的临界值为 t_c 时的个体平均体重,即在 F 无限大的情况下,多齿蛇鲻资源群体刚达到首次捕捞年龄,全部个体即被迅速捕获。

在 F 值相同时,39 mm 曲线的 Y_w/R 值总是高于 27 mm 曲线的 Y_w/R 值,且 F 越大,差距越明显。即网目尺寸从 27 mm 放大到 39 mm 后,在捕捞强度不变的情况下多齿蛇鲻的产量总是增加,且当前的 F 越大,增幅越明显。

在 F 为 0.4~3 范围内,27 mm 网目对应的 Y_w/R 为 86~30 g,39 mm 网目对应的 Y_w/R 则为 95~51 g,所以网目放大后,产量可提高 11%~69%。

2.2.2 单位补充量渔获尾数 Y_s/R 从图 2 可见,当网目尺寸确定时,用 Y_s/R 表示的可能渔获尾数随着捕捞强度,也就是捕捞死亡系数 F 值的增大而增大,但增幅却随着 F 值

的增大而减小。由此分析出, Y_N/R 的临界值为 1, 即在 F 值无限大的情况下, 达到首次捕捞年龄后的多齿蛇鲻个体被全部捕获, 没有自然死亡。

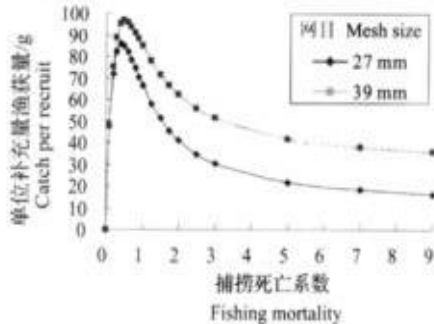


图1 单位补充量渔获量随捕捞强度变化曲线

Fig.1 Catch per recruit varying with fishing mortality coefficient

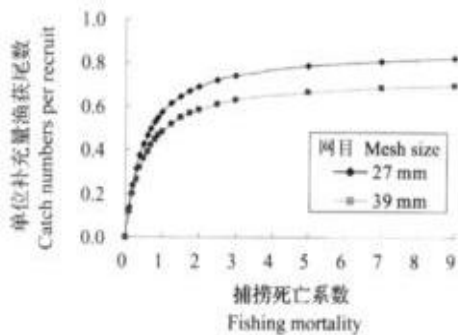


图2 单位补充量渔获尾数随捕捞强度变化曲线

Fig.2 Catch numbers per recruit varying with fishing mortality coefficient

在 F 值相同时, 39 mm 曲线的 Y_N/R 值总是小于 27 mm 曲线的 Y_N/R 值, 即网目尺寸从 27 mm 放大到 39 mm 后, 在捕捞强度不变的情况下, 多齿蛇鲻的渔获尾数下降。这是由于网目放大后释放的部分幼鱼, 因为自然死亡而损失了一部分。由于 Beverton-Holt 模型中假定鱼类达到全面补充年龄 t_c 后的自然死亡系数 M 不变, 所以在捕捞强度不变的情况下, 网目调整范围即 t_c 的变化确定后, Y_N/R 的降幅也随之确定, 而与 F 的大小无关。

在 F 值为 0.4~3 范围内, 27 mm 网目渔获尾数为 0.38~0.74, 39 mm 网目渔获尾数则为 0.32~0.63, 所以网目放大后, 渔获尾数下降约 15%。

2.2.3 渔获平均体长 $\bar{L}_y$ 、体重 $\bar{W}_y$ 和年龄 T_y 由于渔获物的体长(图3)、体重(图4)是年龄(图5)的函数, 三者的变化趋势是一致的, 只须分析其中的一项即可。现以渔获物的平均体长 $\bar{L}_y$ 为例进行分析。

由图3可见, 当网目尺寸确定时, 渔获物的平均体长 $\bar{L}_y$

随着 F 值的增加而下降, 但降幅随着 F 值的增大而减小。 $\bar{L}_y$ 临界值为首次捕捞体长 L_c 。

在 F 值相同时, 39 mm 曲线的 $\bar{L}_y$ 值总是大于 27 mm 曲线的 $\bar{L}_y$ 值, 即网目尺寸从 27 mm 放大到 39 mm 后, 在捕捞强度不变的情况下多齿蛇鲻的渔获平均体长 $\bar{L}_y$ 总是增大, 且 F 越大, 增幅越明显。

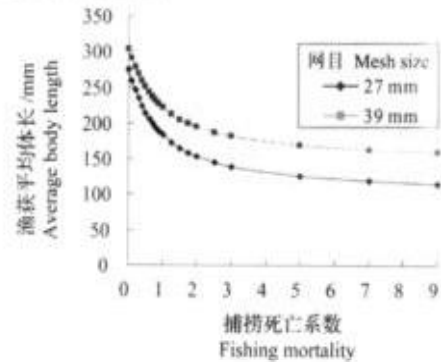


图3 渔获平均体长随捕捞强度变化曲线

Fig.3 Average body length of catch varying with fishing mortality coefficient

在 F 为 0.4~3 范围内, 27 mm 网目 $\bar{L}_y$ 为 214~139 mm, $\bar{W}_y$ 为 228~41g, T_y 为 1.41~0.63a; 39 mm 网目 $\bar{L}_y$ 为 259~181 mm, $\bar{W}_y$ 为 299~82g, T_y 为 1.72~0.95a。所以网目放大后, 渔获物的 $\bar{L}_y$ 可增加 16%~30%, $\bar{W}_y$ 可增加 31%~99%, T_y 可增加 22%~50%。

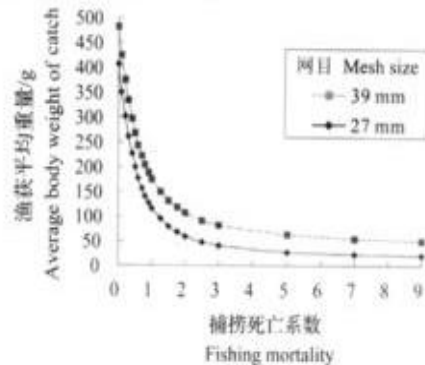


图4 渔获平均体重随捕捞强度变化曲线

Fig.4 Average body weight of catch varying with fishing mortality coefficient

3 结语

从 Beverton-Holt 模型分析结果可知: 网目尺寸从 27 mm 放大到 39 mm 后, 在捕捞强度不变的情况下, 多齿蛇鲻的渔获尾数虽然下降, 但产量却因渔获个体的增大而提高; 就 39

mm 网目而言, F 值为 0.6 时, 多齿蛇鲷可获得最大产量。当多齿蛇鲷被充分利用后, 随着 F 值的增大, 渔获尾数增加很少, 渔获物却趋向低龄化、小型化, 从而使产量下降。

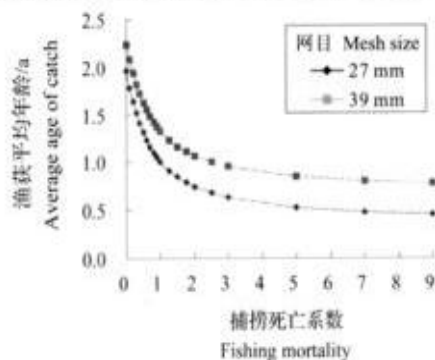


图5 渔获平均年龄随捕捞强度变化曲线

Fig. 5 Average age of catch varying with fishing mortality coefficient

由于南海区拖网捕捞的主要经济种类有几十种之多, 各种鱼类因体形、习性和生长速度的差异, 网目放大后的具体变化情况不可能与多齿蛇鲷相同, 但总的变化趋势基本是一致的。所以为合理利用资源、提高捕捞效益, 应尽快实施最小网目尺寸制度, 同时削减过多的捕捞渔船, 降低捕捞强度。

值得注意的是, Beverton-Holt 模型估算的结果是放大网目尺寸的长期效果, 从网目放大开始, 直到新逃逸的鱼长大到足以能被新网目捕捞为止, 渔获量是突降的。

参考文献:

- [1] 杨 咨, 张旭丰, 孙典荣, 等. 广东省拖网网囊调查[J]. 湛江海洋大学学报, 2001, 21(4): 22-26.
- [2] 黄梓荣. 休渔对南海北部多齿蛇鲷资源的影响[J]. 湛江海洋大学学报, 2002, 22(6): 26-31.
- [3] 叶昌臣, 黄 斌, 邓景耀, 等. 渔业生物数学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1990. 130-143.
- [4] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 25-28, 236-246.

Effects of trawl cod-ends mesh size adjusting on *Saurida tumbil* stock in South China Sea

ZHANG Peng, YANG Lin, ZHANG Xu-feng, TANG Yong-guang

(South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

Abstract: Based on the biologic parameters of *Saurida tumbil* in Northern South China Sea and the data of the bottom trawl selectivity experiment in the 1980's, Beverton-Holt model is adopted to analyze the effects of mesh size adjusted from average 27 mm presently to 39 mm on the following indexes, such as the catch (in weight) per recruit (Y_w/R), catch numbers per recruit (Y_N/R), average body length of catch ($\bar{L}_Y$), average body weight of catch ($\bar{W}_Y$) and average age of catch ($\bar{T}_Y$) at different fishing mortality level. The results show that the value of Y_w/R , $\bar{L}_Y$, $\bar{W}_Y$ and $\bar{T}_Y$ all have a increase in different degrees, and the more higher the value of F at present, the more higher the increase rate. But the value of Y_N/R decreased, F almost had no effect on the decrease rate. If the range of F between 0.4~3, when the mesh size adjusted from 27 mm to 39 mm, the catch of *Saurida tumbil* may increase by 11%~69% at the precondition of the catch numbers decrease 15%; for the individuals, $\bar{L}_Y$ may increase by 16%~30%, and $\bar{W}_Y$ may increase by 31%~99%, and $\bar{T}_Y$ may increase by 22%~50%. For the 39 mm mesh size, *Saurida tumbil* has the maximum catch when F is 0.6.

Key words: mesh size adjusting; *Saurida tumbil*; Beverton-Holt model

Corresponding author: YANG Lin. E-mail: scsfish@21cn.com